

## PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA GEOREFERENCIACIÓN DE ELEMENTOS EMISORES Y SU IMPLEMENTACIÓN A TRAVÉS DE UN SIG.

Dayhann Araya Muñoz

[dayhann@gmail.com](mailto:dayhann@gmail.com)

Carrera de Geografía

Facultad de Recursos Naturales

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile

### RESUMEN

Actualmente la degradación ambiental es una problemática global que no se puede obviar, es por ello que muchas naciones se han dado a la tarea de contener y mitigar los efectos de esta, en este sentido, nuestro país inserto en la firma de acuerdos y tratados internacionales se ha incorporado a esta inquietud, tomando medidas tendientes a mejorar las condiciones ambientales a nivel nacional. En este contexto surge el Registro Nacional de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), administrado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile (CONAMA), el cual busca generar un inventario de emisiones de sustancias químicas y el seguimiento de sustancias químicas peligrosas a lo largo de todo su ciclo de vida, esta estandarización de la información proporciona la posibilidad de generar bases de datos con las estimaciones de emisiones a lo largo del País, lo cual permite entre otras: la creación de normativas sobre las líneas bases de emisiones, la verificación del cumplimiento de normas ambientales, la generación de planes de prevención y descontaminación, la aplicación de instrumentos económicos tales como: los bonos de carbono (locales como globales) y el fortalecimiento de la participación ciudadana.

**Palabras Claves:** Georreferenciación, GIS, -SIG, Normas de Información Geográficas, RETC

### ABSTRACT

Nowadays, the environmental degradation is a global issue that can not be ignored, that is because many nations have been given the task of containing and mitigating the effects that the environmental degradation is doing to our planet. For this reason our country is inserted in international treaties, takes decisions to improve the environmental conditions at national level.

In this context, is created the RETC "Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes" (National Register of Pollutant Release and Transfer) administered for CONAMA (National Commission national of the environment), this is an inventory of emissions of chemicals substances and monitoring of hazardous chemicals throughout their life cycle. This standardization of information gives the possibility to generate data bases with emission's estimations in the country, this permits the creation of regulations related to the Emission levels, verification of environmental regulations, the generation of preventing plans for contamination, the application of economic instruments such as Certified Emission Reductions (locals or global) and the strengthening of citizen participation.

**Keywords:** Georeferencing, GIS, Environmental Management, RNPT

### INTRODUCCIÓN

Los datos del RETC requieren necesariamente de una expresión física o geográfica que los vincule con la realidad, ya sea regional o comunal, esto solo se logra con la localización de los elementos emisores (establecimientos, industrias, chimeneas, ductos, puntos de descarga, entre otros) en el espacio; esta tarea es llevada a cabo para alimentar el Sistema de Información Geográfico Ambiental (Sinia Territorial), el cual almacena la localización de las actividades industriales y sus emisarios en todo Chile.

Para llevar a cabo el proceso georreferenciación de esta gran y compleja base de datos, de manera óptima, es decir, sin que se produzcan errores de localización e imprecisiones en las coordenadas, se requiere de un marco común para la georreferenciación de los inventarios de elementos emisores, esto se refiere a que todos los elementos posean las mismas características básicas de proyección, datum, escala entre otras propiedades técnicas, que aseguren que la información sea homologable, de esta manera los datos pueden ser analizados y observados al unísono en un Sistema de Información Geográfico (SIG), proporcionando la posibilidad de hacer interactuar toda la información entre si y con otras capas de Información Geográfica (IG).

Todo esto se ve expresado en la búsqueda de métodos directos e indirectos de georreferenciación, los cuales abarcan desde la captura de puntos mediante GPS, hasta el uso de imágenes satelitales, indicadores geográficos, monitoreo satelital, cálculo de áreas de localización

o maestros de calles; además del trabajo previo de estandarización de los catastros de coordenadas existentes y la exploración del marco legal que sustente la nueva base cartográfica.

La espacialización de la información del RETC en un SIG genera un sin número de beneficios, entre los que encontramos: la optimización de los períodos de búsqueda al localizar los elementos, ya sea por el nombre, código postal o dirección, comuna o región, permitiendo además la visualización de sus atributos; la mejora en la gestión de la información ya sea por parte de CONAMA o cualquier organismo institucional, los cuales pueden generar un infinito número de aplicaciones a través de los SIG, como es cálculo de áreas de propagación de sustancias químicas en suelos, establecer áreas de riesgo por dispersión de contaminantes atmosféricos, entre otras muchas; al interactuar distintos tipos de información, se logran predecir escenarios futuros de riesgo para la salud de las personas y el ambiente, constituyendo estados en el sistema ambiental que pueden ser prevenidos.

### RETC: REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES EN CHILE

#### CARACTERÍSTICAS DE UN RETC

El RETC es básicamente una base de datos nacional en donde se incorpora regularmente la información sobre las emisiones y transferencia al ambiente de sustancias químicas potencialmente perjudiciales para la salud de las personas y del medio, comprendiendo la naturaleza y cantidad de



estas emisiones o transferencias. La importancia de su aplicación se ve corroborada por la firma del Tratado de Libre Comercio con los Estados Unidos, que incorpora dentro de los proyectos de cooperación ambiental, el desarrollo de un RETC en Chile.

En este sentido, numerosas organizaciones internacionales apoyan la creación de RETC en países en vías de desarrollo "...El Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional e Investigaciones (UNITAR), en cooperación con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE), la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI),..." .Pero finalmente es la alianza con Canadá a través de la Comisión para la Cooperación Ambiental, la que establece las bases de investigación para la aplicación de un RETC en Chile, revisando para ello ejemplos de las experiencias internacionales de Canadá, México (País que elaboro su RETC gracias a la cooperación internacional) entre otros países.

Las características de cada registro varían de un país a otro de acuerdo a la legislación ambiental vigente, las condiciones del medio y los acuerdos internacionales que deba cumplir cada país, sin embargo se consideran ciertos elementos básicos que abordar, según lo establece CONAMA (2005)

- Listado de sustancias químicas específicas.
- Identificación del establecimiento o fuente del contaminante.

-Datos que describen la naturaleza y cantidad de las sustancias químicas emitidas o transferencias.

Toda la información sectorial nacional será estandarizada dentro de un marco normativo (metodologías de estimación de emisiones a nivel nacional) y actualizada periódicamente, esta posteriormente se lleva a un NODO CENTRAL el cual procesa la información disponible a nivel nacional. Esta información estará disponible para el público en general a través de distintos medios, pero el punto de encuentro para el sector público y privado es la pagina web [www.retc.cl](http://www.retc.cl), la que rescata los reportes de información actualizada, las declaraciones de las empresas, documentación técnica, planes de prevención entre otra información.

#### CONTENIDOS DEL RETC

Los registros de emisiones generalmente incluyen sustancias químicas emitidas o transferidas a los medios aire, agua, suelo y adicionalmente las trasferencias de residuos. Para establecer el contenido de sustancias del RETC fue necesario abordar las experiencias internacionales y las características legales en materia ambiental en Chile, como resultado se origino un listado de 120 sustancias químicas y parámetros de diversa índole, de origen múltiple y de distinta naturaleza, este incluye sustancias, familias de sustancias y también grupos de sustancias inespecíficas generadas a partir de determinadas actividades. También se cuentan parámetros de tipo físico y parámetros de importancia bacteriológica, los que se aplican básicamente en el caso de la contaminación por descargas líquidas.



Las sustancias definidas en el RETC deben ser reportadas ya sea por las fuentes sectoriales de información o bien por las empresas; estas son incorporadas a las bases de datos (BD) del RETC, el cual da cuenta de las sustancias químicas emitidas o transferidas, las cuales pueden ser consultadas ya sea por su localización geográfica, fuente, establecimientos industriales, o bien en reportes anuales preparados por el RETC.

#### FUENTES DE INFORMACION DEL RETC

Las fuentes de información que posee el RETC son de carácter sectorial, siendo estadísticas anuales las que poblaran las BD del NODO CENTRAL. Parte importante de las mismas provienen de encuestas, estimaciones de emisiones, o las mismas declaraciones de las empresas las cuales se acogen a

un formato estandarizado bajo normas internacionales. Las bases de información intentan ser claras y fáciles de utilizar para los usuarios, estas poseen distintos niveles de acceso dependiendo del tipo de usuario y de las acciones que se deseen llevar a cabo con la información. Es por este motivo que la información declarada como privada por la empresa tendrá un carácter de Nominada, mientras que otro segmento de esta será Información Innominada, esto se refiere al acceso que posea el público general de la misma.

Las distintas fuentes de información son ilustradas a continuación, dentro de estas se destacan la información ofrecida por el INE a través de la Encuesta Nacional Industrial Anual (ENIA) y los datos del MINSAL correspondientes a Fuentes Fijas Atmosféricas.

**Tabla Número 1, Fuentes de Información del RETC**

Infomación Sectorial	
Organismo	Sistema de Información
Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR)	Sistema de Información Georeferenciada Ambiental Acuático, SIGAA
Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)	Sistemas de RILES Aguas Servidas
Servicios de Salud, Ministerio de Salud (MINSAL)	Fuentes Fijas Atmosféricas
Secretaria Interministerial de Planificación y Transporte (SECTRA)	Modelo de Transporte
Secretaria de Medio Ambiente y Territorio del MOP (SEMAT)	MODEM
Instituto Nacional de Estadísticas INE	Encuesta Nacional Industrial Anual, (ENIA)
CONAMAs regionales	Sistema de Administración de Inventarios de Emisiones, SAIE
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <p><b>NODO CENTRAL RECT CONAMA Nacional</b></p> </div>	

Fuente: Elaboración Propia a partir de La Propuesta Nacional de Implementación del Registro Nacional de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) en Chile, CONAMA, Gobierno de Chile, Santiago, Chile, 2005.



El RETC reúne diversos tipos de información sobre contaminantes, la cual debe ser declarada dependiendo sus características, lo usual para el caso de fuentes fijas, es que estas sean declaradas anualmente, pero para el caso de material particulado, algunas sustancias químicas, residuos líquidos, entre otras, se requiere de un mayor monitoreo es por ello que la temporalidad en la información del RETC será muy variable, teniendo que generar estadísticas anuales ponderadas.

#### TIPOS Y CARACTERÍSTICAS

La información que incorpora el RETC en sus BD cubre fuentes móviles, puntuales y difusas las cuales comprenden emisiones al aire, agua, suelo y residuos peligrosos, transportados para su tratamiento o disposición final, estos para un más rápido análisis se dividen a su vez en fuentes fijas (fábrica) y fuentes móviles (transportes).

#### GEORREFERENCIACIÓN DE LOS INVENTARIOS DE EMISIONES

Para implementar la plataforma SIG o cartográfica del RETC en Chile fue necesario estudiar numerosos casos internacionales tales como el programa Toxic Release Inventory (TRI) de los Estados Unidos, National Pollutant Release Inventory (NPRI) de Canadá, National Pollutant Inventory (NPI) de Australia, entre otros; de estos se destaca la forma de administrar la información, la cual parte desde el principio de la calidad de la misma, así surge la necesidad de estandarizar el proceso de georreferenciación de la información en Chile y para ello es necesario generar una metodología de cómo llevar a cabo este proceso ya

que la información es extremadamente variada.

Para ello se divide en dos la información, cuando existe un catastro previo de coordenadas a disposición del RETC, ya sea entregadas voluntariamente por las empresas o bien catastradas por algunas de las fuentes de información sectorial y cuando no existe ningún tipo de coordenada; en el primer caso se hace necesario llevar a cabo el proceso de normalización y en el segundo caso se requiere buscar distintos métodos y herramientas que permitan llevar a cabo la georreferenciación ya sea directa o indirecta; como pasaremos a revisar a continuación.

#### GEORREFERENCIACIÓN DE EMISORES A TRAVÉS DE COORDENADAS CONOCIDAS

Cuando existe un catastro previo de coordenadas a disposición del RETC, ya sea entregadas voluntariamente por las empresas o bien catastradas por algunas de las fuentes de información sectorial, existe la posibilidad que la calidad de la mismas no sea la adecuada, o no cumplan con los requerimientos de las bases de datos ya existentes, o bien exista duplicación de coordenadas (ósea que un establecimiento posea más de una coordenada provenientes de distintas fuentes de información sectorial), por este motivo se requiere la revisión ya sea automática a manual de los catastros, para luego dar paso al proceso de normalización de las coordenadas y especialización de las bases de datos a través del Sistema de Información Geográfica del RETC.

Esta tarea de Normalización de catastros de coordenadas de establecimientos se llevara a cabo cuando:



- \* Existan diferencia de proyección.
- \* Existan diferencia de DATUM.
- \* Exista duplicación de coordenadas por establecimiento.
- \* Exista sospecha sobre la calidad de la misma (en el origen y levantamiento).
- \* Exista la sospecha de errores de localización.

Para conocer la calidad de las coordenadas es necesario contar con el METADATA de los catastros, donde se indiquen las características del mismo, la fuente de origen, la fecha de creación, la proyección, el datum, observaciones. Es muy común que las coordenadas sean proyectadas, de ser así se debe conocer la manera en que está tarea se llevo a cabo. De no existir esta información, se dificulta la utilización del mismo y la normalización de las coordenadas, puesto que no se conoce la calidad o precisión de las mismas, esto conforme la Normas ISO 19100 sobre la calidad de la Información Geográfica.

#### GEORREFERENCIACIÓN DE EMISORES A TRAVÉS DE COORDENADAS DESCONOCIDAS

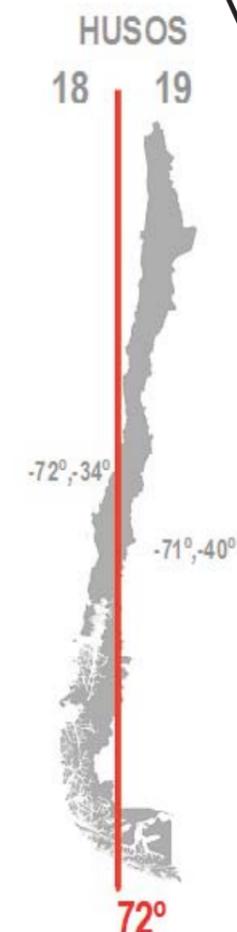
Georreferenciación de Elementos en Áreas No Urbanas

De existir plantas, emisarios, ductos o chimeneas que no estén registradas en los catastros de coordenadas y se localicen en áreas que no presentan cartografía a nivel de manzana, estas sólo pueden ser localizadas a través de la captura de puntos por medio de GPS, o bien utilizando imágenes satelitales u ortofotos apoyados de las referencias emitidas por las industrias o establecimientos sobre los elementos a georreferenciar (emisario, plantas, chimeneas,

ductos entre otros).

#### Georreferenciación por Medio de GPS

Si la tarea de georreferenciar elementos por medio de GPS es lleva a cabo ya sea de manera voluntaria por la empresa o por personal del RETC, es necesario que este proceso sea el óptimo para asegurar así la calidad de los resultados; los datos obtenidos mediante GPS deben responder a un criterio adecuado de captura de puntos, es por ello que se requiere atender a un protocolo en el levantamiento de puntos que simbolicen industrias o elementos al interior del SIG, de esta manera se elimina los errores en la captura y digitalización de la información.



El GPS, mayoritariamente utilizado es el GPS Navegador, si este es el caso de reportes voluntarios o bien de información sectorial, se debe corregir la imprecisión en las coordenadas que estos emiten, esta tarea se realiza a través del calculo de las diferenciales Norte y Este, las cuales son las diferenciales con relación a puntos monumentados, los cuales poseen coordenadas exactas que pueden ser contrastadas con las coordenadas obtenidas mediante GPS, el error de coordenadas como se menciona anteriormente varía a lo largo del país y es por ello que se requiere



sean calculadas para el área donde se capturen los puntos, por supuesto este procedimiento es el óptimo en la captura de puntos, y en algunos casos puede ser obviado si es que existe un aporte de coordenadas con mejores equipos, o bien en el caso que se asuma el margen de error en las coordenadas.

#### CARACTERISTICAS TECNICAS EN LA CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO

- Situar el GPS en el DATUM WGS84
- Establecer el GPS en Proyección UTM (Huso 19 o bien 18) dependiendo si se encuentra al norte o al sur, se debe tener en consideración que el cambio de huso afecta de manera oblicua el territorio nacional en los 72° de longitud.
- Establecer la hora - 4.00 UTM
- Establecer Unidades de medida METROS.
- Establecer el tipo de orientación VERDADERA.

Una vez configurado el GPS, éste por sí solo procede a inicializarse mediante la recepción de señales de los satélites dando la posición del usuario, fecha y hora y datos adicionales que varían entre uno y otro GPS.

#### CARACTERISTICAS TECNICAS EN LA TOMA DE DATOS

- El receptor GPS, debe estar ubicado en una zona que esté libre de los elementos generales (áreas boscosas o zonas urbanas ocupadas por construcciones en altura o con obstrucciones de superficies reflectantes) se debe tener un buen campo de visión al horizonte.
- Se recomienda situarse en un lugar central al

interior de la industria, o bien sobre ductos en su desembocadura, la idea es captar el centro del elemento, pero esta situación es la ideal, de no ser posible, se podrán captar otros sectores al interior de la industria, realizando la observación en el METADATA del catastro.

- Captar a lo menos 4 satélites antes de tomar el punto.

#### POST PROCESO

- Es necesario realizar la corrección en la impresión de las coordenadas a través de las diferenciales Norte y Este, si se desea reducir el margen de error.
- Descargar directamente las coordenadas del GPS al ordenador no es recomendable digitalizar manualmente esta información debido a la alta posibilidad de error, es posible utilizar numeroso software para ello permitiendo transformar instantáneamente los waypoint a formato SHP.
- Evaluar los catastros de coordenadas corrigiendo posibles errores en la información.
- Enlazar con el software de espacialización.
- Atributar la información.



Fuente: GOOGLE EARTH, Comuna de la Calera Valparaíso, Chile, ejemplo captura de puntos



A continuación pasaremos a revisar un ejemplo de descarga de coordenadas, las coordenadas fueron capturadas por medio de un GPS Garmin modelo Etrex Legend, el cual fue configurado de acuerdo a las características previamente planteadas, posteriormente fueron descargadas directamente al ordenador a través de un software que ofrece los servicios de vinculación entre GPS-GIS-Mapping, de esta manera se evitaban errores en el proceso, permitiendo transformar instantáneamente los waypoint a formato SHP, una vez realizada esta tarea se despliega el catastro de coordenadas inmediatamente en el SIG.

#### Georeferenciación por Medio de Imágenes

De no existir por parte de la empresa las coordenadas declaradas, y estas no puedan ser determinadas por medio de maestros de calles o existir dudas sobre la calidad de las ya enviadas, se puede dar paso a la georeferenciación a través de imágenes, este procedimiento es realmente muy sencillo, solo se requiere que el encargado o representante de la empresa para el RETC, identifique al interior de una imagen satelital con un punto en el centro, la localización del establecimiento o punto de descarga de un emisario, este sistema es particularmente útil al momento de georeferenciar chimeneas, ductos o puntos de descarga, debido a que estos muchas veces se localizan en lugares inasequibles. Por su puesto estas coordenadas posteriores a ser extraídas y tratadas, también deben ser sometidas a revisión. Un ejemplo de su utilización es el que a llevado a cabo con el SIGGA de Directemar, el cual utiliza en algunos casos de difícil localización o corrección de plantas, datos obtenidos desde Google Earth, ya que estos comparten características de proyección y

Datum, este método entrega resultados óptimos, en la localización de plantas y emisarios en áreas de fiordos, canales entre otros, además de ser utilizado para corregir coordenadas erradas, principalmente en chimeneas y puntos de descarga.

La utilización de ortofotos o bien imágenes satelitales como las de Google Earth Pro ofrecen un gran nivel de detalle, permitiendo georeferenciar teniendo en consideración una localización aproximada del elemento (Identificadores Geográficos); en el caso de utilizar imágenes de Google, es posible consultar toda la Metadata de la imagen, nombre o código, fecha de captación, autor o propietario, referencia espacial, entre otra información que por supuesto es de interés, puesto que nos ofrece antecedentes sobre la actualidad y calidad de las mismas, además existe la posibilidad de conectar ArcGis, directamente con Google Earth a través de la extensión ARC2EARTH.

Una vez georeferenciados los catastros de coordenadas, es posible identificar errores, un ejemplo de este hecho son las coordenadas aportadas una empresa localizada en la localidad de Laguna Verde, comuna de Valparaíso, es posible observar que la coordenada se posiciona directamente en el mar, al no ser un punto de descarga sino una CALDERA ACUOTUBULAR DE PARRILLA, se sospecha de la calidad de la misma, de esta manera se le consulta al representante de la empresa si es posible que localice la caldera en una imagen y envíe los identificadores geográficos (ficha previamente enviada).



Obtenida la imagen con la posición del elemento se da paso a la ortorectificación de la misma, para ello se debe contar con los puntos de control o cartografía que posea puntos de control, estos están disponibles a través de todo Chile como puntos monumentados y pueden ser adquiridos en el IGM, o bien en otras instituciones publicas, a través de estos se puede llevar a cabo fácilmente la ortorectificación de la imagen, lo cual permite corregir la imagen de acuerdo a los parámetros de

la proyección seleccionada.  
 Puntos de control Valparaíso, Sector laguna Verde,  
 Cartografía IGM Valparaíso 1:25.000  
 HM BRISA4(1-53) 63339#### N 2541####  
 E 129#### MSNM  
 GRUTA 63331#### N 2531#### E  
 16#### MSNM

Sobre la imagen correctamente posicionada, se marca la nueva coordenada, la cual se localizará sobre el punto marcado por el representante de la empresa.

Imagen Número 8



Fuente: GOOGLE ERHT, Ventanas, Comuna de la Valparaíso, Chile

Tabla Número 2

COORDENADAS	
NORTE	ESTE
6334217,42	250062,949
↓	
COORDENADAS	
NORTE	ESTE
6334096,08	250163,541

Fuente: Elaboración Propia

### GEORREFERENCIACIÓN DE ELEMENTOS EN ÁREAS URBANAS

Dentro del radio urbano se pueden llevar a cabo dos formas de georeferenciación directa e indirecta.

El primer caso se refiere a la captura de la coordenada mediante GPS, ya sea declarada por la Empresa o bien capturada por alguna fuente de información Sectorial, como se vió en el punto anterior, el segundo caso da lugar a la utilización de la base de datos con direcciones de las industrias, y la disponibilidad de una base de cartografía geocodificada, o bien maestros de calles en todas sus variantes, los cuales permiten determinar la coordenada de un establecimiento o planta a través de su dirección exacta.

El uso de maestros de calles facilita la tarea de localización de establecimientos e industrias en áreas urbanas, ya que sólo se requiere de la dirección del establecimiento y puesto que estás declaran su dirección al momento de ser ingresadas a cualquier bases de datos sectorial del RETC, existe una completa base de datos de las direcciones de los establecimientos, sin importar su naturaleza las cuales pueden ser contrastadas con la base de datos del maestro de calles para obtener su localización.

Debido a la optimización en la búsqueda de coordenadas de establecimientos que implica el uso de maestros de calles, es que surge la necesidad de contar con esta herramienta, por este motivo el presente estudio se dio a la tarea de su búsqueda logrando que estos fuesen aportados por Correos de Chile, empresa que cuenta con este servicio, el cual permite mejorar la eficiencia en el despacho de

correspondencia determinando el lado de la cuadra donde vive el destinatario a través del uso del código postal.

El RETC, cubre todo el territorio nacional y dentro de este existe una importante concentración industrial al interior de áreas urbanas o bien en su entorno, es por ello que la dirección se convierte en una importante instrumento a la hora de localizar establecimientos, particularmente edificios e infraestructura de importancia, que posean una dirección como tal, este no es el caso de análisis más detallados como, captura de coordenadas de ductos o chimeneas los cuales pueden ser tomados de otras herramientas como vimos anteriormente.

A continuación se dará paso a la aplicación de este método de georeferenciación al interior de la Región Metropolitana más específicamente en el sector industrial de la comuna de Quilicura, la cual cuenta con amplia y consolidada área industrial junto a una zona densamente poblada.

La cercanía del centro y la fuerte urbanización, permiten la existencia de un excelente catastro de nombres de calles y direcciones a nivel de manzana los cuales logran constituir completos maestros de calles, este es el caso del maestro de calles utilizado para este estudio perteneciente a Correos de Chile.

Es por ello que el RETC envió los directorios de establecimientos industriales a Correos de Chile, comenzando el proceso de aporte de coordenadas:

\*Entrega lo directorios de establecimientos, estos



contiene solo un listado de direcciones de establecimientos más un identificador que permite el reintegro de la información al sistema de origen.

\*Entrega del directorios de establecimientos atributado en cualquier formato de texto.

Una vez entregados los directorios de establecimientos atributados es posible observar que la coordenada X-Y entregada por Correos de Chile, estas posee las siguientes características, dar cuanta del centro de la manzana, desde allí se puede aportar las nuevas coordenadas. Para comenzar el proceso de espacialización se requiere evaluar las bases de datos, simplificándolas de manera que sean leídas fácilmente por el software de espacialización, de esta forma se evita omitir contenidos en las tablas al ser exportadas, corrigiendo también posibles errores en la información.

Luego de haber realizado este proceso se logra dar paso a la especialización de las coordenadas a través de Arc Gis, este proceso es muy simple y rápido sólo requiere del uso del "tolos", ADD XY DATA, esta herramienta lee en formato de BASE IV las tablas de datos, las cuales son posteriormente asociadas a elementos físicos, en este caso puntos, luego solo se debe exportar el shape para conservar la información, pudiendo ser representada sobre cualquier base cartográfica.

**ELABORACION DE LA BASE DE DATOS**

Las base de Datos constituye la pieza fundamental en el SIG, entregándole el peso al instrumento, mediante la inteligencia en la información que

posee, la construcción de la misma es por lo general la que absorbe más tiempo y recursos económicos, en la creación de un Sistema de Información Geográfico, su continua actualización o su nivel de integración con otras bases de datos es lo que asegura el éxito del sistema.

El RETC, es en si mismo una compleja base de datos, construida a partir de distintas fuentes de información, situación que resulta muy compleja debido: a la gran cantidad de información, la temporalidad de la misma y a las diferencias en los contenidos y formatos; para controlar este proceso surge la necesidad de homologar mediante la estandarización en la captación y entrega de la información.

Esta BD contiene, el listado con las sustancias químicas, los establecimientos industriales o fuentes que las emiten, datos sobre la naturaleza de las sustancias y las cantidades emitidas o transmitidas, información adicional sobre las fuentes de emisiones tales como su ubicación geográfica, sector económico, procesos de prevención y control de la contaminación, entre otras, además de informes que dan cuenta de los efectos a la salud y al ambiente de distintas sustancias, incluyendo los procesos y productos que las incluyen.

Cada vez que una de las fuentes sectoriales o bien la empresa que declaren su dirección, coordenadas, o bien indicadores geográficos, darán paso a su representación física, este proceso tiene distintos niveles de dificultad de acuerdo a las características técnicas del proceso, una vez construido el elemento físico (punto, línea, polígono), el cual posee su propia tabla, se requiere de ciertos datos mínimos para conformar la tabla externa y atributo de cada elemento, lo cual dará paso a la tabla del



Modelo Único de Georreferenciación de Elementos Emisores, a la cual posteriormente se le asociará la base de datos de RETC. Para que la tarea de enlace de tablas se realice en forma automática a través del programa Arc Gis, se lleva a cabo la construcción de un campo único en común, en el cual el formato y

tipo de datos también debe ser el mismo entre ambas tablas, asociando el campo de la tabla interna a la externa. Información mínima a contener como tabla de atributos de la base de datos, Localización de Elementos Emisores:

Tabla Número 9, contenido de la tabla de atributos del shape de Localización de Elementos Emisores

ATRIBUTO	CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES	RECOMENDACION
ID	El identificador permite enlazar un elemento de físico con un único elemento en la tabla de información	Se recomienda que este sea único he invariable en el tiempo y posea característica de universalidad, que le permitan enlazarse a su propia base de datos y a otras bases de datos de interés.	El uso de un código especialmente creado para la identificación de elementos "ID del cliente"
COORDENADAS (X,Y)	X	Este sistema es el utilizado con más éxito a nivel mundial, debe poner especial atención al cambio en los Husos para el caso Chileno ya que a partir de aproximadamente Puerto Montt se cambia del Huso 19 al 18, no poner atención a este detalle produce errores graves e incorregibles en las coordenadas del los puntos.	Se recomienda la conversión de los datos georreferenciados disponibles en las bases sectoriales a las mismas proyecciones para la normalización de la información
	Y		
ELEMENTO	Planta , Establecimiento, Emisario, Chimenea, Ducto, Punto de Descarga, entre otros	Se identifica la propiedad del elemento, dado que el origen de la coordenada puede variar para cada punto es necesario que se realice esta observación en la tabla.	Se recomienda que las clasificaciones estén preestablecidas.
PROPIEDAD	Quien emite	Se identifica al dueño del elemento emisor, empresa, municipio, institución u otros.	Nombre o razón social de la empresa o institución que emite.
CALIDAD DE LA COORDENADA	Se requiere definir el origen de las coordenadas	Establecer el origen de las coordenadas permite determinar la calidad de las coordenadas.	Fuente
COMUNA	Identifica la escala más pequeña de Administración Territorial	Permite identificar elementos de manera más rápida ya que solo se debe conocer en nombre de la comuna, provincia o región y de inmediato se desplegaran todas las industrias pertenecientes a ella.	Se deben normalizar la manera de cómo estas se escriben, de modo que todas respondan a un estándar - código de comuna, provincia o región correlativo.
PROVINCIA	Identifica la escala intermedia de Administración Territorial		
REGION	Identifica la escala más grande de Administración Territorial		



La BD estará a disposición del usuario por este motivo debe poseer un lenguaje claro, evitando codificaciones en el uso de nombres que solo dificultan el análisis de la información, el solo hecho de que estén escritos bajo un mismo criterio normaliza la información y agiliza el periodo de búsqueda.

Como se menciona anteriormente el éxito de la BD estará dada por su flexibilidad, esta debe tener la capacidad de asociarse con otras bases de datos, por ello se requiere de la construcción de un identificador común a otras bases de datos de interés, este es el caso de las bases de datos REDATAM, la cual posee la información a nivel de manzana de los censos, éstas pueden asociarse a la BD de Localización de Elementos Emisores, a través de un JOIN, la importancia de este join, radica en el análisis en conjunto que se puede realizar de la información en este nivel, obteniendo análisis a partir de las características de la población con el nivel industrial de desarrollo entre otras muchas relaciones, por supuesto este es solo un ejemplo de complementariedad de Base de Datos.

Luego de haber construido la Tabla de Atributos del Shape, se puede unir esta tabla con la base de datos RETC, para ello se utilizará el ID "NUMERO DE CLIENTE" como JOIN, debido a que este tiene un carácter estable a lo largo del tiempo, a pesar que puede verse asociado a más de un elemento puesto que una industria puede tener más de una planta, por este motivo en muchos casos una empresa tendrá mas de un ID, pero estas no podrán coincidir en coordenadas.

#### ELABORACIÓN DE LA METADATA PARA EL SIG DEL RETC

Es necesario que al momento de la creación de un SHAPE, se establezcan sus propiedades, usualmente estas no eran tomadas en cuenta, pero su importancia es vital a la hora de querer trabajar con la información que ellos disponen, de manera que el tipo de información que poseen, la proyección, DATUM, o el año en que fueron construidas o actualizadas entre otras, estén a disposición de posibles usuarios que requieran agregar otro tipos de shapes asociados a el o simplemente utilizar esta información, debiendo asumir las mismas características.

Debido a lo anterior al crear el shape Georreferenciación de Elementos Emisores, se deberá ingresar aquella información mínima requerida, para el uso o transferencia de datos conforme la normativa actual, esta es básicamente una descripción de su contenido, de la calidad y condición de los datos entre otras características. Para la construcción de la metadata se utilizó el ARC Catalogo de Arc GIS, pero existen muchos otros asistentes para la elaboración de este tipo de información. Arc Gis, contiene distintas propuestas de modelos de Metadata, las cuales básicamente varían en la cantidad de información que contienen y en el formato, entre las que encontramos los estilos Federal Geographic Data Committee (FGDC), (Clasic, Esri, FAQ, Geography Network), ISO (Geography Network) y XM, todas ellas comparten una estructura jerarquizada, que va de lo menos a lo más relevante.

El asistente para la construcción e la metadata en Arc Gis, presenta una tabla interactiva la cual debe ser desplegada desde Arc catálogo y solo debe ser llenada con la información referida al Shape, los

resultados pueden ser visualizados en distintos formatos compatibles con Internet.

#### MODELO METODOLÓGICO DE GEORREFERENCIACIÓN DE ELEMENTOS EMISORES

Todos los procedimientos de georreferenciación atribución y especialización anteriormente descritos convergen en el modelo metodológico de georreferenciación de elementos emisores el cual genera la estructura básica para la espacialización de las bases de datos del RETC y la atribución de sus elementos físicos.

#### CONCLUSIÓN

Una vez realizada esta tarea se construyen los métodos de georreferenciación, de los cuales se concluye:

Primero se requirió establecer un criterio único para generar el marco de información espacial que se deseaba construir, esto conforme al proceso de homologación información territorial que el país está llevando acabo, con la incorporación de las normas sobre la información geográfica (ISO 19100) gestionadas en Chile oficialmente por el SNIT (Sistema Nacional de Información Territorial), este proceso llevado a cabo tras el análisis de todas las fuentes de información sectorial, dio como resultado la selección del DATUM WGS84 y la Proyección UTM 19S además de la creación de un proceso metodológico como marco común para toda la información espacial del RETC.

El uso del GPS, para el levantamiento de coordenadas, por parte de las empresas o fuentes de

información sectorial de RETC, debe obedecer a un protocolo, el cual no es más que una serie de reglas a seguir, de manera que no surjan errores en las coordenadas catastradas, teniendo que ser llevadas a estandarización; el protocolo de levantamiento establece el tipo de equipo (GPS navegador, dado la generalidad, calidad del mismo, y rango de imprecisión permitido) la configuración del mismo, la forma en que se lleva a cabo el proceso de captura de puntos, su almacenamiento y posterior traspaso al ordenador (con el uso de un software que ofrece los servicios de vinculación entre GPS-GIS-Mapping) y finalmente la espacialización de los catastros de coordenadas.

Por otro lado las imágenes satelitales u ortofotos ofrecen una buena plataforma para la georreferenciación indirecta, pero requieren de estar acompañadas necesariamente de indicadores geográficos dado el grado de precisión que se desea. Pueden ser utilizadas con éxito, particularmente en casos de georreferenciación de chimeneas, ductos o puntos descarga, en general de elementos que se localizan en lugares de difícil acceso y que en una imagen pueden ser claramente identificados y marcados por parte de algún representante de la empresa, siendo la opción más conveniente, teniendo que ser acompañadas las imágenes por referencias claras sobre su localización..

Pero el uso de imágenes satelitales u ortofotos para la localización de elementos sólo puede ser utilizado en casos aislados, cuando existan elementos situados en lugares inaccesibles o bien cuando existan errores reiterados en las





declaraciones de coordenadas por parte de la fuente, puesto que no resulta conveniente repetir esta metodología a una extensa base de datos. La georreferenciación de elementos en áreas urbanas, ofrece dos opciones una directa referida la captura de puntos por GPS y una indirecta referida a la utilización de MASAG "Maestros de Calles". Opción que resulta ser la más exitosa entre los otros métodos de georreferenciación antes descritos, debido a su masividad.

Estos operan a través de la geocodificación o asignación de códigos geográficos, este es un proceso de aplicación de algún tipo de referencia geográfica como la dirección que a diferencia de otros métodos de localización, es más universal y relativamente más fácil de entender reduciendo los tiempos de búsqueda. Este método esta dirigido a la localización plantas, establecimientos e industrias, ya que se basa en la dirección del elemento, la cual es contrastada con una base de datos que contiene las direcciones de las grandes ciudades Chilenas, que está enlazada a una cartografía que espacializa la información.

Por esta razón obtener estos Maestros de Calles, fue de suma importancia para esta investigación, ya que estos optimizan enormemente la búsqueda de coordenadas, por este motivo se realizaron gestiones para la búsqueda de empresas que contaran con este servicio, es así como se llegó a DMAPAS, empresa que presta servicios de localización a muchas compañías incluidas Correos de Chile, finalmente las gestiones surgidas del desarrollo de esta investigación, dieron como resultado la firma de un convenio

entre la CONAMA Nacional y Correos de Chile para el traspaso de información, el cual permitió la validación de los directorios de empresas, junto con la incorporación del código postal y la asignación de coordenadas de origen, por establecimiento, de esta manera Correos de Chile obtuvo la masificación del uso del código postal y CONAMA logro georreferenciación masiva de establecimientos en 114 comunas de Chile.

Las propiedades de los elementos creados deben ser conservadas, esto se logra con la construcción de la METADATA, conforme el cumplimiento de la ISO 19115, la cual permite establecer claramente la calidad de la información creada, favoreciendo el traspaso de la misma (bonos de carbono). La elaboración de la Metadata es un proceso rápido y eficiente si se utilizan los asistentes para la elaboración que algunos softwares incorporan, los cuales contienen aquella información mínima requerida, la proyección, DATUM, o el año en que fueron elaboradas, creador, propósito, además de facilitar el uso o transferencia de datos por medio de Internet, entre otras.

Finamente se llega a establecer que son fuentes fijas o puntuales, plantas, establecimientos, industrias, chimeneas, ductos puntos de descarga entre otras, las que ofrecen menores dificultades para su espacialización ya que están sujetas a una única localización, teniendo diversas opciones, como la captura de puntos por medio de GPS o imágenes satelitales y el uso de maestros de calles; su mantención tampoco ofrece mayores dificultades ya que sus base de datos no presentarán grandes cambios en el tiempo.

Por otro lado las fuentes móviles en su mayoría referidas a emisiones atmosféricas, particularmente de vehículos, pueden ser monitoreadas a través de sus rutas de desplazamientos, las cuales se asocian distintos niveles de emisiones por este motivo serán estas las que se espacializarán y contendrán la información de niveles de emisiones totales. Por tanto, las fuentes difusas, requerirán de una actualización permanente desde el punto de vista de su localización, dado que estas incorporan sectores como la ganadería, el uso de pesticidas, líquidos percolados entre otros, ya que estos tienen áreas impacto muy variables las que sólo pueden ser calculadas a través de un SIG.

## BIBLIOGRAFÍA

### Libros

- AGUSTÍN GÁMIR ORUETA, 1995, Practicas de Análisis Espacial, Editorial Oikos-Tau S.L, Barcelona, España.-
- BERRIOS Mena Juan, 1992, Cartografía Digital Desarrollo de Software, Editorial Ra-ma, Madrid España.-
- CHAPMAN, A.D. AND J. WIECZOREK (eds), 2006, Guide to Best Practices for Georeferencing.-
- UNIVERSITY OF CALIFORNIA, 2003, Global Biodiversity Information Facility.-
- ESRI, 2004, Geocoding in Arc Gis 9.-
- ESRI, 2002, Metadata and GIS, New York, Estados Unidos de América.-
- F. PEIRCE EICHELBERGER, The Benefits of GIS/911 Integration An Approach Worth Emulating.
- J. GLYNN HENRY, GARY W. HEINKE, 1999, Ingeniería Ambiental. Prentice Hall, México.-
- OTERO, 1995, Diccionario de Cartografía,

Ediciones Ciencias Sociales., Barcelona, España.-

PINILLA Carlos, 1995, Elementos de Teledetección, Ediciones RA-MA, Madrid, España.-

ROVINSON Arthur, SALE Randall, MORRISON Joel, MUEHRCKE Phillip, 1987, Elementos de Cartografía, Editorial Omega S.A., Barcelona, España.-

SANCHEZ Juan Javier, 1995, Manual de Análisis de Datos, Alianza Editorial S.A., Madrid, España.-

SECRETARIA GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE, 2000, Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico, Ministerio del Medio Ambiente., Barcelona, España.-

SEVILLA Miguel, IGUÁCEL Cristina, ABAD Paloma, 2008, Sistemas de Referencia e Identificadores Geográficos (ISO 19111, ISO 19112, ISO 6709), Universidad Complutense de Madrid, Instituto Geográfico Nacional, Madrid, España.

### Otros

CONAMA, 2005, Estudio "Diseño del Sistema Nacional de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes Etapa III, Santiago, Chile.-

CONAMA, 2005, Propuesta Nacional de Implementación del Registro Nacional de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) en Chile, Gobierno de Chile, Santiago, Chile.-

CONAMA, Mayo 2005, Evaluación de Cumplimiento de Plan de Descontaminación Complejo Industrial Ventanas, Santiago, Chile.-

CONAMA, 17 de Agosto 2007, Tecnología de la Información Implementación del Registro Nacional de Emisiones y Transferencia de

