



# ide infraestructura de datos espaciales de la república oriental del uruguay

---

I CONGRESO URUGUAYO DE INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES  
CONTRIBUYENDO AL DESARROLLO DE UNA RED REGIONAL - 2010





# ide

infraestructura de datos espaciales  
de la república oriental del uruguay

**I CONGRESO URUGUAYO DE INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES  
CONTRIBUYENDO AL DESARROLLO DE UNA RED REGIONAL - 2010**

Los trabajos aquí publicados  
fueron seleccionados  
y presentados en  
formato exposición en el  
**I Congreso Uruguayo  
de Infraestructura  
de Datos Espaciales  
Contribuyendo al Desarrollo  
de una Red Regional,**  
durante el año 2010.

Los integrantes de los comités que participaron en el congreso de la IDE:

**Comité Académico:**

Sergio Acosta y Lara  
Ana Álvarez  
Victoria Álvarez  
Virginia Fernández  
Carlos López  
Cecilia Petraglia  
Yuri Resnichenko  
Raquel Sosa  
Norbertino Suárez

**Comité de Programa:**

Sergio Acosta y Lara  
Ana Álvarez  
Lilián Presa

**Comité de Organización:**

Carlos Barboza  
Juan Croquis  
Mario Sánchez  
Leticia Suárez  
Lilián Presa

<b>IDESC: CALI PARA EL MUNDO</b>	
Jorge Iván Ospina Gómez, María Grace Figueroa Ruiz, David Millán Orozco, Francisco Javier Bonilla Hurtado, Andrés Prieto Ramírez, Wilson Cortez Quiñonez, Julio Alex Muñoz Muñoz, Julián Esteban Londoño Vélez, Luz Brigitte Pedraza Pineda, Sandra Yadira Paredes Estupiñán, Claudia Yolima Quintero Vargas, John Robert Rojas López, Jorge Alberto Merino Varón .....	10
<b>NUEVO SERVIDOR DE MAPAS DE RECURSOS NATURALES</b>	
Ing. Agr. Martín Dell Acqua, Ing. Agr.(MSc.) Ma. Cecilia Petraglia.....	22
<b>METADATOS GEOGRÁFICOS, HERRAMIENTA FUNDAMENTAL PARA LA BÚSQUEDA Y RECUPERACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</b>	
Lic. Diana Comesaña .....	31
<b>SERVICIOS OGC, CONCEPTOS BÁSICOS Y EXPERIENCIAS DEL SGM EN EL DESARROLLO DE ESTOS SERVICIOS DENTRO DEL MARCO DE LA IDE-URUGUAY</b>	
Mayor Juan Croquis (A/P), A/P. Silvina Lizardi .....	43
<b>SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL</b>	
Ana Alvarez, Leticia Suárez, Myriam Montero, Virginia Pedemonte , Astrid Sánchez, Freddy Muñoz, Adriana Cabrera - Colaboradores: Ana Lawlor, Carolina Maneiro, Pablo Pereyra, Tania Turren, Stefania Patrone, Andrea Blanco, Alicia Moreno, Victor Germán, Fernando Maulella, Nestor Lopez, Federico Gallego .....	50
<b>HACIA LA IMPLEMENTACIÓN DE NODOS PERIFÉRICOS IDE</b>	
Sergio Acosta y Lara.....	57
<b>ICDE: UN VISTAZO A LA EXPERIENCIA COLOMBIANA EN IDEs</b>	
Edwin Alberto Amado Barón .....	68
<b>BASES PARA EL DESARROLLO DEL SIG DE LA INTENDENCIA DE PAYSANDÚ</b>	
Equipo SIG, Miguel Alejandro Gavirondo Cardozo, José María González Núñez.....	83
<b>MONITOREO Y CONTROL DE PROBLEMAS DE SALUD MEDIANTE SIG</b>	
Pablo Pazos Gutiérrez, Julio Pintos, Rodrigo Ordeix, Raquel Sosa .....	95
<b>HACIA UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL Y PARTICIPATIVA APOYADA EN EL MANEJO DE INFORMACIÓN ESPACIAL</b>	
Comuna Canaria.....	105
<b>INVENTARIO NACIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b>	
Rosana Tierno, Ana Alvarez, Leticia Suarez, Freddy Muñoz, Adriana Cabrera Colaboradores: Ana Lawlor, Carolina Maneiro, Pablo Pereyra, Tania Turren, Myriam Montero, Virginia Pedemonte , Astrid Sánchez, Soledad Mantero, Martín González, Daniel Alvarado, Verónica García, Gustavo Drets, Adriana Mascherini .....	113
<b>INTEGRACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL EN LAS INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES</b>	
Federico Carve, Pastor Fábrega-Álvarez, César Parceró-Oubiña, Camila Gianotti García.....	125
<b>IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL COSTERO PARA URUGUAY</b>	
Adrián Tabaré Cal Álvarez.....	135
<b>LA INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE CHILE Y EL DESAFÍO DE LA ELABORACIÓN DE NORMAS GEOESPACIALES</b>	
Pablo Morales Hermosilla .....	141

## Futuros retos y nuevas soluciones tecnológicas ..... 148

### SEGURIDAD Y CONTROL DE ACCESO PARA SERVIDORES DE MAPAS

Rodrigo Ordeix, Julio Pintos, Mauricio Souto, Raquel Sosa ..... 150

### GOOGLE EARTH PARA LA PUBLICACIÓN DE DATOS ESPACIALES

Andrés Enrique Luque Díaz, Ana Alicia Lofredo Hernández ..... 161

### TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE SERVIDORES DE MAPAS

Richard Camejo, Victoria Alvarez ..... 174

### IIDEVS.UY UNA PROPUESTA DE INTEGRACIÓN SEMÁNTICA DE CONOCIMIENTO E INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES

Enrique Latorres ..... 188

### LA CONFLACIÓN GEOMÉTRICA BAJO LA LUPA DEL SISTEMA VISUAL HUMANO

Carlos H. González ..... 200

### REQUERIMIENTOS DE UN PROGRAMA DE MEJORA DE EXACTITUD POSICIONAL

Carlos López-Vázquez ..... 216

### GEOINFORMACIÓN DINÁMICA PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE INCENDIO FORESTAL

Virginia Fernández Ramos, Andrés Caffaro, Bruno Guigou ..... 229

### SERVICIO DE CORRECCIÓN DIFERENCIAL DE POSICIONAMIENTO GLOBAL EN TIEMPO REAL A TRAVÉS DE CASTER-NTRIP, UNA HERRAMIENTA PARA EL PRESENTE Y FUTURO

Prof. Ing. Roberto Pérez Rodino, Tte. Cnel. Norbertino Suárez ..... 242

### METODOLOGÍA PARA LA CATALOGACIÓN DE SERVICIOS WEB DE MAPAS

María del Mar Gamo Salas ..... 256

### EVALUACIÓN DE EXACTITUD VERTICAL COMPARATIVA ENTRE EL ASTER GDEM Y EL MDT DEL CONJUNTO DE DATOS PROVISORIOS

Ing. Agrim. Rodolfo Méndez Baillo, Dr. Ing. Carlos López Vázquez ..... 268

## Desafíos jurídicos e institucionales ..... 276

### LAS INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES (IDE) EN EL CONTEXTO EDUCATIVO

María Ester Gonzalez, Sandra Acevedo, Beatriz Otón, Verónica Gaínza ..... 278

### INTEGRACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES AL GOBIERNO ELECTRÓNICO, CREACIÓN DE UN ESPACIO PARTICIPATIVO PARA EL AMBIENTE

Virginia Fernández, Silvina Lizardi, Yuri Resnichenko, Rosina Segui ..... 290

### AUTENTICIDAD DE LOS DATOS EN IDEs PARA UN GOBIERNO ELECTRÓNICO SOSTENIBLE

Lic. Ma. Victoria Alvarez ..... 302

### EVALUACIÓN DE EXACTITUD POSICIONAL HORIZONTAL Y VERTICAL DE LA CARTOGRAFÍA OFICIAL A ESCALA 1:50.000

Ing. Agrim. Rodolfo Méndez Baillo, Dr. Ing. Carlos López Vázquez ..... 314

### EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA EXACTITUD GEOMÉTRICA ABSOLUTA DEL PARCELARIO RURAL DIGITAL VECTORIAL DEL DEPARTAMENTO DE LAVALLEJA

Ing. Agrim. Liliana Barreto, Ing. Agrim. Hebenor Bermúdez, Ing. Agrim. Danilo Blanco, Ing. Agrim. Alberto Di Leoní, Ing. Agrim. Jorge Faure, Ing. Agrim. Rodolfo Méndez, Prof. Ing. Roberto Pérez Rodino, Bach. Esteban Striewe ..... 324

### EL REGISTRO DE LA PROPIEDAD INMOBILIARIA EN URUGUAY EN EL CONTEXTO DEL GOBIERNO ELECTRÓNICO Y LAS TICS

Ignacio Lorenzo, Felipe Martínez ..... 336

Experiencias de diseño  
y desarrollo de iniciativas IDE  
a nivel nacional, sub-nacional y regional



## IDESC: CALI PARA EL MUNDO

Jorge Iván Ospina Gómez  
Alcalde de Santiago de Cali

María Grace Figueroa Ruíz  
Directora Departamento Administrativo de Planeación Municipal

David Millán Orozco  
Subdirector del Plan de Ordenamiento Territorial y Servicios Públicos

Francisco Javier Bonilla Hurtado  
francisco.bonilla@cali.gov.co

Andrés Prieto Ramírez  
andres.prieto@cali.gov.co

Wilson Cortez Quiñonez  
wilson.cortez@cali.gov.co

Julio Alex Muñoz Muñoz  
julio.munoz@cali.gov.co, idesc@cali.gov.co

Julián Esteban Londoño Vélez  
julian.londono@cali.gov.co

Luz Brigitte Pedraza Pineda  
luz.pedraza@cali.gov.co

Sandra Yadira Paredes Estupiñán  
sandra.paredes@cali.gov.co

Claudia Yolima Quintero Vargas  
claudia.quintero@cali.gov.co

John Robert Rojas López  
john.rojas@cali.gov.co

Jorge Alberto Merino Varón  
jorge.merino@cali.gov.co

## RESUMEN

Desde el auge de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación - TICs y en especial desde la aparición de las herramientas informáticas para los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la Alcaldía del municipio de Santiago de Cali ubicada en el Departamento del Valle del Cauca, República de Colombia ha realizado esfuerzos aislados para el diseño, captura, procesamiento y análisis de información geográfica mediante herramientas SIG. Sin embargo; el emprender iniciativas de manera independiente ocasionó el fraccionamiento de la información, generando inconvenientes para su gestión tales como: duplicidad de esfuerzos, falta de integración de la información, utilización de diversos sistemas de coordenadas, incompatibilidad entre los mismos, problemas de nomenclatura, falta de documentación de la información, ausencia de estándares para la gestión de datos e inexistencia de protocolos de seguridad para la gestión de la información. La interacción de estos problemas dificulta el diagnóstico del territorio requerido para la planificación. Es por estos antecedentes que la Administración Municipal formuló el proyecto "Infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali - IDESC", cuyo objetivo principal es la unión de entidades y recursos tecnológicos para la definición de políticas, normas y estándares que permitan armonizar los procesos de captura, análisis, acceso, uso y distribución de la información geográfica del municipio de Santiago de Cali. La IDESC permitirá establecer un entorno de interoperabilidad y coordinación entre las instituciones involucradas, mejorando la eficiencia en su gestión y brindando herramientas para la planificación y toma de decisiones en beneficio del desarrollo económico, social y ambiental del municipio de Santiago de Cali.

Para implementar la IDESC en la fase inicial se conformaron tres mesas de trabajo, las cuales se encargan de desarrollar los componentes de: Políticas de Información Geográfica, Núcleo de Datos, Estándares, Metadatos y Servicios. Mediante reuniones periódicas de las mesas de trabajo, los representantes de las instituciones definen acuerdos y tareas, las cuales se replican posteriormente al interior de cada institución, para de esta manera construir el Nodo principal de la IDESC y el de cada entidad.

Se pretende para finales del año 2011 culminar la implementación de la IDESC. Para esa fecha se espera que las instituciones participantes hayan formulado las políticas para la gestión de la información geográfica, cumplan con las normas técnicas para la producción de datos, adopten un núcleo fundamental de datos espaciales, documenten la información geográfica con metadatos, acojan el sistema de referencia y coordenadas MAGNA - SIRGAS y ofrezcan servicios de información territorial a la ciudadanía de Santiago de Cali. El punto de encuentro para todas las instituciones de la IDESC será un Geoportal que contará con un catálogo de metadatos, un geovisor para las capas de información geográfica (del que ya existe una versión beta disponible en <http://idesc.cali.gov.co/>) y unos geoservicios asociados al geovisor. Además, la IDESC contará con contenidos propios de la web 2.0, tales como: foros, podcast, noticias, rss, blogs, entre otros.

El reporte presentado en esta ponencia, es el resultado parcial del proceso de desarrollo de la infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali - IDESC.

**Palabras claves:** Infraestructura de Datos Espaciales - IDE, Sistemas de Información Geográfica - SIG, Planificación Territorial.

## ABSTRACT

Since the rise of IT and especially since the advent of software tools for Geographic Information Systems (GIS), the mayor of the local government from Santiago de Cali located in Department of Valle del Cauca, Republic of Colombia has made isolated efforts for design, capture, processing and analysis of geographic information using GIS tools, however, the initiatives independently caused fragmentation of information, creating difficulties for management such as duplication of efforts, lack of integration of information, using different coordinate systems, incompatibility between them, problems of nomenclature, lack of data documentation, lack of standards for data management and lack of security protocols to manage the information. The interaction of these problems causes difficulties to diagnose the required territory for planning. Because of this background that the Municipal Government formulated the project "Spatial Data Infrastructure Santiago de Cali - IDESC" whose main objective is the union of institutions and technological resources for the definition of policies, rules and standards to harmonize processes capture, analysis, access, use and distribution of geographic information of the municipality of Santiago de Cali. The IDESC will establish an environment of interoperability and coordination among institutions, improving efficiency in managing and providing tools for planning and decision making for economic development, social and environmental aspects of the municipality of Santiago de Cali.

To implement IDESC in the initial phase formed three working groups, which are responsible for developing components: Geographic Information Policies, Geographic Data, Standards, Metadata and Services. Through regular meetings, representatives of institutions have defined tasks and agreements, which then replicated within each institution, and in this way build the main Node of IDESC and of each entity.

It is intended at the end of 2011 to complete the implementation of the IDESC. By this date is expected that the institutions involved have developed policies for the management of geographic information, to comply with technical standards for data production, to take a core of spatial data, geographic information document with metadata, making use of the system reference and coordinates MAGNA - SIRGAS and provide land information services to the citizens of Santiago de Cali. The meeting point for all institutions IDESC will be a portal that will have a metadata catalogue, a geovisor for geographic information layers (of which there is already a beta version available in <http://idesc.cali.gov.co/>) and some associated geoservices geovisor. In addition, the IDESC will include content specific to web 2.0, such as forums, podcast, news, rss, blogs, among others.

The report presented in this paper is a partial result of the development process of the Spatial Data Infrastructure of Santiago de Cali - IDESC.

Keywords: Spatial Data Infrastructure - SDI, Geographic Information Systems - GIS, Spatial Planning.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 *Objetivo General*

Definir políticas, normas y estándares que regulen y normalicen la producción, georreferenciación, calidad, mantenimiento, documentación y distribución de la información geoespacial en el Municipio para construir e implementar la Infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali - IDESC, creando un entorno de interoperabilidad y coordinación entre los diferentes sectores que componen la sociedad y el ente administrativo, mejorando la eficiencia en la gestión y administración de la información geoespacial para garantizar su identificación, integración, localización, acceso, uso y protección.

### 1.2 *Objetivos Específicos*

Para desarrollar la IDESC se requieren esfuerzos interinstitucionales concertados, atendiendo las siguientes prioridades:

- Formular e implementar políticas generales y específicas sobre la información geográfica y su papel en el desarrollo social, económico y sostenible del Municipio.
- Establecer los estándares de la información geográfica para el municipio de Santiago de Cali, ajustando las normas nacionales formuladas por el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica - CTN 028 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC, a las necesidades locales.
- Definir el Núcleo de Datos Espaciales de Santiago de Cali y el Catalogo de Objetos Geográficos.
- Conceptualizar, desarrollar e implementar la Base de Datos Geoespacial de Santiago de Cali, así como el servidor de Datos Geográficos para la Administración y la comunidad en general.
- Definir los servicios que se ofrecerán por medio del portal de la IDESC, teniendo en cuenta los requerimientos de los diferentes tipos de usuarios.
- Implementar el Núcleo de Metadatos de la IDESC.
- Construir el Geoportal del Municipio, como herramienta principal para la integración de la información geoespacial del territorio.
- Difundir y transferir tecnologías y metodologías a cada uno de los nodos de la IDESC, para su adecuada integración.
- Divulgar periódicamente los avances de la IDESC.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se describen las características generales del área de estudio, y la metodología propuesta para el desarrollo e implementación de la IDESC.

### 2.1 Localización área de estudio

El municipio de Santiago de Cali se encuentra localizado en el Departamento del Valle del Cauca, Colombia, ubicado en la región pacífica al sur occidente del país; su cabecera se encuentra localizada a los 3°27'26" de Latitud Norte y 76°31'42" de Longitud Oeste (figura 1). Su altura promedio sobre el nivel del mar es de 995 m. Tiene una superficie total de 560 km<sup>2</sup>. Administrativamente está dividido en 22 comunas en el área urbana y 15 corregimientos en el área rural (Alcaldía de Santiago De Cali, 2008).



Figura 1. Localización general área de estudio, Santiago de Cali

Fuente: Elaboración propia, 2009

La representación de la rama ejecutiva del poder público en la ciudad, está a cargo de la Alcaldía de Santiago de Cali, que administrativamente está dividida en tres departamentos administrativos, diez secretarías, cuatro direcciones y seis oficinas asesoras; además de las entidades externas a la municipalidad que también intervienen en el territorio tales como: empresas prestadoras de servicios públicos, entidades del orden regional, nacional y del sector privado.

### 2.2 Metodología

La implementación de la IDESC se proyecta realizar en dos fases. En la fase inicial se realiza la integración de las entidades en torno al objetivo del proyecto, y posteriormente se inicia la definición de todos los componentes básicos de la IDE: Políticas sobre la Información Geográfica, Núcleo de Datos Geoespaciales, Estándares y Servicios. En la segunda etapa se espera consolidar y poner en marcha los acuerdos pactados; involucrar nuevas entidades y ofrecer los servicios proyectados además del mantenimiento de la IDESC (actualización del geoportal, información geográfica, transferencia de tecnología, entre otras).

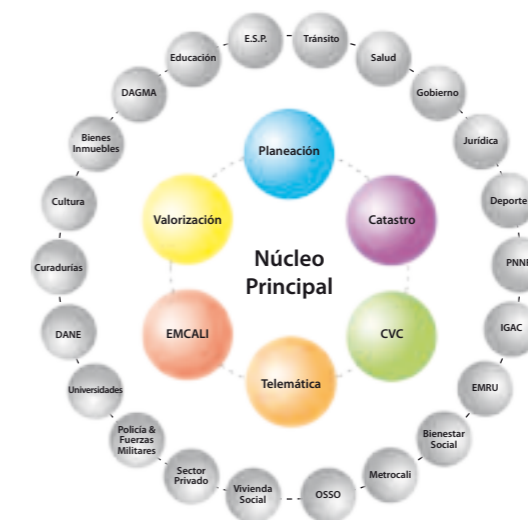
#### 2.2.1 Primera Fase

Esta fase se realiza desde mayo de 2009 hasta julio de 2010. En esta etapa se realiza el proceso de incorporación a la IDESC de las entidades que conforman la Administración Municipal de Santiago de Cali y la construcción de mesas de trabajo para desarrollar los componentes de la IDESC.

### CONFORMACIÓN DE LA IDESC

Para la conformación de la IDESC se tuvo en cuenta el nivel de producción y uso de datos geoespaciales de cada institución. El Núcleo de la IDESC está integrado por las instituciones consideradas como generadoras y usuarias de los datos sobre los que se cimienta cualquier aplicación de información geoespacial (nivel primario). Alrededor del Núcleo están todas las otras instituciones que trabajan con datos geográficos del ámbito municipal (nivel secundario). Es importante anotar que la IDESC está enmarcada en la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales – ICDE, que es la IDE de ámbito nacional que define los lineamientos generales para la gestión de la información y sobre los cuales deben estar sustentados los pilares de la IDESC (figura 2).

Figura 2. Esquema de la IDESC



Fuente: IDESC, 2010



Las entidades que actualmente conforman la IDESC se pueden observar en la tabla 1.

Tabla 1. Entidades que conforman la IDESC, para el año 2010

INSTITUCIÓN	DEPENDENCIA
ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI	Departamento Administrativo de Planeación
	Departamento Administrativo de Hacienda
	Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente
	Secretaría de Educación
	Secretaría de Infraestructura y Valorización
	Secretaría de Salud Pública
	Secretaría de Tránsito y Transporte
	Secretaría General
	Secretaría de Vivienda Social
	Secretaría de Cultura y Turismo
	Secretaría de Gobierno, Convivencia y Seguridad Ciudadana
	Dirección de Desarrollo Administrativo
	Dirección Jurídica
	EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI – EMCALI EICE ESP.
Gerencia de Tecnología de Información	
Unidad Estratégica de Negocio de Acueducto y Alcantarillado	
Unidad Estratégica de Negocio de Energía	
Unidad Estratégica de Negocio de Telecomunicaciones	
Empresa Municipal de Renovación Urbana E.I.C. - EMRU	
Metro Cali S.A.	
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC	
Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) – Dir. Territorial Sur Occidente	
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) - Territorial Valle	
Cámara de Comercio de Cali	
Universidad del Valle	
Universidad San Buenaventura	
Universidad ICESI	

## CONSTRUCCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA IDESC

Una IDE está cimentada principalmente sobre 3 aspectos como son: i) Núcleo de datos geoespaciales (datos geográficos, metadatos y normas técnicas). ii) Políticas, que definen los acuerdos para la gestión de la información geográfica. iii) Geoservicios, que definen los lineamientos a nivel técnico y de seguridad para el intercambio de la información,

además de la oferta de servicios para los usuarios. Para la definición de cada uno de estos componentes se conformaron tres mesas de trabajo con la participación de las entidades anteriormente mencionadas.

### Mesa de trabajo para la definición de las políticas para el uso de la información geográfica.

Mediante la conformación de esta mesa de trabajo se pretende desarrollar las políticas locales para la gestión de la información geográfica del municipio de Santiago de Cali. El desarrollo de las políticas locales será conforme con los lineamientos que establece la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales – ICDE, con base en el documento CONPES 3585 de 2009: “Consolidación de la Política Nacional de Información Geográfica y la ICDE”.

### Mesa de trabajo para la definición del conjunto de datos geoespaciales, adopción de normas técnicas para la información geográfica e implementación del núcleo de metadatos.

Esta mesa de trabajo deberá apoyar a la IDESC mediante la definición de núcleo de datos geoespaciales que conformarán la infraestructura, además se encargará de definir los lineamientos para la adopción de las normas técnicas que se utilizan a nivel nacional para el uso de la información geográfica y de la implementación del núcleo de metadatos.

### Mesa de trabajo para el desarrollo de los Geoservicios.

En el contexto geográfico, los servicios web geográficos (geoservicios) son una especialización de servicios web. Como tal, son aquellos protocolos y estándares que definen las reglas de transmisión de información geográfica, de manera que se puedan compartir, utilizar y difundir de forma interoperable en diversas plataformas tecnológicas (ICDE, 2009). Esta mesa se encargará de definir los servicios que ofrecerá la IDESC por medio de la Internet, de los desarrollos requeridos para las aplicaciones propuestas y de los procesos de transferencia tecnológica.

Metodológicamente las mesas se reúnen cada quince días, discuten cada uno de los temas que se planean como metas y se definen tareas, acuerdos y compromisos, los cuales deben ser retroalimentados al interior de las entidades participantes.

## 2.2.2 Segunda Fase. Implementación y Mantenimiento

La segunda fase pretende para finales del año 2011, consolidar y poner en marcha los acuerdos pactados en las mesas de trabajo. Para esa fecha se espera que las instituciones participantes hayan formulado las políticas para la gestión de la información geográfica, cumplan con las normas técnicas para la producción de datos, adopten un núcleo fundamental de datos espaciales, documenten la información geográfica con metadatos, acojan el sistema de referencia y

coordenadas MAGNA - SIRGAS y ofrezcan servicios de información territorial a cualquier persona a través de Internet.

El punto de encuentro para todas las instituciones de la IDESC será un Geoportal que contará con un catálogo de metadatos, un geovisor para las capas de información geográfica y unos geoservicios asociados al geovisor. Además, la IDESC contará con contenidos propios de la Web 2.0, tales como: foros, podcast, noticias, rss, blogs, entre otros.

Una vez implementada la Infraestructura de Datos, las estrategias del proyecto estarán en torno a la operación y mantenimiento de la IDESC (actualización del geoportal y de la información geográfica, transferencia de tecnología, incorporación de nuevas entidades y geoservicios, entre otras).

### 3. RESULTADOS

Dado que la IDESC es un proyecto que aún está en desarrollo, sólo se tienen resultados parciales, los cuales se describen a continuación:

Incorporación de las instituciones del nivel principal y secundario de la IDESC: Mediante la divulgación del proyecto ante todas de las instituciones que conforman la municipalidad y la posterior firma de un acta de acuerdo para oficializar su incorporación a la IDESC.

**Consolidación de las mesas de trabajo:** Durante el segundo semestre del 2009 se logró la creación y puesta en marcha de las tres mesas de trabajo para la definición de los componentes de la IDESC. Se realizan reuniones quincenales y se aborda la temática de la mesa de acuerdo con los objetivos planteados para cada componente.

**Divulgación de información de la IDESC:** Por medio del portal de la Alcaldía de Santiago de Cali (<http://www.cali.gov.co>) se brinda acceso al geovisor y además se informa qué es la IDESC, su objetivo, alcances, estrategias, avances, metas, descargas y noticias, entre otros. Otra estrategia para difundir el proyecto es la presentación ante entidades de la ciudad de Cali que trabajan con información geográfica y la participación en eventos como la Semana de la Geomática realizada en octubre de 2009, al igual que se hace uso de las redes sociales como Facebook y Twitter.

**Realización del inventario de información geográfica:** Desarrollo de una aplicación para el inventario de la información geográfica de las instituciones participantes. A esta aplicación se accede por medio del portal de la Alcaldía de Santiago de Cali.

**Versión preliminar del geovisor de la IDESC:** Se ofrece a la ciudadanía una versión preliminar del geovisor de la IDESC, por medio del portal de la Alcaldía. Aunque es una versión inicial desarrollada previamente a la formulación del proyecto IDESC, el geovisor constituye un medio para llegar a la sociedad y ofrecer algunos de los servicios que proyecta la IDESC (Versión beta disponible en <http://idesc.cali.gov.co/>).

**Convenio marco de cooperación ICDE-IDESC:** Establecimiento de un Convenio Marco

de Cooperación entre la ICDE representada por el IGAC y la IDESC representada por el municipio de Santiago de Cali. Este Convenio Marco de Cooperación Técnica Interinstitucional consiste en la realización conjunta de proyectos de Investigación y Desarrollo, Cooperación Técnica, Asesoría, Formación y Transferencia de Conocimientos en el campo de la Geografía, Cartografía, Tecnologías de la Información Geográfica y demás proyectos relacionados con los recursos naturales y el ambiente.

**Cambio de Plataforma Tecnológica para el Geovisor IDESC:** Consiste en la puesta en funcionamiento de dos servidores de última tecnología que permiten brindar un mejor desempeño y confiabilidad en el servicio, atendiendo un mayor número de usuarios y una optimización en las consultas realizadas.

**Expedición del Decreto 284 de mayo 18 de 2010:** "Por el cual se reglamenta, define y consolida la Infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali (IDESC)". El Decreto busca crear y establecer a la IDESC, como un proyecto de armonización de los procesos de captura, análisis, acceso, uso y distribución de la información geográfica, que ejecutan las entidades, empresas e instituciones, públicas o privadas, en el municipio de Santiago de Cali, para evitar la duplicidad de esfuerzos y promover el intercambio de datos espaciales, dotando a la comunidad de herramientas para la planificación y toma de decisiones.

**Términos y Condiciones de Uso de la Página Web de la IDESC:** Documento mediante el cual se dan a conocer las condiciones de uso de la información asociada a los contenidos y servicios ofrecidos a través del sitio web <http://idesc.cali.gov.co/>.

**Migración al nuevo Sistema de Referencia Oficial de Coordenadas para Colombia "Magna Sirgas":** La migración de la información hace parte del proceso de adopción de estándares propuesto por la IDESC, y le permitirá al usuario integrar la información geográfica de distintas entidades, como también la compatibilidad con el sistema de posicionamiento global – GPS.

**Taller de Nivelación Conceptual en Infraestructura de Datos Espaciales (IDE):** Con el fin de brindar una base conceptual y de esta manera soportar el desarrollo e implementación de la IDESC, se realizó un Taller Nivelatorio en fundamentos de IDE para las entidades vinculadas a la IDESC durante el año 2010.

**Cuestionario de productores y usuarios de información geográfica:** Diligenciamiento y análisis de un cuestionario para productores y usuarios de datos e información geográfica del municipio de Santiago de Cali, para identificar las necesidades de cada entidad y de esta manera contribuir al desarrollo de los componentes de la IDESC.

**Informes de avance semestral de la IDESC:** Cada seis meses se publica el informe de avances en la implementación de la IDESC. En julio de 2010 se publicó el tercer informe que describe las actividades desarrolladas durante el periodo enero-junio.

**Guía Manejo Geovisor IDESC:** Se elaboró una guía, la cual indica a los usuarios como utilizar el Geovisor IDESC y sus funcionalidades, así como un ejemplo práctico para realizar consultas sobre un tema específico.

#### 4. CONCLUSIONES

El proceso de conformación de la IDESC y la puesta en marcha de las actividades de las mesas de trabajo, han sido tareas dispendiosas dada las costumbres administrativas que tiene cada una de las entidades participantes; sin embargo, poco a poco se ha abierto un espacio para el diálogo entre las instituciones, que han visto la importancia de articular esfuerzos orientados a mejorar la eficiencia en la gestión de la información geográfica vital para la toma de decisiones en torno al cumplimiento de las metas misionales de cada entidad.

El desarrollo de la Infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali (IDESC), entendida como la suma de políticas, estándares, organizaciones y recursos tecnológicos que facilitan la obtención, uso y acceso a la información geoespacial del Municipio, es indispensable para la generación continua de conocimiento sobre el territorio y la evolución del mismo, al igual que para la toma de decisiones a diferentes niveles; con información georreferenciada relevante, oportuna y confiable de manera que se apoye el desarrollo económico y social del municipio.

Existe una clara necesidad, a todos los niveles, de poder acceder, integrar y utilizar datos espaciales procedentes de fuentes dispares con el fin de guiar la toma de decisiones. Nuestra habilidad entonces, para tomar decisiones acertadas colectivamente a nivel local, regional y global, depende de la implementación de una IDE que suministre una compatibilidad entre jurisdicciones, promoviendo el acceso y uso de datos.

La IDESC no debe ser solamente un conjunto de mapas o una base de datos o una colección de programas que permitan gestionar y manejar datos. Esto, aunque es muy importante, no lo es todo. Para que la IDESC sea funcional, debe estar establecida sobre acuerdos políticos sólidos emanados de las organizaciones con responsabilidad sobre los datos a diferentes niveles. Por lo tanto, la IDESC no es una entidad, sino un conjunto de estrategias articuladas alrededor de las principales instituciones productoras y usuarias de la información geográfica del Municipio.

La IDESC, además de dar cumplimiento a normativas del orden territorial, también responde a políticas de carácter nacional, especialmente la consignada en el documento CONPES N° 3585 de 2009: "Consolidación de la Política Nacional de Información Geográfica y la ICDE", y a la Circular 001 de 2009 emanada de la Comisión Intersectorial de Políticas y Gestión de la Información (COINFO), las cuales buscan articular la producción, disponibilidad, acceso y uso de la Información Geográfica (IG) a nivel de las entidades del Estado.

Es importante recalcar que más que dar cumplimiento a la normatividad existente, la IDESC responde a una necesidad latente de las ciudades en la actualidad: la de gestionar eficientemente la información y poder visualizar espacialmente los distintos componentes del territorio, para poder planear su desarrollo con elementos actualizados, veraces y oficiales.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Masser Ian**, 2008. Changing Notions of a Spatial Data Infrastructure. Disponible Online <http://www.gsdi.org/gsdi11/papers/pdf/375.pdf> [Consultado, Agosto de 2009]

**Alcaldía de Cali**, 2008. Cali en Cifras 2008. Cali – Colombia. ISSN: 2011-4044

**Instituto Geográfico Agustín Codazzi** – Igac, 1999. Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales – Icde: Conceptos y Lineamientos. Versión 2.3, Grupo Institucional ICDE, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, 1999.

**Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales**, 2009. Disponible Online <http://www.icde.org.co/web/guest/wiki/-/wiki/Wiki%20de%20la%20ICDE/Geoservicios> [Consultado, Agosto de 2009]

## NUEVO SERVIDOR DE MAPAS DE RECURSOS NATURALES

### RESUMEN

A través del sitio [www.renare.gub.uy](http://www.renare.gub.uy) se ofrecen servicios interactivos de consulta a mapas georreferenciados con el fin de difundir y distribuir información sobre recursos naturales de Uruguay relacionados con la producción agropecuaria. Estos servicios proporcionan al usuario las herramientas necesarias para interactuar con la información geográfica publicada. Consta de dos subsistemas: un sistema de consulta por padrón catastral a fotos aéreas escala 1:20.000 (años 1966-1968) de todo el país sobre los foto-índices del Servicio Geográfico Militar y un sistema de consulta a mapas interpretativos de suelos, así como tipos de coberturas y usos de suelos y cartografía básica. Los mismos cumplen con las especificaciones de Open Gis Consortium y utilizan la cartografía disponible de la IDE Uruguay.

### 1. INTRODUCCIÓN

La información geográfica digital se ha tornado un elemento de vital importancia para la toma de decisiones, en un mundo cada vez más complejo e informatizado los requerimientos de información que se pueda ubicar y medir sobre la superficie terrestre son también mayores. La implantación de IDEs a tales efectos es una tendencia tanto en el mundo desarrollado como en América Latina que viene dando buenos resultados y que forma parte de estrategias de gobierno electrónico y modernización del Estado.

El Sistema de Información Geográfica de la Dirección General de Recursos Naturales del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), de aquí en más SIG-RENARE, tiene como misión proveer de información de su base de datos referida a la distribución geográfica y las características de los recursos naturales del país, así como de otra información de interés agropecuario a múltiples usuarios.

Ha sido una de las primeras instituciones en contar con un servidor de mapas en Uruguay, que brinda desde el año 2001 lo que se conoce como consulta CONEAT [www.prenader.gub.uy](http://www.prenader.gub.uy). Luego de ese logro no se implementaron nuevos servicios de mapas a pesar de que se siguió generando gran cantidad de nueva información.

Desde el año 2006, el SIG-RENARE participa activamente de la iniciativa Infraestructura de Datos Espaciales (IDE-Uruguay) por Decreto Presidencial del 16/06/06 Creación de Grupo de Trabajo en un Programa Nacional de Catastro e Infraestructura de Datos Espaciales y por resoluciones de AGESIC del año 2009 de creación bajo su ámbito del Grupo de Trabajo en Infraestructura de Datos Espaciales y del Consejo Asesor Honorario sobre Sistemas Georreferenciados.

Esto ha incentivado la preocupación de SIG-RENARE por brindar servicios de mapas compatibles con dicha iniciativa, y de ir aprestándose desde diversos puntos de vista: institucionales, tecnológicos, de interoperabilidad y de estándares, para su incorporación a la IDE, teniendo en cuenta de que es un largo proceso.

En dicho marco, una prioridad para RENARE es lograr formas de acceso democrático a la información, llegando de manera equitativa a la más amplia gama de usuarios con información de los recursos naturales productivos e información agropecuaria. Se entiende que los Servidores de Mapas, representan una solución muy apropiada a ese cometido lo que permite al MGAP profundizar aspectos del gobierno electrónico.

En los años 2008 y 2009, RENARE participó en el proyecto C UNA ONU "Desarrollo de instrumentos para el monitoreo ambiental y territorial, Generación, actualización y potenciación de bases de datos correspondientes a la Infraestructura de Datos Espaciales" lo cual significó una oportunidad para dar algunos pasos en ese sentido. Se contó con apoyo para la realización de consultorías y compra de equipos, lo cual permitió la implementación de nuevos servicios web para publicar tanto la información del proyecto como información existente en el sistema. También se contó con el apoyo del Proyecto Producción Responsable (PPR) del MGAP.

Un Servidor de Mapas es un Sitio Web utilizado para acceder en forma dinámica a información geográfica (visualización, consulta, descarga de información georreferenciada) a través de Internet. Es una importante herramienta para permitir el acceso público a productos derivados de los Sistemas de Información Geográfica, cuyo objetivo es acortar la distancia entre los productores de conocimiento geográfico y los usuarios finales.

En este trabajo se presentarán aspectos de implementación y descriptivos de los nuevos servicios de mapas de RENARE creados en 2009.

### 2. IMPLEMENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN

Se creó el dominio [www.renare.gub.uy](http://www.renare.gub.uy), ver figura 1. A través del mismo se ofrecen servicios interactivos de consulta de libre acceso que comprenden:

1. Sistema de consulta predial a las fotos aéreas. Servicio de información por padrón al número de fotos aéreas 1:20.000 (Años 1966-1968) de todo el país sobre los foto-índices del Servicio Geográfico Militar.
2. Sistema de consulta por padrón o áreas más amplias a mapas interpretativos de suelos, así como tipos de coberturas y usos de suelos, y cartografía básica.

#### A) SOFTWARE

En el entorno de la IDE, los servidores de mapas deben de ser interoperables, independientemente del servidor o el cliente que utilice la información. Por ello,

se consideró apropiada la utilización de Mapserver como software de servidor de mapas, conjuntamente con PostgreSQL con Postgis (software de base de datos para objetos geográficos) y el servidor web Apache. Todos son de libre acceso (software libre) lo cual significó una importante virtud para el proyecto que contaba con un presupuesto limitado.

Estos programas cumplen con los estándares de interoperabilidad especificados por el Open Geospatial Consortium (OGC). "El OGC fue creado en 1994 y agrupa numerosas organizaciones públicas y privadas, su fin es la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de los Sistemas de Información Geográfica. Persigue acuerdos entre las diferentes empresas del sector que posibiliten la interoperación de sus sistemas de geoprocesamiento y facilitar el intercambio de información geográfica en beneficio de los usuarios".

Mapserver es una plataforma de código abierto para la publicación de información georreferenciada y aplicaciones de mapas interactivos para la web, que cumple con las especificaciones OGC (Web Map Server, Web Feature Service, Web Map Context, Web Coverage Service, Filter Encoding, Styled Layer Descriptor, Geography Markup Language y Sensor Observation Service).

Para la programación de las aplicaciones se trabajó en conjunto con una consultora contratada a tal fin, que se encargó de la programación del servicio con la información preparada por los técnicos del SIG-RENARE de acuerdo a las especificaciones de requerimientos determinada por el MGAP.

El formato de la información vectorial es Esri shapefile y la información raster es Geotiff. Los programas utilizados para la creación de las diferentes de información fueron ArcGis, Erdas Imagine y GvSIG.

## B) METODOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO

- i) Consulta por padrón a los foto-índices digitales con el fin de brindar a los usuarios de fotos aéreas la información de los números de fotos correspondientes al padrón de interés.

Se encuentra en la dirección [www.renare.gub.uy/fotos/](http://www.renare.gub.uy/fotos/). Ver figura 2.

Para su realización se escanearon 310 foto-índices. Estos son documentos aero-fotográficos del Servicio Geográfico Militar [www.ejercito.mil.uy/cal/sgm/](http://www.ejercito.mil.uy/cal/sgm/), disponibles en formato papel en RENARE (CONEAT y División Suelos y Aguas). Estos foto-índices representan los mosaicos no controlados de fotos aéreas escala 1:20.000, de los vuelos realizados en los años 1966-1968, cuyo fin es mostrar la ubicación y el orden de las fotos con respecto al territorio, funcionando como una especie de directorio en papel.

En el SIG-RENARE, se georreferenciaron todos los foto-índices a la base de

referencia definida por de la Dirección de Topografía del Ministerio de Transporte. Para ello se tomaron una cantidad de puntos variables por foto-índice (10 en promedio), lo que permitió ajustarlos para superponerlos al parcelario rural digital de la IDE-Uruguay. El sistema de referencia utilizado es ROU-USAMS, ya que se compatibiliza con el actualmente empleado por la ya existente consulta CONEAT.

Este servicio está dirigido fundamentalmente a los usuarios de fotos aéreas: técnicos, empresas, estudiantes.

Para consultar qué fotos corresponden a un determinado padrón se selecciona en la lista "Buscar por" el ítem "Padrones", se ingresa el nombre del departamento (se completará automáticamente) y luego se ingresa el número de padrón. Con el botón "Buscar" se obtiene el resultado que indica nombre del departamento en el cual se encuentra ubicado el padrón seleccionado, número del padrón y el código de identificación del foto-índice donde se encuentra el padrón, también realiza un acercamiento a todos los elementos seleccionados (visualización del resultado de la búsqueda por defecto).

Una vez identificado el foto-índice donde se encuentra el padrón en cuestión, en la Tabla de contenido se activa el correspondiente foto-índice para de esta manera observar las fotos que correspondientes. Con los íconos que están a la derecha de la pantalla se podrá imprimir o descargar el resultado en una imagen georreferenciada Geotiff. Ver figura 3.

- ii) Consulta por padrón a cartas de suelos.

La aplicación permite localizar padrones y obtener la información de la aptitud general de uso de la tierra, la prioridad forestal, cuencas hidrográficas y la cobertura del suelo realizada a partir de imágenes satelitales de los años 2007-2009, en [www.renare.gub.uy/suelos/](http://www.renare.gub.uy/suelos/). Los datos se presentan en coordenadas esféricas y datum WGS84. Está dirigido a un público amplio: técnicos, gobierno, empresarios, docentes, estudiantes, entre otros.

Contiene las capas de información de cartografía básica del Conjunto de Datos Provisorios de la IDE: parcelario rural, límites departamentales, espejos de agua, cursos de agua, rutas, caminería, centros poblados y localidades.

En cuanto a la información referida a recursos naturales del SIG RENARE presenta:

- Cuencas de manejo y conservación de suelos. Fuente: Plan Nacional de Lucha contra la desertificación y la Sequía, distritos de manejo y conservación de suelos y aguas" DSA-SIG-RENARE-MGAP; 2005.
- Carta de Aptitud General de Uso de la Tierra, DSA SIG RENARE MGAP, 2008. <http://www.cebra.com.uy/renare/adjuntos/2010/07/Aptitud-General-de-Uso-de-la-Tierra2.pdf>

- Mapa de coberturas y usos del suelo del oeste de Uruguay en base a imágenes de satélite LANDSAT. Sistema Información Geográfica RENARE, noviembre 2009. [http://www.cebra.com.uy/renare/adjuntos/2009/03/cobertura\\_uso\\_suelo\\_07\\_09\\_v2010\\_2.pdf](http://www.cebra.com.uy/renare/adjuntos/2009/03/cobertura_uso_suelo_07_09_v2010_2.pdf)

- Esquema de fechas de captura de las imágenes Landsat del mapa de coberturas y usos del suelo.

- Mapa de suelos de Prioridad Forestal. [http://www.mgap.gub.uy/Forestal/cont\\_politica.htm](http://www.mgap.gub.uy/Forestal/cont_politica.htm)

- Relevamiento forestal 2004, zona este. DGF SIG RENARE 2006. [http://www.cebra.com.uy/renare/adjuntos/2009/03/CARTA\\_FORESTAL2004.pdf](http://www.cebra.com.uy/renare/adjuntos/2009/03/CARTA_FORESTAL2004.pdf)  
De este mapa se presenta solo la zona este porque la forestación del resto del país está incluida y más actualizada en el mapa de Coberturas y usos del suelo.

Esta aplicación incluye además de las mismas prestaciones que la de foto-índices, una herramienta para la recuperación de coordenadas en un punto dado y también información acerca de las fuentes de cada uno de los mapas.

### 3. CONCLUSIONES

Esta experiencia de utilización de software libre ha sido muy satisfactoria para el SIG RENARE en este tipo de aplicación sencilla de visualización y consulta. Ha permitido poner a disposición gran cantidad de información generada. Los costos de la implementación han sido bajos, puesto que solo se requirió contratar un programador por un tiempo corto ya que se trabajó en equipo con el personal del SIG. Por otra parte ya se contaba con un servidor adecuado y una línea de acceso a Internet por lo cual no fue necesaria la adquisición de hardware, mejorándose la eficiencia del uso del ya existente. Se considera una aproximación a los lineamientos de la IDE Uruguay. Se deberá en el futuro agregar nuevos servicios de mapas, de Metadatos, de elementos de mapas y de coberturas raster.

Figura 1. Pantalla de inicio de www.renare.gub.uy



Figura 2. Consulta a foto-índices

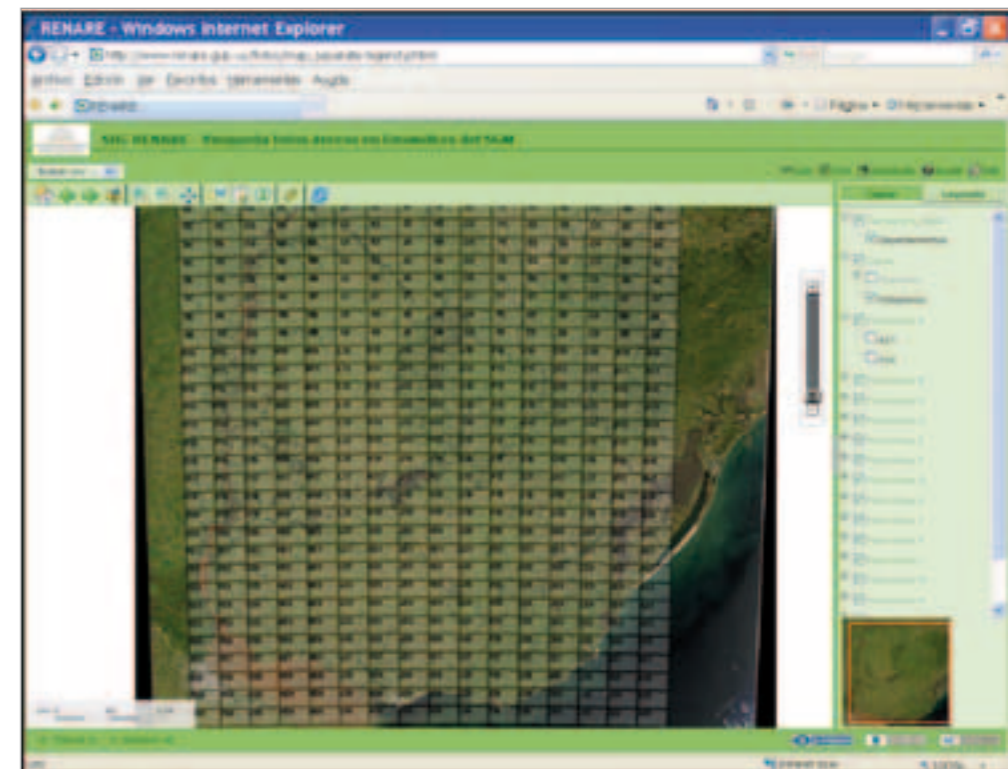


Figura 3. Resultados búsqueda de fotos

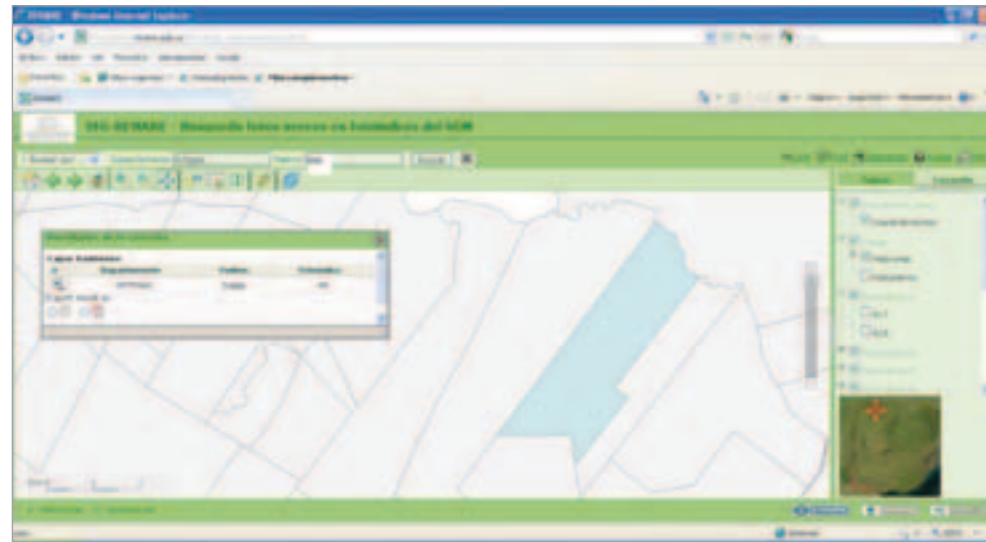
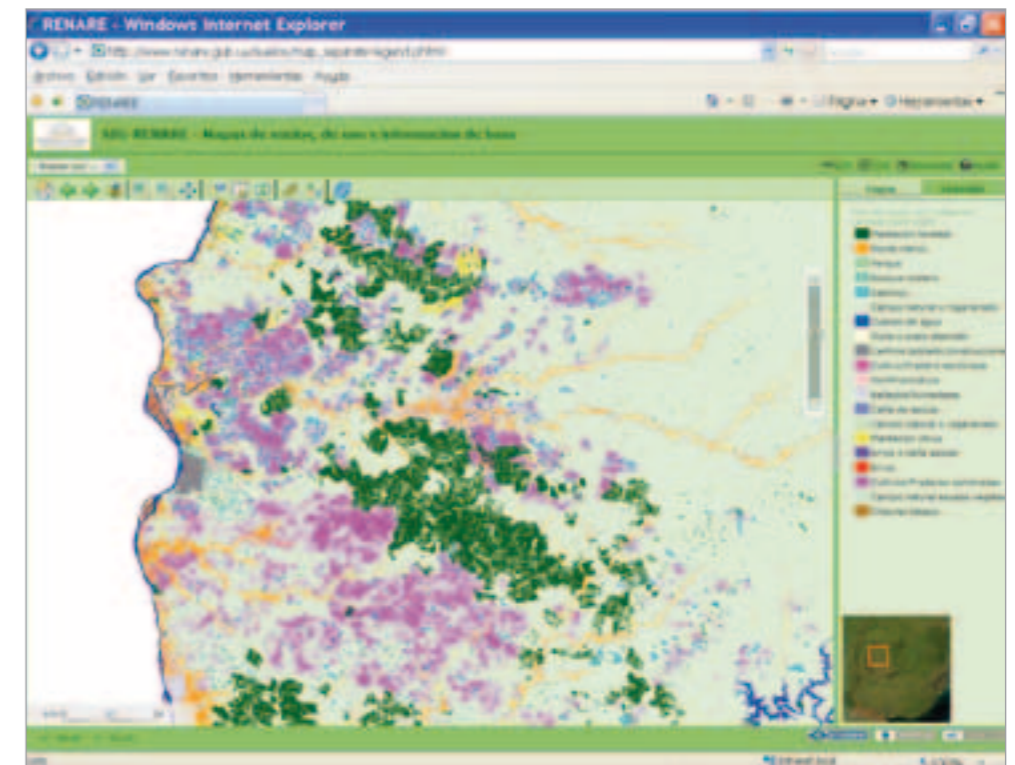
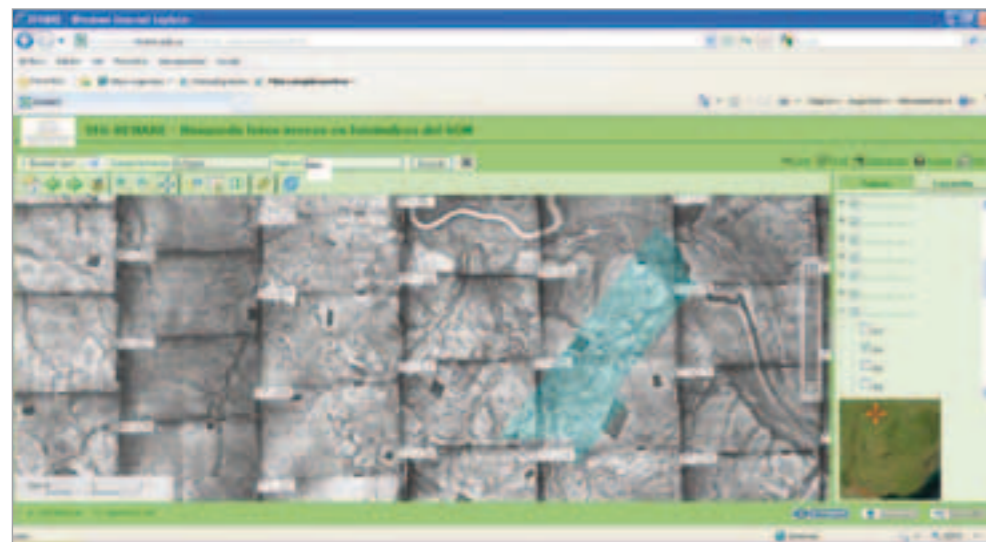


Figura 4. Consulta a información de suelos



Figura 5. Ejemplo de consulta a carta de Usos y Coberturas del Suelo



## BIBLIOGRAFÍA

Secretaría Ejecutiva para el Desarrollo Integral de la OEA, 2009. Curso Introducción a la formulación de Estrategias de Gobierno Electrónico, 32ª Edición.

Tatiana Delgado Fernández, 2006. Curso Infraestructuras de Datos Espaciales,

Douglas D. Nebert, Technical Working Group Chair GSDI, 2001. The SDI Cookbook, Versión 2.0

Joep Crompvoets, 2009. Presentaciones de Curso IDE.

Sitios web:

Sitio de AGESIC

<http://www.agesic.gub.uy>

Sitio de la IDE de España

[www.idee.es](http://www.idee.es)

Sitio de GSDI

[www.gsdi.org](http://www.gsdi.org)

Sitio IDE de Andalucía, España

<http://www.ideandalucia.es>

## RESEÑA BIOGRÁFICA

Ing. Agr. **Martín Dell Acqua**

Ing. Agr.(MSc.) **Ma. Cecilia Petraglia**

Sistema de Información Geográfica

Dirección General de Recursos Naturales Renovables

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca

Cerrito 318 – CP 11.000 – Montevideo - Uruguay

Tels: (5982) 29156453, 29159842 int. 237

Fax: (5982) 29156456

E-mail: mdellacqua@mgap.gub.uy ; cpetraglia@mgap.gub.uy

## METADATOS GEOGRÁFICOS, HERRAMIENTA FUNDAMENTAL PARA LA BÚSQUEDA Y RECUPERACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Lic. Diana Comesaña

Deco1960@gmail.com

Servicio Geográfico Militar

## RESUMEN

La conformación de una IDE implica el compartir la información geo-espacial. Debemos saber qué produce quién y cómo acceder a ésta información para evaluar los datos a los efectos de su correcta reutilización. Se analizan los conceptos, normativa y procedimiento de Generación de Metadatos Geográficos. El SGM trabaja desde el año 2004 en la confección de metadatos, transitando en estos años el camino desde el estándar FGDC, al ISO 19115, optimizando y simplificando la producción de Metadatos desde un proceso de cuatro pasos a uno de tres etapas, desde un producto correspondiente a la web 1.0, hasta un buscador web 2.0.

**Palabras clave:** Metadatos Geográficos

## OBJETIVOS

La presente disertación está destinada a brindar a los oyentes bases teóricas y prácticas sobre la confección de Metadatos Geográficos, dando a conocer la experiencia adquirida por el Servicio Geográfico Militar en la materia.

1. Generalidades, conceptos y normativa sobre Metadatos Geográficos

La información geográfica es vital para la toma de decisiones tanto a nivel local como nacional regional o global. Este es un recurso costoso, por lo que debemos optimizar su aprovechamiento.

Existen datos dispersos, múltiples, que se superponen y de ésta realidad surgen los proyectos IDE: debo conocer que-produce-quien, como produjo los datos, como me contacto para obtenerlos. Para construir una IDE, no basta con crear un gran repositorio de datos geo – espaciales, debo también poder acceder a ellos para su explotación.

La cantidad de datos que se crean y almacenan es siempre creciente por lo que es necesario contar con una buena descripción y un buen sistema de



recuperación de los datos. La Bibliotecología nos aportó, en su visión tradicional, una descripción bibliográfica estandarizada. Se creó normativa internacional para el intercambio de registros bibliográficos, incluyendo los mapas: ISO 690, ISBD. Con el surgimiento de la web, fue necesario establecer otras formas de descripción y surgieron los Modelos y estándares de descripción bibliográfica para la WWW. Esto es estándares y formatos de metadatos.

Internet es una fuente inagotable de recursos. La popularización del entorno WWW trajo un crecimiento exponencial de la información, y así, el Universo de Información se presenta: Distribuido, Heterogéneo, Cambiante, Dinámico, Poco uniforme y Disperso

Nos encontramos así con:

- Grandes cantidades de información.
- Mezcla de recursos de alta calidad o profesionales con sitios informales, personales, de información poco fiable, etc.

Está desarrollada como un “escaparate” para atraer clientes.

En la WWW no podemos hablar de libros ni de documentos, sino de documentos entendidos como Objetos de Información Digital (OID). Llamaremos OID a Cualquier unidad informativa (texto, imagen, sonido, vídeo, etc.) en un formato de codificación numérica, para cuyo acceso son imprescindibles medios informáticos, es un Objeto de Información Digital. Técnicamente, están constituidos por su propio contenido (conjunto de bits), las propiedades o metadatos asociados a él y un registro de operaciones realizadas.

Las colecciones de datos y documentos digitales tienen la característica de ser: Grandes y diversas, Numerosas y Efímeras (cambian rápidamente)

Esto se aplica a todo tipo de información, y por tanto también a la información geo-espacial.

Para conformar la IDE hablamos de compartir la información, de construir nuestro conocimiento a partir del ya generado, ahorrando costos y TIEMPO. Necesitamos entonces una descripción más detallada que la que nos brindan los estándares y formatos bibliográficos, necesitamos poder evaluar cabalmente un recurso antes de adquirirlo.

En respuesta a éste problema surge la creación de Metadatos, como forma de descripción de la Información Geo-espacial y centrándose en la evaluación y recuperación de los datos.

## ¿QUÉ SON LOS METADATOS?

- Datos sobre otros datos. Datos sobre documentos, servicios, páginas web...
- Descripciones estructuradas de un objeto de información.

- Un conjunto de elementos y atributos para caracterizar la información.
- Estándares semánticos para describir objetos de datos discretos.

En definitiva los Metadatos son Datos, almacenables en Bases de Datos que describen el contenido o información de un documento o una página servicio web.

Los datos son una abstracción de la realidad, es decir, describen o modelan el mundo real y los metadatos expresan el modelo o abstracción de la realidad, sus reglas, convenciones y características.

## ¿En qué nos ayudan los metadatos?

Los sistemas informáticos utilizarán información estructurada de forma mucho más eficaz.

Permiten diferenciar la calidad de los recursos.

## Y... ¿Para qué necesitamos los Metadatos?

- Para describir la información existente. Para organizar el conocimiento.
- Para poder encontrar y utilizar dicha información.

## Por qué?

- Porque el entorno Web posee grandes cantidades de información en formato electrónico.
- Porque existe la necesidad de aunar recursos en la Web.
- Porque existe la oportunidad de proporcionar a los profesionales servicios de calidad.

Los Metadatos nos permiten: Recuperar recursos, Administrar documentos, Gestionar derechos, Valorar de contenidos, Proporcionar seguridad y autenticación, Conocer el estado de los archivos, Conocer productos y servicios, esquemas de bases de datos, control o descripción de procesos

Nos ayudan a organizar y mantener la inversión en datos de las Organizaciones, brindándonos la información en forma de catálogos estandarizados. Gracias a ellos es posible conocer la existencia de los diferentes conjuntos de datos, y pueden localizarse aquellos que están disponibles, evaluando cuáles son relevantes para nuestras actividades. La redacción de metadatos descriptivos, fomenta la disponibilidad y uso de los datos más allá del ámbito o disciplina en que fueron creados. También son una buena forma de promoción de los datos creados por una institución.

Los Metadatos Geográficos son los recursos que nos permiten la descripción, clasificación y recuperación de la información Geoespacial, y por lo tanto constituyen, conjuntamente con los Datos, uno de los componentes fundamentales de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE).

Pero para que esto se cumpla, los metadatos deben ser normalizados y surgen diferentes

estándares, aplicables según el tipo de Documento Electrónico de que se trate:

Metadatos de propósito general: MARC y Dublin Core

Metadatos de información geo-espacial: FGDC, ISO 19115...

### CLASIFICACIÓN DE METADATOS:

Los metadatos pueden clasificarse, y tendrán diferente extensión, según los objetivos que se persigan en la tarea de su creación. Pueden definir tres niveles de alcance:

- **Descubrimiento o Búsqueda:** que nos permiten saber qué datos existen, cuales hay disponibles de cierta zona o tema determinado, a cierta escala, fecha u otras características específicas que el usuario demanda.
- **Exploración o Elección:** Permiten comparar distintos conjuntos de datos entre sí, de modo que se pueda seleccionar cuáles cumplen lo que necesitamos de forma más adecuada.
- **Explotación o Utilización:** Proporcionan todas las características técnicas de los datos, nos dan información sobre la calidad de los mismos.

Cada uno de estos tipos de metadatos requiere un nivel determinado de información y no debe considerarse que éstos sean los únicos niveles de información existentes. Cada nivel es tal que el más sencillo está incluido en el más complejo

Los Metadatos de descubrimiento proporcionan un mínimo de información que permite conocer la naturaleza y contenido de la fuente de datos. Debemos considerar que ésta información será común a todos los niveles de metadatos, pues constituyen el "cuore" o corazón de la norma.

#### Responden preguntas como:

- **¿Qué?** Título y descripción del conjunto de datos.
- **¿Por qué?** Razones de creación de los datos y sus usos.
- **¿Cuándo?** Fecha de creación y actualización (si corresponde) de los datos
- **¿Quién?** Origen, productor de los datos.
- **¿Dónde?** Extensión geográfica basada en latitud/longitud, coordenadas geográficas, nombres geográficos, áreas administrativas.
- **¿Cómo?** Cómo se crearon y cómo se accede a los datos

El nivel de detalle de los metadatos a documentar depende en parte del tipo de datos que se tenga, de los métodos de acceso y uso y de las políticas institucionales.

Las organizaciones, según sus propósitos, gestionarán sus metadatos como un Conjunto de Datos (por ejemplo una Serie, el Mapa, la capa) o llegando, incluso al objeto mismo, pero sigue existiendo un alto grado de compatibilidad entre los niveles de metadatos que se requieren. En general, la mayoría de los Metadatos se recogen a nivel de conjunto de datos.

Los Metadatos de exploración nos dan información que permite al usuario estar seguro

de que datos existen, apropiados para determinado proyecto, conocer sus propiedades y con quien contactarse para obtenerlos.

Los Metadatos de explotación nos dan información sobre el acceso, transferencia, carga, interpretación y uso de los datos en la aplicación en que serán explotados. Incluyen detalles del Diccionario de Datos, su organización y esquema, proyección, características geométricas y otros parámetros útiles para el buen uso de los datos geo-espaciales. Podemos así, descubrir, valorar y obtener los datos.

Como dice Blanca Ruiz Franco, Jefe de Área de Banco de Datos de la Naturaleza de España, (Blanca Ruiz Franco, s.f.) "Los metadatos importantes son aquellos detalles difíciles de inferir desde los propios datos", y en ello se diferencia la catalogación por Metadatos de la catalogación tradicional de la Bibliotecología.

Con el fin de economizar tiempo, debemos poder compartir la descripción y catalogación por Metadatos, de forma que cada institución productora de información, realice sus metadatos y los comparta con el resto de la comunidad de grandes usuarios.

Parte de la información que integran los Metadatos, puede recogerse en forma automática y para que esto sea posible, los Metadatos deben construirse según estándares y formatos específicos.

El estándar más difundido respecto a Metadatos Geográficos es el ISO TC211 19.115.

Los estándares nos definen contenidos y no formas de almacenamiento. Especifican métodos, herramientas y servicios para la gestión de los datos; incluyen definiciones y descripciones, adquisición, procesamiento, análisis, acceso, presentación y transferencia de datos digitales desde diferentes usuarios, sistemas y ubicaciones.

#### ¿Qué elementos integran un metadato?

Según una clasificación funcional:

- **Descriptivos:** Título, autor, materias, etc.
- **Administrativos:** Fecha del recurso, número de recurso, etc.
- **Conservación y Derechos:** Copyright, privilegios de uso, etc.
- **Técnicos y estructurales:** Tipo de archivo, tamaño del archivo, etc.
- **Uso y gestión del sistema:** Metadatos internos del creador de la meta-información. Especificidades de gestión.

Los elementos de metadato podremos clasificarlos en:

**Dependientes del recurso:** Modelos semánticos de representación de las características básicas de un ODI

**Dependientes del contenido:** Modelos de representación de las materias y de las relaciones entre ellas (Tesauros, ontologías, etc.).

Es fundamental y necesario que los Datos Geográficos que se brindan a través de los Geoportales de las IDE estén catalogados de forma normalizada para optimizar la búsqueda de la Información Geográfica disponible, permitiendo además que el usuario pueda consultar cuales son los datos que mejor se ajustan a sus requisitos.

### NORMATIVAS:

En cuanto a las normativas más empleadas:

El Dublin Core es un modelo de metadatos se basa en el Marco de Descripción de Recursos para la web y se define por la norma ISO 15836 del año 2003, y la norma NISO Z39.85-2007. Es un estándar apto para todo tipo de documentos electrónicos, pero resulta muy elemental a la hora de describir información geo-espacial.

Desde el desarrollo del estándar ISO 19.115, éste ha sido el más difundido a nivel internacional para la información que nos interesa. Su Objetivo es proporcionar una estructura para describir los Datos Geo-espaciales. Define elementos de metadatos, proporciona un modelo y establece un conjunto común de terminología, definiciones y procedimientos de ampliación para los metadatos. (Figura 1)

Establece metadatos de propósito general en el campo de la información geográfica y proporciona información sobre la identificación, extensión, calidad, modelo espacial y temporal, referencia espacial y distribución de los datos geográficos. Es aplicable a Catalogación de datos, Actividades de geo-portal, Descripción completa de los conjuntos de datos geográficos, Series de conjuntos de datos y Objetos geográficos individuales y sus propiedades.

En Julio del 2003 se aprobó la primera versión como norma internacional. Es una Norma que consta de 140 páginas, 409 elementos, 27 listas controladas.

Se presentan en paquetes UML. Cada paquete contiene una o más entidades (clases UML), que pueden ser particularizadas (subclases) o generalizadas (superclases).

Las entidades contienen elementos (atributos) que identifican las unidades discretas de metadatos y pueden relacionarse con una o más de las otras entidades, pueden estar agregadas y repetirse tanto como sea necesario para satisfacer las necesidades de la descripción.

Esta Norma es muy compleja, pero entre sus elementos encontramos algunos que son obligatorios, otros condicionales, que deberán registrarse cuando los datos cumplen cierta condición, y otros opcionales. Cada comunidad determina un "Perfil" de la Norma que se adapta a sus necesidades y le resulte más sencillo de entender.

El Núcleo o Core de la Norma, está compuesto por 22 elementos, 7 obligatorios y 15 elementos que se dividen en opcionales y condicionales. (Figura 2)

### METADATO EN ISO 19.115:

Se compone de:

- Datos de Identificación (OBLIGATORIOS):

- Datos para la cita del recurso (título, autor, edición, serie a que pertenece...)
- Fechas y estado
- Descripción
- Representación Espacial
- Restricciones
- Contactos

- Datos de Distribución (CONDICIONAL, según corresponda si hay transferencia en línea o algún distribuidor o método de distribución específico), proporciona:

- Formato
- Medios
- Distribuidor
- Datos sobre la Calidad de los Datos (OBLIGATORIO) Nos brinda:
- Tipo, método y resultado de la medida de una evaluación de la calidad de los datos.

Linaje y proceso de obtención del Dato.

- Datos del Metadato (OBLIGATORIO)

- Autoría
- Punto de Contacto
- Fecha

Con respecto a quien debe crear los metadatos, El Recetario IDE, 2001 dice "Crear Metadatos correctos es como aplicar la catalogación de una biblioteca excepto que es necesario tener más información científica acerca de que hay detrás de los datos para documentarlos apropiadamente" (El Recetario IDE, 2001).

La confección de un metadato exitoso es una tarea interdisciplinaria. Por un lado debe intervenir el creador de los datos, aportando la información necesaria, y por otro el documentalista, que es quien tiene los conocimientos necesarios para hacer una descripción correcta.

Por ello, la confección de un metadato exitoso es una tarea interdisciplinaria. Por un lado debe intervenir el creador de los datos, aportando la información necesaria, y por otro el documentalista, que es quien tiene los conocimientos necesarios para hacer una descripción correcta.

## PASOS PARA LA CREACIÓN DE METADATOS GEOGRÁFICOS

Al crear los Metadatos institucionales, debemos seguir ciertos pasos y tomar algunas decisiones:

- Definir exactamente que datos serán documentados
- Seleccionar un perfil de la Norma que se adapte a nuestras necesidades
- Compilar la información sobre el conjunto de datos
- Crear el archivo o repositorio digital que contendrá los datos ordenados adecuadamente para su consulta y recuperación, es decir una Base de Datos
- Verificar que la información obtenida describe a los datos correcta y completamente

Recordemos que los diferentes estándares y normas lo son de contenido, es decir que no nos indican la disposición de los metadatos en los archivos de la computadora, tampoco nos indica como será el formato de salida o ingreso de los metadatos, solamente la información que debe contener.

Nos enfrentamos así a dos opciones: crear una Base de Datos, según nuestras necesidades y algún mecanismo que verifique el llenado de los campos obligatorios, o recurrir a uno de los Editores de Metadatos, libres o propietarios, que hay disponibles, lo que constituye la opción más eficiente.

Existe un número considerable de Editores de Metadatos Geográficos, por lo que, a la hora de seleccionar una herramienta de catalogación deberán considerarse los siguientes aspectos:

- Estándares empleados para la implementación de metadatos.
- Facilidad para establecer los perfiles documentales que la Institución considere necesario.
- Interfase amigable para el usuario.
- Ser multilingüe.
- Plataforma de desarrollo a utilizar.
- Enlace con Sistemas de Gestión de Base de Datos (DBMS).
- Si la herramienta fue diseñada para servicios web o es únicamente de escritorio.
- Confiabilidad y soporte técnico.
- Costos.

Algunos de estos editores son:

- Herramientas y software libre: Geonetwork, CatMDEdit, MetaD, IME (INTA), M3Cat, Balance
- Herramientas propietarias: ArcCatalog, Geomedia Catalogue
- Cada uno presentando sus diferentes características y dificultades

## LA EXPERIENCIA DEL SERVICIO GEOGRÁFICO MILITAR

El SGM comenzó a trabajar en el tema a partir del año 2004, con un equipo formado por dos personas y con el objetivo de desarrollar un modelo de Metadatos Institucional y confeccionar aquellos que corresponden a la Cartografía Analógica desarrollada por la Institución hasta ese momento.

### ¿Cuál fue la evolución de las tareas de este equipo?

En el año 2005 se trabajó sobre los estándares ISO 19.115 y FGDC, optando por éste último, pues ofrecía, en aquel momento, un mayor desarrollo y existían Editores ya desarrollados. Se confeccionaron los primeros modelos de Metadatos y se realizó la colecta de los datos necesarios para cumplir los objetivos del 2004.

Se optó por el Software tkme, que desarrolla metadatos en el estándar FGDC, versión STD-001-1998 como editor de Metadatos y un nivel de exploración.

En el año 2006 se desarrolló el Servidor de Metadatos en base a software open source sobre plataforma Linux, con el Protocolo: Z39.50 (ISO 23950), para el sistema indexador y herramientas de comunicación.

Se logró la puesta a disposición en Intranet de los primeros Metadatos.

Para el 2007 se habilitó en INTERNET, la consulta al Servidor de Metadatos por parte de los Usuarios y se analizó la migración al Formato ISO 19115.

En el año 2008, se encontraban en el Servidor, los Metadatos correspondientes a la cartografía analógica en Escalas: 1:20.000 (Carta de 1920), 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 y 1:200.000

### ¿Cómo era el proceso de generación de estos Metadatos?

1. Colecta de Datos: del propio documento y de los antecedentes del trabajo. En este paso intervienen directamente los productores de la información
2. Creación de la plantilla: generada por los Gestores del Servicio de Catálogo, sobre ella el productor de los datos volcará la información necesaria.
3. Se transfieren los metadatos generados al Gestor del Servicio de Catálogo, que verifica su exactitud, sintáxis y los complementa.
4. Se envían al Administrador del Catálogo, para su inclusión en el Servidor de Metadatos.

Actualmente el Servicio se encuentra en pleno proceso de migración al estándar ISO.

A partir de Mayo del corriente año se encuentra disponible un nuevo buscador de Información Geográfica, desarrollado con el software Geonetwork, que nos permite integrar, en un mismo buscador, metadatos en diferentes estándares, de forma que no

solamente se accede a la información sobre cartografía actualmente en uso, sino también, al fondo bibliográfico de nuestra mapoteca - biblioteca, al Diccionario Geográfico de Orestes Araujo, 2da. Edición y a fotografías patrimoniales de la Institución. A través de éste nuevo buscador, comenzamos nuestra incursión en la web 2.0. (figura 3)

Con el cambio de tecnología, el proceso de generación se ha simplificado: Se realiza la colecta de datos por parte de los productores de información, de la misma manera que en el proceso anterior, pero la confección del Metadato en sí, es realizada por los operadores de Metadatos y el Gestor del Servicio de Catálogo, trabajando directamente sobre el Servidor de Internet, con lo que en solamente dos pasos se llega a la publicación.

Un punto que siempre se discute al hablar de Metadatos, es acerca de quien debe confeccionarlos. Nuestra experiencia en la creación de Metadatos nos ha demostrado que la mejor forma es a través de un equipo que integre especialistas en Documentación y productores de Información Geo-espacial.

## CONCLUSIONES

Llegada la hora de instrumentar un servicio de metadatos, no existe una única solución. Las necesidades de cada institución marcarán el nivel de información que tendrán los metadatos de sus datos geo-espaciales. Es importante, sin embargo, llegar a un entendimiento, para que la información brindada satisfaga las necesidades de los usuarios de la información.

La normalización internacional nos lleva a que la mejor opción es adoptar perfiles de la Norma ISO 19.115.

La experiencia recogida por el SGM, a lo largo de seis años de trabajos, nos indica que la mejor manera de instrumentarlos es a través de un equipo interdisciplinario

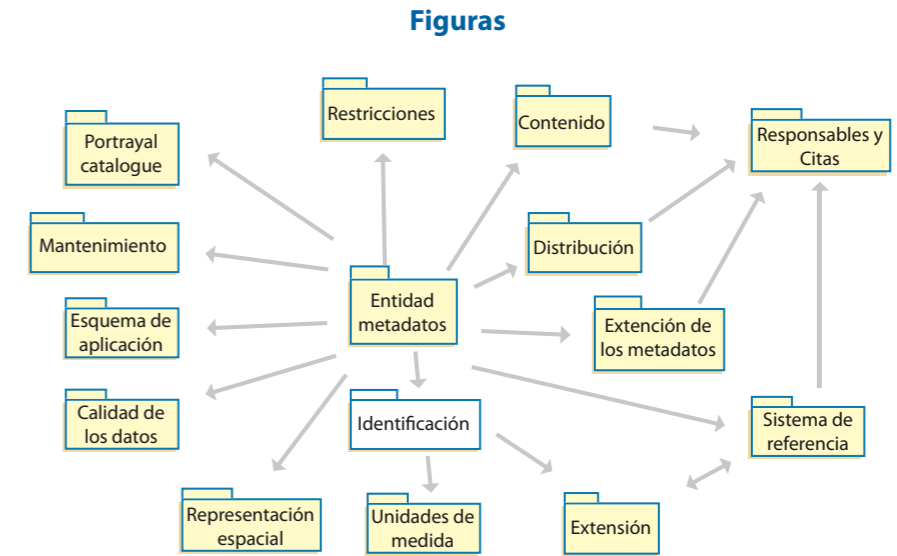


Figura 1

Título del Conjunto de Datos	Tipo de Representación espacial
Fecha de Referencia	Sistema de Referencia
Parte Responsable del C. de Datos	Linaje
Localización geográf. del C. de D.	Recurso en Línea
Idioma del C. de Datos	Id. del Fichero de Metadatos
Conjunto de caracteres del C. de D.	Norma de Metadatos
Categoría del tema del C. de D.	Versión de la Norma de Metadatos
Resolución espacial del C. de D.	Idioma de los Metadatos
Resumen Descriptivo	Conj. de caracteres de los Metadatos
Formato de Distribución	Pto. de Contacto para los Metadatos
Extensión vert. y temp. del C. de D.	Fecha de Creación de los Metadatos

Figura2 : Núcleo de la Norma ISO 19.115



Figura 3: Buscadores de Información Geográfica del SGM

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

GSDI (2001) "The SDI Cookbook", versión 1.1, [s.l. : s.n.]

RUIZ FRANCO, Blanca (s.f.) I. D. E. "Nuevas exigencias y aportaciones desde el Medio Ambiente: Los Metadatos, primer paso en la creación de una I. D. E." [Presentación digital en la Jornada I. D. E. Murcia]

## BIBLIOGRAFÍA

BRAVO COMERÓN, María José ; RODRÍGUEZ ALCALÁ , Carlos. "La Documentación y el Dublin Core" [Presentación digital en Curso de Infraestructura de Especialista en Infraestructura de Datos Espaciales, UPM]. – Madrid : Latingeo, 2010

## SÍNTESIS BIOGRÁFICA

**Diana Comesaña**, nacida en Montevideo en 1960.

Es Licenciada en Bibliotecología en la EUBCA de la Universidad de la República en el año 2009. Realizó el curso de "Infraestructura de Datos Espaciales" en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía de la Universidad Politécnica de Madrid en el mismo año.

Participó en 2008 en el curso Ha participado en Idiferentes talleres de Metadatos, como por ejemplo: "Gestión de Metadatos Geográficos" llevado a cabo en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, de Colombia, y en diversos talleres sobre la materia, como por ejemplo, el curso taller de Geonetwork, organizado por el Proyecto C: "Desarrollo de instrumentos para el monitoreo ambiental y territorial", del Programa Piloto "Unidos en la Acción" de Naciones Unidas – OPP, en el 2009.

Ha dictado talleres sobre Metadatos Geográficos en el SGM y, como colaboradora, en el curso de educación permanente "Software para el profesional de la Información" ha tenido a su cargo el módulo de Datos Geográficos (EUBCA – UDELAR)

Hasta setiembre del presente año ha sido Encargada de Metadatos y de la Mapoteca del SGM. Actualmente se halla al frente de las Bibliotecas (Centros ERMA) del Colegio y Liceo Elbio Fernández (Maldonado 1381)

Es responsable del blog "Metadatos Geográficos"

<http://metadatosdeco1960.blogspot.com/>.

## SERVICIOS OGC, CONCEPTOS BÁSICOS Y EXPERIENCIAS DEL SGM EN EL DESARROLLO DE ESTOS SERVICIOS DENTRO DEL MARCO DE LA IDE-URUGUAY.

Mayor Juan Croquis (A/P)

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

A/P. Silvina Lizardi

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

Servicio Geográfico Militar

## RESUMEN

La Infraestructura de Datos Espaciales de Uruguay, tiene por objetivo integrar, a través de Internet, la información geográfica, metadatos y servicios a nivel nacional facilitando a los usuarios potenciales el acceso a los mismos.

En los últimos años la tecnología de la información Geográfica ha ido evolucionando hasta llegar a nuestros días. Es en este sentido, que dentro del marco de la implementación de la Infraestructura de Datos Espaciales, se han desarrollado diferentes geoservicios, basados en estándares ISO y especificaciones del Open Geospatial Consortium.

El Servicio Geográfico Militar (SGM), desde el año 2006, ha venido incursionando en estas tecnologías de la información geográfica para publicar sus datos a través de Internet. El objetivo institucional es poner a disposición de la sociedad, la información geográfica necesaria del territorio para diferentes usos y aplicaciones.

La presentación tiene por finalidad compartir e informar los avances del SGM en cuanto a la implementación de los servicios OGC, así como también las experiencias durante el desarrollo de los mismos.

**Palabras claves:** OGC, WMS, WFS, WCS, ISO, SGM, Uruguay

## INTRODUCCIÓN

El SGM desde su creación el 30 de mayo de 1913 en cumplimiento de su misión, ha confeccionado la cartografía del país por métodos tradicionales, en sus diferentes escalas: 1:1.000.000, 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000, 1:25.000, que abarca todos los objetos geográficos a nivel nacional representables a cada escala.

En la actualidad y acompasando los adelantos en tecnología de la información y específicamente en lo relativo a la información geográfica, se han adquirido en estos últimos años equipamientos informáticos, servidores de última generación, nuevas

estaciones de trabajo, una Estación Fotogramétrica Digital, Estaciones Permanente de GPS, software de base de datos, software cartográficos, software GIS, así como también y en forma paulatina se ha ido capacitando al personal en la medida de la disponibilidad de los recursos.

En cuanto a las tecnologías para trabajar con información geográfica se cuenta con las herramientas de SIG y las de IDE, que en resumen son herramientas o sistemas informáticos que permiten manejar, integrar y publicar la información geográfica de interés.

Basados en esta tecnología y en el personal capacitado con el que cuenta el SGM, se dispone en la actualidad de Cartografía Vectorial (digital) en sus diferentes escalas 1:500.000, 1:250.000, 1:50.000, 1:10.000, cabe acotar que dicha cartografía se desarrolla siguiendo las normas internacionales, fundamentalmente las contenidas en el Comité Técnico 211, responsable de todas normas referidas a información geográfica.

Esta cartografía, se encuentra disponible en su sitio web, a través los servicios OGC de publicación de mapas, así como también del visualizador de mapas, el cual permite una variedad de funcionalidades, desde crear su propio mapa con las capas de información a necesidad de cada usuario, hasta realizar consultas e imprimir sus mapas.

## OBJETIVOS

El objetivo de la disertación, es dar a conocer los distintos servicios OGC desarrollados por el Servicio Geográfico Militar.

## INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES (IDE)

Es la sumatoria de políticas, estándares, organizaciones y recursos tecnológicos que facilitan la producción, el acceso y el uso de la información geográfica de cubrimiento nacional, para apoyar múltiples propósitos.

## OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (OGC)

Es un Consorcio internacional fundado en 1994 sin fines de lucro conformado por más de 387 empresas privadas, administraciones públicas y universidades. Su misión es liderar el desarrollo, promoción y armonización de estándares geoespaciales abiertos, facilitando el intercambio de geoinformación.

Los servicios OGC para la IDE permiten compartir información geográfica, y aplicaciones a través de Internet, entre los diferentes organismos, en base a estándares, convirtiéndose en servicios fundamentales de una IDE.

Esto permite que cada productor de información mantenga sus propios datos y que sus actualizaciones se pongan a disposición de los usuarios en forma rápida y transparente. Dentro de las especificaciones más importantes de OGC se encuentran los servicios básicos para la IDE (Web Map Service, Servicio de Gazetteer y Servicio de Catálogo) y otras especificaciones como Web Feature Service, Web Coverage Service y Geographic Markup Language (formato para el modelaje, almacenamiento y transporte de información vectorial)

## SERVICIOS BÁSICOS PARA LA IDE

### Web Map Service (WMS)

Es un estándar para publicar cartografía en Internet definido por OGC, que permite visualizar información geográfica georreferenciada a través de la web. Al hacer una petición por parte del cliente (software GIS o desde navegador web) al servidor WMS, éste como respuesta devuelve un mapa en formato de imagen.

### Servicio de Gazetteer

Permiten la búsqueda de datos georreferenciados en base al topónimo al que están asociados, o bien a la búsqueda de los lugares ubicados en una determinada localización geográfica (coordenadas, área o división administrativa).

### Catálogo (CSW)

Permite la publicación y el acceso a catálogos digitales de metadatos y servicios geoespaciales. Los servicios de los catálogos representan las características de los recursos que pueden ser consultadas. Se definen interfaces para realizar operaciones de servicios, descubrimientos y gestión.

## SERVICIOS COMPLEMENTARIOS

### Web Feature Service (WFS)

Es un servicio que define operaciones que permiten obtener objetos geográficos y manipular datos. Dentro del estándar se definen dos niveles de funcionalidad: Un servicio básico (de solo lectura) y otro Transaccional el cual permite realizar operaciones sobre los datos (insertar, modificar o borrar).

### Web Coverage Service (WCS)

Es un servicio que facilita el acceso a datos geoespaciales en forma de coberturas, permitiendo el acceso a los atributos de los píxeles.

## EXPERIENCIAS DE SERVICIOS OGC EN EL SGM

A partir del año 2006 se ha avanzado en la implementación de servicios web geográficos basados en los estándares OGC.

En los inicios, para publicar información geográfica en Internet, se investigaron diferentes implementaciones de visualizadores, utilizando para el primer desarrollo Mapserver, como servidor de mapas y como cliente una plantilla HTML con llamadas al servidor.

Posteriormente se probaron otros desarrollos más avanzados, resolviéndose utilizar el Framework pmapper como visualizador, por ser el que nos brindaba las mayores prestaciones para nuestros fines en esa época, y la posibilidad de extender sus funcionalidades.

Con el desarrollo a nivel nacional de los Sistemas de Información Geográfica, y en los inicios de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) de Uruguay, se implementaron los primeros servicios OGC, con cartografía escala 1:1000.000, publicados desde el centro de procesamiento de datos del SGM.

En el sitio web del SGM se puede acceder al visualizador de mapas que contiene capas de información geográfica a diferentes escalas (1:1.000.000, 1:50.000, 1:10.000) tanto en formato vectorial como ráster, donde además se integran servicios WMS de otras instituciones así como los servicios WMS propios del SGM.

### WMS

Dentro de los servicios WMS que se han publicado, se encuentran:

- Cartografía básica a escala 1:1.000.000
- Mosaico de imágenes satelitales
- Cartas topográficas escala 1:50.000 con modelo digital 30 mts.
- Cartografía urbana de capitales departamentales a escala 1:10.000.

Esta información proviene de la base de datos geográfica del SGM que fue diseñada contemplando los estándares internacionales de información geográfica.

### WFS

Hasta la fecha se publicó el WFS con la cartografía básica escala 1:1.000.000, además se implementó una aplicación para descarga de datos a través de WFS, en la cual se selecciona de una lista el servicio que se desea, la aplicación devuelve todos los objetos que están disponibles para descarga. Los archivos se descargan en formato estándar GML.

### WCS

Se implementó el servicio WCS conteniendo el Mosaico de Punta del Este, en color del año 2001 y el modelo digital de elevación de 30mts.

### Servicio de Gazetteer

Se encuentra en desarrollo un proyecto piloto de éste servicio, con la información del departamento de Tacuarembó, escala 1:50.000.

### Catálogo (CSW)

Se implementó a través del software Geonetwork el servicio CSW para búsqueda de datos.

El Geonetwork es una aplicación de catálogo de metadatos geográficos basado en web. Permite la creación de metadatos según los estándares: ISO, FGDC y Dublín Core, la administración, búsqueda, publicación, distribución y el acceso a mapas interactivos desde servicios WMS.

En nuestro catálogo se han ingresado metadatos en diferentes estándares (ISO 19115, Dublín Core, FGDC).

## PUBLICACIÓN

En la web del SGM (<http://www.sgm.gub.uy>) se publican las URL de los servicios antes mencionados.

Cartografía Vectorial Escala 1:10.000 (Capitales Departamentales)	
Artigas	<a href="http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UYAR.cgi">http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UYAR.cgi</a>
Canelones	<a href="http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UYCA.cgi">http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UYCA.cgi</a>
Colonia del Sacramento	<a href="http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UYCO.cgi">http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UYCO.cgi</a>
Durazno	<a href="http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UYDU.cgi">http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UYDU.cgi</a>
Florida	<a href="http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UYFD.cgi">http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UYFD.cgi</a>
Paysandú	<a href="http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UYPA.cgi">http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UYPA.cgi</a>
Treinta y Tres	<a href="http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UYTT.cgi">http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UYTT.cgi</a>
Salto	<a href="http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UYSA.cgi">http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UYSA.cgi</a>

Cartografía Vectorial Escala 1:1.000.000	
Cobertura Nacional	<a href="http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/SGMVectorial.cgi">http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/SGMVectorial.cgi</a>

Cartografía Ráster	
Cartas Topográficas escala 1:50.000	<a href="http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/SGMRaster.cgi">http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/SGMRaster.cgi</a>

Mosaico de Imágenes Satelitales	
Cobertura Nacional	<a href="http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UY_Landsat.cgi">http://servicios.sgm.gub.uy/servicios/UY_Landsat.cgi</a>

Estos servicios se pueden invocar con los diferentes software GIS que implementen clientes IDE (ej. gvSIG, ArcGIS, Qgis, Mapserver, etc.).



## CONCLUSIÓN

En la actualidad, los avances significativos en la implementación de IDE URUGUAY, así como los ejemplos de IDE de otros países, colocan a los servicios OGC como una de las herramientas fundamentales a la hora de compartir e integrar la información geográfica a través de Internet, necesaria para la toma de decisiones tanto a nivel del Estado como de privados.

La implementación de los servicios OGC del SGM implicó un esfuerzo en disponer los medios informáticos necesarios, además de la capacitación de los recursos humanos existentes.

La experiencia en el desarrollo de estos servicios fue positiva, ya que como organización productora de información geográfica, nos permitió brindar a la sociedad a través de internet, cartografía de calidad, actualizada y basada en estándares.

## BIBLIOGRAFÍA

Página Web Mapserver, 27-08-2010

<http://mapserver.org>

Desarrollo de Infraestructura de datos Espaciales: The IDE Cookbook Versión 2.0 (2004) editado por Douglas Nebert, traducción al español por el grupo MERCATOR, 27-08-2010

<http://redgeomática.rediris.es/metadatos/publica/recetario/html/>

Página Web de la Infraestructura de Datos de España, 01-09-2010

<http://www.idee.es>

Página Web del Open Geospatial Consortium, 26-08-2010

<http://www.opengeospatial.org>

Informe de subgrupo de Datos Espaciales IDE (2006), 01-09-2010

<http://www.agesic.gub.uy/innovaportal/v/784/1/agesic/documentacion.html>

## RESEÑA BIOGRÁFICA

**Mayor Juan Croquis**

Licenciado en Ciencias Militares – Instituto Militar de Estudios Superiores

Analista Programador – Universidad ORT

Experto Universitario en Sistemas de Información Geográfica - Universidad Internacional de Andalucía –España.

Jefe de la División Cartografía y Fotogrametría del Servicio Geográfico Militar.

Instructor del uso de software de Sistema de Información Geográfica en el Instituto

Militar de Estudios Superiores.

Asesoramiento Técnico en Geomática.

Diplomado de Estado Mayor- Instituto Militar de Estudios Superiores

El CV completo y forma de contacto puede solicitarse.

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

**Silvina Lizardi**

Analista Programador y estudiante de la Licenciatura en Sistemas, Universidad ORT.

Encargada Geoservicios Web en el Servicio Geográfico Militar.

## SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL

Ana Alvarez  
analvarez@mvtoma.gub.uy

Leticia Suárez  
Myriam Montero  
Virginia Pedemonte  
Astrid Sánchez  
Freddy Muñoz  
Adriana Cabrera

Colaboradores  
Ana Lawlor  
Carolina Maneiro  
Pablo Pereyra  
Tania Turren  
Stefanía Patrone  
Andrea Blanco  
Alicia Moreno  
Victor Germán  
Fernando Maulella  
Nestor Lopez  
Federico Gallego

### Dirección Nacional De Ordenamiento Territorial MVOTMA

#### RESUMEN

Contar con un sistema de información integral con información significativa al Ordenamiento Territorial, permite promover la mejora de la gestión en el MVOTMA, el intercambio de información por medios remotos con otras Instituciones y la participación ciudadana.

El Sistema de Información Territorial se está implementando mediante distintos componentes:

- a. La gestión integrada de la Información Geográfica desde un servidor de mapas.
- b. La implementación de soluciones para distinto tipo de usuarios a la interna

del MVOTMA

- c. La conexión remota con otras instituciones, en particular las Intendencias.
- d. La publicación vía web de información relevante.

Todo ello basado en tecnologías de sistemas de información geográfica e implementado mediante soluciones estandarizadas, siguiendo los lineamientos de la IDEuy. La estandarización de las soluciones nos permite la utilización de distinto tipo de herramientas (propietarias y open source) y la interoperabilidad, tanto a la interna del SIT como con otras instituciones.

El SIT será un componente del Sistema Nacional de Información Ambiental (SISNIA). El SISNIA proveerá información significativa orientada a los ciudadanos y a la toma de decisiones relacionadas con el agua, el ambiente y el territorio. El proyecto tiene como foco el desarrollo de una infraestructura y herramientas para compartir la información entre organismos e instituciones. El núcleo del SISNIA estará conformado por los Sistemas de Información de DINAMA, DINASA y DINOT integrados.

#### A) OBJETIVO

Desarrollo de un sistema de información integral para distinto tipo de usuarios, que promueva la mejora de la gestión en el MVOTMA a todos los niveles, el intercambio de información por medios remotos con otras Instituciones y la participación ciudadana. Esto se logra mediante cuatro componentes:

1. **Arquitectura:** La gestión integrada de la Información Geográfica desde un servidor de mapas.
  - Servidor de mapas –en base a software ArcGISServer. Permite llevar una administración centralizada de la información geográfica y crear aplicaciones web y servicios para acceder a toda la funcionalidad SIG disponible.
  - Infraestructura de Metadatos – Geonetwork como módulo para la gestión de metadatos
2. **Información**
  - Bases de datos espaciales – La información que se está poniendo a disposición es la cartografía base de la IDE y cartografía temática propia y producida por otras instituciones. Con el fin de gestionar integradamente los datos geográficos se está utilizando la Información Geográfica desde una base de datos geográfica y desde una carpeta accesible desde la red interna.
3. **Gestión** - Soluciones para distinto tipo de usuarios a la interna del MVOTMA, el sistema busca contemplar las necesidades de distintos perfiles de usuarios:
  - Usuarios ligeros: desarrollo de aplicaciones de mapas web accesibles desde cualquier explorador

- Usuarios con conocimientos de SIG: acceso a información a través de software de escritorio gvSIG, que permite análisis y procesamiento de información.
  - Usuarios productores de información y servicios: acceso y producción de información y servicios de geoprocésamiento y servicios web a través de ArcGServer.
4. **Interoperabilidad y difusión** - La conexión remota con otras instituciones, en particular las Intendencias y la publicación vía web de información relevante.
- Hacia fuera, el sistema busca constituirse en un nodo que permita el intercambio remoto de información con otras Instituciones y el acceso por parte de la ciudadanía de información relevante de Ordenamiento Territorial.

## B) EN EL MARCO DE...

### Infraestructura de Datos Espaciales de Uruguay (IDEuy)

Iniciativa de Presidencia, alojada en AGESIC la cual busca poner en funcionamiento un marco de políticas, disposiciones institucionales, tecnologías, datos y personal para que sea posible compartir y utilizar con eficacia la información geográfica.

### Sistema Nacional de Información Ambiental (SISNIA)

El SIT será un componente del Sistema Nacional de Información Ambiental (SISNIA) alojado en el MVOTMA. El SISNIA proveerá información significativa orientada a los ciudadanos y a la toma de decisiones relacionadas con el agua, el ambiente y el territorio.

El proyecto tiene como foco el desarrollo de una infraestructura y herramientas para compartir la información entre organismos e instituciones. El núcleo del SISNIA estará conformado por los Sistemas de Información de DINAMA, DINASA y DINOT integrados.

## C) ARQUITECTURA

El Sistema basa su arquitectura en un modelo mixto con estaciones de trabajo para edición geográfica y clientes web geográficos para visualización de mapas e información asociada.

La arquitectura de la solución cuenta con dos servidores principales, uno de bases de datos y otro de aplicaciones, alojados en una zona protegida. Mediante conexiones Internet/Intranet se accede a las aplicaciones web o geodatabases.

- Servidor de aplicaciones –en base al software ArcGISServer. Permite llevar una administración centralizada de la información geográfica y crear aplicaciones web y servicios para acceder a toda la funcionalidad SIG

disponible.

- Servidor de bases de datos, en base a SQL
- Infraestructura de Metadatos – Geonetwork como módulo para la gestión de metadatos, de manera de hacer accesible la documentación geográfica en forma estructurada y organizada.
- Por otra parte se cuenta con un servidor de uso interno al MVOTMA para desarrollo y acceso interno a información geográfica.

## D) INFORMACIÓN

El SIT DINOT centraliza una serie de aplicativos o subsistemas internos al SIT, y se vinculan por medio de distinto tipo de servicios a otros proyectos del MVOTMA o de otras instituciones:

### 1.PROYECTOS

#### Nombre: Inventario Nacional de Ordenamiento Territorial

**Objetivo:** facilitar el acceso y la consulta de una síntesis de de los Instrumentos de Ordenamiento Territorial y de estudios territoriales y permitir la visualización de su expresión geográfica o territorial.

**Descripción:** A efectos de facilitar la coordinación interinstitucional y compatibilizar instrumentos de relevancia territorial, la Ley 18308 de junio de 2008 crea en la DINOT el Inventario Nacional de Ordenamiento Territorial. Este cuenta con:

- una aplicación para el registro de Instrumentos vía web de acuerdo con los lineamientos de la iniciativa para el Gobierno Electrónico
- una aplicación desktop para georreferenciar los Instrumentos
- una aplicación web que permita visualizar y consultar la información en la web, utilizando mapas interactivos y archivos HTML para los reportes.
- Información: Instrumentos de Ordenamiento Territorial, Categorización del Suelo vigente, Instrumentos en Elaboración y principales estudios de

#### Nombre: Cartografía del Hábitat Social

**Objetivo:** Desarrollar un registro del hábitat social para todo el territorio nacional, apoyado en la tecnología de Sistemas de Información Geográfica, que sirva como herramienta para optimización de la gestión de las políticas de desarrollo y sociales y permitir la visualización de la expresión territorial de estos fenómenos.

**Descripción:** Abarca la localización e información de los conjuntos habitacionales de promoción pública, asentamientos irregulares, y la territorialización de los principales indicadores socioeconómicos de la población. El objetivo es desarrollar un Sistema de Información al servicio del Ordenamiento Territorial, que sirva como herramienta para la coordinación territorial de las políticas urbanas y sociales.  
Información:

- La capa de conjuntos habitacionales surge de información aportada por el MVOTMA, MEVIR y BHU.
- Los asentamientos irregulares son los del relevamiento 2006 del INE actualizada al día de hoy con información del PIAI y del informe Couriel – Cecilio.
- Los indicadores socioeconómicos son en base al censo 2006 y al Marco censal 2004.

**Nombre:** Observatorio del Territorio

**Objetivo:** Implementación de un Observatorio del Territorio

**Etapas piloto con proyecto OneUN:** Sistema de Indicadores Costeros

**Descripción:** Junto a DINAMA y EcoPlata se construyeron indicadores de desarrollo sostenible socioeconómicos, ambientales y territoriales nacionales y para el ámbito de aplicación de la Directriz Nacional del Espacio Costero.

**Información:** Indicadores socioeconómicos, territoriales y ambientales.

## 2. PRODUCCIÓN DE INFORMACIÓN TERRITORIAL

**Objetivo:** Generar la información geográfica necesaria para contar con un Sistema de Información Territorial adecuado a las necesidades de la DINOT y el MVOTMA.

Producto **Cobertura del Suelo:** Junto a DINAMA, y RENARE se produjo la capa de Cobertura del Suelo para todo el país, con el Sistema LCCS de FAO, en base a imágenes Landsat del 2007 y 2008.

Producto **Conjuntos Habitacionales de Promoción Pública:** En el marco del proyecto Cartografía del hábitat social se georreferenció los conjuntos habitacionales de todo el país financiados por MVOTMA, MEVIR, Intendencias y BHU.

Producto **Indicadores Territoriales:** En el marco del proyecto Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible

Producto **Instrumentos de Ordenamiento Territorial:** Capas generada en el marco

del proyecto Inventario Nacional de OT. Se georreferenciaron los Instrumentos de Ordenamiento Territorial vigentes, los Instrumentos en elaboración y principales Estudios de relevancia territorial.

Producto **Licitaciones DINAVI:** capa generada a partir de información de DINAVI, para uso del Departamento de Obras

Producto **Garantía de Alquileres:** capa generada a partir de información de DINAVI, para uso del Fondo Garantía de Alquileres.

## 3. INFORMACIÓN DISPONIBLE

La información que se está poniendo a disposición es:

**Carto base** – puesta a disposición por la iniciativa IDEuy

**Carto temática** – propia o generada por otras instituciones, según los siguientes temas:

- Ambiente
- Hábitat
- Producción

Se está utilizando la Información Geográfica desde bases de datos geográficas y desde una carpeta accesible a través de la red interna.

## 4. CÓMO SE ACCEDE A LA INFORMACIÓN

### Intranet

- a aplicaciones de mapas web y servicios
- a geodatabases
- a carpeta Cartografía – a capas en formato shape file o información raster

### Web

- a aplicaciones de mapas web o servicios WMS  
<http://www.dinama.gub.uy/sia/dinot/ags/xxx/>

## E) ACCIONES PREVISTAS

Se continúan las líneas de trabajo anteriores:

- Consolidación del SIT DINOT, en coordinación con el SIA

- Integración al SISNIA, manteniendo las especificidades propias del Ordenamiento Territorial, pero como parte del SISNIA .
- Difusión desde el SISNIA

Ya consolidado el SIT DINOT se incorporará en coordinación con el SISNIA la implementación de cuatro líneas de acción:

- 1. Integración al SISNIA.** Implementar el Sistema de Información Ambiental Federado
- 2. Implementación de Nodo periférico: IDE.** Servir la información producida por DINOT a la IDE por medio de servicios web.
- 3. Interacción con Nodos Locales.** Implementar IDE corporativas mediante la interacción con otras instituciones, en particular las Instituciones generadoras de Instrumentos de Ordenamiento Territorial, como las Intendencias.
- 4. Publicación en la web.** Difusión vía web de la Información Territorial. Poner a disposición de la ciudadanía información relevante de Ordenamiento Territorial, promoviendo la participación ciudadana y la transparencia.

## F) BIBLIOGRAFÍA

DIACT, 2009. Observatoire des territoires - Dynamiques et développement durable des territoires La Documentation française  
 ESRI, 2007. Designing Geodatabases: Case Studies in GIS Data Modeling  
 Tyler Mitchell, 2008. Web Mapping Illustrated: Using Open Source GIS Toolkits

## G) RESEÑA BIOGRÁFICA

### Ana Álvarez

Arquitecta, graduada en la Universidad de la República, Uruguay, con especialización en SIG, y Desarrollo Regional y Local en la Universidad Católica del Uruguay y CLAEH. Actualmente trabaja en el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, como Coordinadora del Departamento de Monitoreo e Información Territorial de la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial. Es integrante del Grupo de Trabajo de Infraestructura de Datos Espaciales (GTIDE) de AGESIC

## HACIA LA IMPLEMENTACIÓN DE NODOS PERIFÉRICOS IDE

Sergio Acosta y Lara  
 sacosta@dntopografia.gub.uy

**Dirección Nacional de Topografía  
 Ministerio de Transporte y Obras Públicas  
 URUGUAY**

## RESUMEN

Se presenta una propuesta de implantación de nodos IDE de modo de probar la aplicabilidad del modelo de Infraestructura de Datos Espaciales para Uruguay propuesto desde el GTIDE (Grupo de Trabajo sobre Infraestructura de Datos Espaciales de la AGESIC –Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información-). Se trata de aplicar todo el proceso que posibilita que una capa de información geoespacial fundamental esté disponible a través del geoportal del Estado Uruguayo, desde su captura y generación hasta su publicación en el servicio de visualización de mapas de dicho geoportal y su disponibilidad a través de servicios OGC –Open Geospatial Consortium- (estándar WMS –Web Map Service-, WFS –Web Feature Service-, CSW –Catalogue Services for the Web-, eventualmente otros).

Se intenta probar la aplicabilidad del modelo a través de un proyecto piloto partiendo de una de las capas de información espacial (red vial no urbana) correspondiente a un departamento, generadas por el Proyecto C del Programa Piloto “Unidos en la Acción” del Sistema de Naciones Unidas y la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP) junto con el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), Ministerio de Defensa Nacional (MDN) y UNESCO.

El objetivo subyacente del proyecto es la implementación de nodos de la IDE según el modelo que se pretende aplicar. Los nodos de la IDE alimentarán al geoportal del Estado Uruguayo (nodo central) con información geoespacial, de manera distribuida y remota, y respetando determinadas condiciones. Desde dicho geoportal se la podrá visualizar, consultar y acceder a ella mediante servicios OGC.

El grado de madurez alcanzado por la iniciativa IDE de Uruguay justifica la formulación del proyecto para que, a modo de catalizador, estimule el desarrollo del modelo IDE de manera generalizada, probando su aplicabilidad así como sus beneficios.

**Palabras Clave:** IDE, Información territorial, Nodo periférico, Accesibilidad, Coordinación, Geoportal

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo propone ensayar la aplicabilidad del modelo de Infraestructura de Datos Espaciales futuro para Uruguay poniendo el foco en la implementación y desarrollo de nodos periféricos. Para ello se propone aplicar todo el proceso necesario para posibilitar la disponibilidad de una capa de información geoespacial fundamental a través del geoportal del Estado Uruguayo, desde su captura y generación hasta su publicación en el servicio de visualización de mapas de dicho geoportal y su disponibilidad a través de servicios OGC –Open Geospatial Consortium- (estándar WMS –Web Map Service-, WFS –Web Feature Service-, CSW –Catalogue Services for the Web-, eventualmente otros).

El modelo de Infraestructura de Datos Espaciales para Uruguay propuesto por el GTIDE permitirá visualizar, buscar, consultar y acceder a información territorial documentada, dinámica y descentralizada (desde el geoportal bajo la órbita de AGESIC), mediante la aplicación de estándares (fundamentalmente geográficos) mundialmente aceptados. La información a incluir en dicho geoportal conforma lo que se ha dado en llamar Conjunto de Datos IDE –fundamentales, básicos y de valor agregado-, cada uno alojado en los denominados Nodos Periféricos, actualizados y con metadatos estandarizados, y con protocolos definidos para la integración a la IDE.

Una de las capas de información que componen el Conjunto de Datos IDE refiere a la red vial del país. El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), a través de la Dirección Nacional de Topografía (DNTop.), ha venido actualizando dicha información, por lo que se propone tomar dicha capa de información de modo de probar la aplicabilidad del modelo de IDE futuro en un caso concreto. La propuesta apunta a la implantación de un nodo periférico en el MTOP, gestionado desde la DNTop., pero ensayando alternativas en cuanto a compartir la responsabilidad respecto del mantenimiento, custodia, actualización, administración y/o gestión de la capa de información en cuestión.

El trabajo se estructura en 4 secciones: una primera sección en la que se contextualiza el trabajo que se presenta; una segunda sección en la que se delinea el marco conceptual sobre el que se apoya la propuesta; una tercera sección en la que se detallan las fases de desarrollo de implementación del nodo periférico; finalmente una cuarta sección en la que se extraen las conclusiones de la puesta en práctica de la propuesta presentada.

## CONTEXTO

La presente propuesta se enmarca en un contexto de redefinición de las políticas públicas respecto del manejo de información espacial. A continuación se hace una breve reseña que permite ubicar el actual trabajo en un contexto más general.

### Proyecto SIGNac

En el año 1995 se toma la iniciativa (desde la DNTop. –MTOP-) de impulsar un proyecto

de alcance nacional denominado SIGNac (Sistema de Información Geográfica Nacional), con el objetivo de desarrollar una IDE (Infraestructura de Datos Espaciales) para Uruguay, siendo su cara más visible el CNDG (Clearinghouse Nacional de Datos Geográficos).

El proceso de gestación de este proyecto fue un desafío sumamente ambicioso para el Uruguay, ya que en ese momento existían menos de diez clearinghouses a escala nacional operativos en el resto del mundo y para Latinoamérica significaba la única experiencia.

Hasta 2005 el proceso de la IDE afrontó las dificultades y discontinuidades comunes a la mayoría de los procesos IDE a nivel mundial (dificultad para coordinar, falta de definición de roles –o superposición de los mismos-, baja sensibilidad institucional, desarrollo fragmentado de los SIGs y las IDE de acuerdo a las disposiciones presupuestarias de cada organismo, resistencia de las organizaciones al cambio, deficiencias en cuanto a la capacitación, formación y desarrollo tecnológico), en parte debido a cómo se había planteado el desarrollo del SIGNac. Se puede afirmar que dos hechos de este proceso han contribuido a aumentar las dificultades. Ellos son: 1) la responsabilidad del desarrollo del proyecto en un único Ministerio; y 2) la concesión a privados de los servicios creados por el proyecto. Esto último tuvo como consecuencia que, en muchos casos, el Estado terminara pagándole a la empresa concesionaria para obtener información territorial del propio Estado. Lo que en un principio tuvo como objetivo facilitar la coordinación y la accesibilidad en cuanto a información territorial terminó obstaculizándola aún más.

### Programa Nacional de Catastro e Infraestructura de Datos Espaciales

A partir de 2005 se constata la necesidad de reformular las políticas referidas al manejo de la información territorial. En junio 2006 se crea por resolución presidencial el Grupo de Trabajo con el objetivo de generar las bases para un Programa Nacional de Catastro e Infraestructura de Datos Espaciales (Grupo Procatastro). Entre sus cometidos se destaca el “...formular las bases para la elaboración de un Plan Estratégico tendiente a la creación de la IDE...” Su constitución es multi-institucional; lo integran: el Director del Servicio Geográfico Militar (MDN), el Director Nacional de Catastro (MEF), el Director General de Secretaría del MEF, el Director General de Recursos Naturales Renovables (MGAP), el Director Nacional de Topografía (MTOP), el Director Nacional de Ordenamiento Territorial (MVOTMA), el Director de la Unidad de Desarrollo Municipal (OPP), un representante designado por la Intendencia Municipal de Montevideo y un representante designado por el Congreso Nacional de Intendentes. Por su integración este Grupo de Trabajo tiene un carácter político. Se forman dos subgrupos, de carácter más técnico: uno, para tratar el tema Catastro, específicamente, y otro, para todo el tema IDE.

### Grupo de Trabajo sobre Infraestructuras de Datos Espaciales (GTIDE)

El subgrupo IDE fue consolidándose como un grupo muy activo, dinámico y generador de propuestas. Paulatinamente ha ido incorporando nuevos integrantes, en un principio a través de invitaciones (a la Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas –UTE-, Obras Sanitarias del Estado –OSE-, Administración Nacional de Telecomunicaciones –ANTEL- y al Instituto Nacional de Estadísticas –INE-, luego también a la Universidad de la República –UDELAR-), posteriormente mediante pedidos expresos de instituciones

que deseaban formar parte de la iniciativa (Banco de Previsión Social –BPS-, Intendencia Municipal de Canelones, la Dirección Nacional de Minería y Geología del Ministerio de Industria, Energía y Minería –MIEM-). Paralelamente ha mantenido vínculos con las demás Intendencias Municipales (mediante reuniones, actividades de capacitación, creación de lista de correo para información, consultas, etc.)

A iniciativa del propio subgrupo IDE se decide integrar la iniciativa IDE a una estrategia más general de gobierno electrónico, en el entendido de que los objetivos de ambas iniciativas son claramente coincidentes. A nivel mundial se suele tratar de iniciativas cuya implementación se encara desde comunidades diferentes (TIC vs. Geo), legislaciones diferentes (atención al ciudadano & TIC vs. planificación territorial, medioambiente), e intereses diferentes (Reforma del Estado vs. Accesibilidad a la IG, por ej.).

La formalización del vínculo con la Agencia para el Gobierno Electrónico y la Sociedad de la Información y del Conocimiento (AGESIC) se produce a dos niveles: por un lado, con la creación del CAHSIG (Consejo Asesor Honorario sobre Sistemas Georreferenciados) en la AGESIC (art. 75 ley 18.362 Rendición de Cuentas 2008), compuesto de manera casi idéntica al Grupo Procatastro; por el otro, con la creación del Grupo de Trabajo sobre Infraestructuras de Datos Espaciales (GTIDE) dentro de la estructura organizativa de AGESIC, que no es otra cosa que la continuación del Subgrupo IDE, ahora dentro de la órbita de AGESIC.

El GTIDE crea 3 subgrupos para trabajar en diferentes temas: 1) Datos, metadatos y estándares, 2) Difusión y capacitación, y 3) Geoportal. De éste último ya existe una versión preliminar a la que se puede acceder en línea:

<http://www.agesic.gub.uy/innovaportal/v/665/1/agesic/IDE.html>

Entre las tareas realizadas por el GTIDE cabe destacar la definición de un Conjunto de Datos Provisorios (CDP), compuesto por capas de información territorial fundamental (provistas por diversas instituciones) que pueden utilizarse de forma combinada. Representa la mejor información territorial disponible en el Estado y la finalidad es poder contar, en un período de transición, con un único juego de capas fundamentales ya existente e interoperable. El GTIDE también realizó propuestas referentes a su accesibilidad, disponibilidad, uso y distribución. Se puede acceder al mismo a través del Geoportal de la IDE:

<http://www.agesic.gub.uy/innovaportal/v/679/1/agesic/Descargas.html>

Otra tarea de relevancia del Grupo fue la elaboración de un Plan Estratégico para la IDE, indispensable para definir una estrategia a mediano y largo plazo para el manejo de información territorial como política de Estado. Dicho plan contiene los lineamientos generales de una propuesta de trabajo tendiente a implementar una IDE para Uruguay y fue elaborado con el fin de ser utilizado como referencia para la formulación de programas y proyectos que se alinearan a una estrategia común e integral.

## MARCO CONCEPTUAL

A nivel mundial, a partir del surgimiento y desarrollo de las llamadas TIC (Tecnologías de la información y la Comunicación), comienza a transformarse el manejo y gestión tradicional de la Información Geográfica (IG). De a poco empieza a consolidarse un nuevo paradigma denominado Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE). Genéricamente se las define como soluciones basadas en redes para proveer acceso fácil, consistente y efectivo a información y servicios geográficos. Su objetivo es respaldar el desarrollo político, económico, social, ambiental y cultural; e incluye la tecnología, las políticas, los estándares, los recursos humanos y las actividades necesarias para llevar adelante tal cometido.

Una IDE implica un marco que, de forma permanente, facilita la efectiva y eficiente generación, distribución y uso de IG requerida entre una comunidad o comunidades. El marco lo constituyen siete componentes interdependientes: juegos de datos (de referencia y otros), marco institucional, políticas, tecnología, estándares, recursos financieros y recursos humanos.

Las IDE son aún un concepto en evolución. Incluye un complejo ambiente digital constituido por una amplia gama de bases de datos espaciales que contiene aspectos de estandarización, estructuras institucionales y tecnologías. Su naturaleza es compleja, dinámica, multidisciplinar y constantemente evolutiva. Generalmente no siguen una trayectoria de desarrollo recta y bien establecida, dada su característica de influenciar y ser influenciadas por el contexto social y cultural sobre el que se desarrollan. Es por esto que en cierto aspecto puede afirmarse que cada IDE es única.

La presente propuesta considera la naturaleza compleja de las IDE. Contrariamente al convencimiento popular de que en la naturaleza lo que prima es la competencia, es la cooperación entre organismos y sistemas lo que ha fortalecido la evolución. De igual manera las IDE se consolidan por la colaboración y coordinación entre actores, debiéndose aún vencer una fuerte cultura de la competencia, la desconfianza y la falta de transparencia. Cuanto más se entiendan a las IDE como verdaderas construcciones colectivas, como proyectos donde los intereses generales priman por sobre los particulares, donde todos los actores se comprometen e involucran fuertemente con la iniciativa, se apropian de la misma y hay un convencimiento fuerte de la utilidad, eficacia y valor de la misma, mayor será el éxito del proceso IDE. La información, como la tecnología, solamente es útil si están presentes el conocimiento y las capacidades necesarias para activar dicha información.

Al ser diseñadas como infraestructuras en red que operan en general sobre ambientes inestables, las IDE se comportan como complejos ecosistemas, cuya resiliencia (la capacidad de absorber perturbaciones, sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionalidad) aumenta con la complejidad del sistema. El modelo de IDE que se pretende aplicarse irá fortaleciendo, consolidando y complejizando con el desarrollo de cada uno de sus componentes. Uno de estos componentes son los denominados nodos IDE. Los nodos de la IDE son fundamentalmente proveedores de información geoespacial (nodos proveedores, periféricos o satélites). ¿Qué significa ser un nodo proveedor de la IDE? Significa alimentar al geoportal del Estado Uruguayo

(nodo central) con dicha información geoespacial, de manera distribuida y remota, y respetando determinadas condiciones. O sea que dicha información debe ser “enviada” desde el nodo hacia el lugar (geoportal IDE de Uruguay) desde donde se la podrá visualizar, consultar y descargar.

Dentro de cada institución candidata a constituirse en nodo de la IDE existe un referente ya designado para representarla frente al GTIDE (Grupo de Trabajo sobre Infraestructura de Datos Espaciales de la AGESIC). Dicho referente suele estar vinculado o pertenecer a una dependencia que maneja información geoespacial. Dicha dependencia posiblemente se convierta en la responsable de gestionar dicho nodo. Lo que se pretende es contar con una propuesta metodológica para el establecimiento de nodos proveedores que sea generalizable a toda la órbita estatal.

En particular el trabajo que se presenta tiene la finalidad de brindar información referente a red vial departamental de forma descentralizada, actualizada, a través de internet mediante la aplicación de las TICs (en este caso a través de un visualizador de mapas desde el geoportal del Estado y servicios OGC, en especial WMS, WFS y CSW, también desde el mismo geoportal) y según el modelo de IDE propuesto. La iniciativa IDE ha elaborado un listado de datos de base (IG que, idealmente, debería contener la IDE de Uruguay) y, partiendo del mismo, se definió un Conjunto de Datos Provisorio (CDP), para que en un período de transición, se pudiese contar con un único juego de capas fundamentales ya existente e interoperable. El modelo de IDE propuesto aspira a ir sustituyendo las capas del CDP por nuevas capas según estándares de calidad, interoperabilidad y cartográficos ampliamente aceptados. Dichas capas, además, paulatinamente dejarán de ser accedidas en la modalidad actual (mediante descarga del archivo original desde un único servidor –localización centralizada- a través del protocolo ftp) para hacerlo de forma distribuida y remota mediante servicios OGC. Se trataría entonces de la primer capa de IG (red vial departamental) que pertenece al mencionado CDP que se brindaría según el nuevo modelo de IDE propuesto.

Complementariamente, se busca incentivar la integración y la cooperación en un ambiente distribuido, al mismo tiempo que facilitar el intercambio de experiencias a través de talleres y documentos de difusión.

## FASES DE DESARROLLO

### Captura y Generación de Información

La Dirección Nacional de Topografía (DNTop.) ha venido desarrollando un plan para la actualización de la capa de información referida a caminería rural, tanto de jurisdicción nacional como la departamental. Dado el importante grado de desactualización que presentan las láminas del Plan Cartográfico Nacional elaboradas por el Servicio Geográfico Militar (Ministerio de Defensa Nacional) que constituyen la base cartográfica del SIGNac., sumado a la obvia importancia que tiene dicha información para el MTOP, se consideró necesario actualizar la mencionada capa de información, tanto en lo que se refiere a su geometría como a la información asociada.

Las tareas de generación y actualización de la red vial nacional (de jurisdicción nacional y departamental) y elementos asociados constaron básicamente del relevamiento mediante técnica de sistema global de navegación por satélites GNSS (GPS) y su procesamiento en gabinete con la utilización de programas informáticos especializados. Podemos distinguir tres etapas en dicho plan de actualización:

- 1. etapa en la que se esboza la metodología (1999-2000)**  
se relevan los departamentos de Colonia y Soriano utilizando una metodología que demostró tener ciertas carencias en cuanto a un aprovechamiento mayor del trabajo que se venía realizando.
- 2. etapa en la que se ajusta y define la metodología (2001-2007)**  
se relevan los departamentos de Canelones, Maldonado, Rocha, Salto, Paysandú, San José y Florida, ya con una metodología más afinada que enriquecía la información recogida. Al no existir financiación específica para dicho trabajo, el mismo se efectuó con cierta discontinuidad, de acuerdo a la disponibilidad del momento en cuanto a recursos humanos y financieros.
- 3. Proyecto C del Programa Piloto “Unidos en la Acción”**  
el primer componente del Proyecto C tuvo como objetivo generar y actualizar dos capas de información fundamental de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE): red vial y cobertura terrestre. El trabajo se realizó según los lineamientos definidos por el GTIDE de la AGESIC. Para la red vial el trabajo estuvo a cargo de la Dir. Nac. de Topografía (MTOP) y el Servicio Geográfico Nacional (MDN), colaborando en las tareas la Dir. Nac. de Vialidad y las Intendencias de todo el país. Este proyecto permitió contar con financiamiento específico para la culminación de la tarea ya empezada.

El relevamiento en sí se efectuó recorriendo todo camino transitable público (excluyendo la red vial urbana) con vehículos propios, dotados de un receptor GPS con antena ubicada sobre el vehículo. Los datos recibidos (señales que determinan un punto con coordenadas x, y, z, configurado para recibir una posición cada 30 metros recorridos y cuya unión conforman las polilíneas equivalentes a la red vial relevada) y posteriormente corregidos diferencialmente (contraste de las posiciones absolutas frente a datos de una base fija) permitieron obtener precisiones que rondan los 2 metros en planimetría.

Los elementos relevados se pueden dividir en 2: lineales y puntuales. Los primeros corresponden a la red vial propiamente dicha (rutas nacionales, caminería rural departamental, caminos vecinales, sendas); los segundos, a su vez, podemos dividirlos en elementos de caminería y elementos aledaños. Los elementos puntuales de caminería relevados consistieron en toda intersección de caminería con hidrografía, existiera o no obra de arte (puentes, alcantarillas, pasos y picadas), viaductos, peajes, balanzas y postes kilométricos (en general múltiplos de 10); los elementos aledaños relevados consistieron en puestos policiales, de policía caminera, de aduana, de bromatología, escuelas rurales y estaciones de servicio.

El resultado obtenido se traduce en tres archivos vectoriales por cada departamento



relevado, correspondientes a:

1. elementos lineales de caminería: caminos, intercambiadores y contorno de centros poblados
2. elementos puntuales de caminería: puentes y viaductos, peajes, balanzas, postes kilométricos, alcantarillas, pasos, picadas
3. elementos puntuales aledaños: escuelas rurales, estaciones de servicio, puestos policiales, aduanas, puestos de bromatología

Cada archivo vectorial cuenta con un archivo de base de datos asociado, con información referente a atributos predefinidos, específicos para c/u de los elementos relevados.

### **Edición vectorial para identificación de tramos**

La información relevada se la somete a un proceso de edición de manera de hacerla actualizable. El mismo consiste en la segmentación de las polilíneas que reperesentan la red vial relevada en correspondencia con las bases de datos utilizadas por los encargados del mantenimiento (físico) de dicha red. Para ello se procede a efectuar una codificación estandarizada de los mismos. De esta manera se pueden identificar los tramos que han sufrido algún tipo de modificación (en su estado de conservación, tipo de pavimento, ancho, etc.) para poder hacer la actualización correspondiente.

En cuanto a los responsables del mantenimiento de la red vial se deben distinguir diferentes situaciones: red vial de jurisdicción nacional cuyo mantenimiento corresponde a la DNV, red vial de jurisdicción departamental cuyo mantenimiento corresponde a las diferentes intendencias, red vial de jurisdicción departamental cuyo mantenimiento corresponde a la DNV según convenios con las intendencias.

En los casos de nuevos tramos o rectificación de trazados la información proviene de las mismas fuentes, a la que se agrega la proveniente de la DNTop.

### **Adaptación de IG al catálogo de objetos**

Siguiendo los lineamientos definidos por el GTIDE de la AGESIC, la información se la adapta al estándar internacional ISO 19110 y 19126 sobre catálogo de objetos, lo que permite convertirla en información interoperable, estandarizada y armonizada. La tarea consiste en la transformación de la información tal cual fue relevada, adoptándola al estándar mencionado.

### **Definición de atributos y estructura de tablas**

Complementariamente a la adaptación a la norma a la que se refiere el ítem anterior, se procede a definir los atributos que se consideran necesarios a los fines propuestos, así como la estructura de las tablas que forma parte de la información relevada

### **Generación de metadatos**

La generación de los metadatos correspondientes se ajusta a lo resuelto por el GTIDE de la AGESIC, por lo que se garantiza la debida documentación de la información manejada.

### **Incorporación de metadatos al catálogo de metadatos**

La creación de un catálogo de metadatos permite una eficiente gestión de la información, que incluye la búsqueda, consulta, descripción de datos y servicios. De esta manera se mejora el acceso a los datos y se facilita la integración de los mismos. Los metadatos generados alimentan el catálogo según estándares internacionales aprobados por el GTIDE (ISO 19115 y 19139; OGC-CSW) y alineándose a la estrategia general planteada para el desarrollo de la IDE de Uruguay

### **Aplicación para visualización desde visor web**

Una vez la información se haya lista para publicar (pronta para ser mantenida y actualizada) se desarrolla la aplicación que permite su visualización a través del visor de mapas del Geoportal (Nodo Central). Esto permite ver, consultar y combinar la información generada con la demás información que se encuentra disponible en el visor. Implementación servicios OGC (WMS, WCS, CSW)

De la misma forma, se implementan los servicios que permiten cargar, de manera remota, la información en un SIG de escritorio, potenciando aún más el uso de la misma. Asimismo se pone en funcionamiento el servidor de catálogo de manera de permitir la búsqueda, consulta y descripción de los datos y servicios brindados.

### **Creación de protocolo de mantenimiento/actualización**

Para el mantenimiento de la información (incluida su actualización) se desarrollan y definen los protocolos que permiten contar con información siempre confiable, veraz y actual.

### **Otras acciones previstas**

Para la óptima implantación del nodo, otras acciones deben desarrollarse de manera simultánea con las mencionadas anteriormente. Entre otras, se prevé una completa estrategia de difusión integral, que incluye la planificación, diseño y realización de talleres de difusión de la propuesta acerca de cómo acceder a la información y cómo utilizarla, así como talleres de capacitación para la implementación de futuros nodos.

## **CONCLUSIONES**

La implementación de nodos periféricos colabora a potenciar el desarrollo del proceso IDE en Uruguay y en particular de su Geoportal, acoplándose de manera fácil y fluida al mismo. La puesta en marcha de uno de los componentes de la IDE según el modelo propuesto, probando la utilidad y necesidad del mismo, motiva e incentiva la implantación de más y nuevos nodos, así como el desarrollo de los demás componentes de la iniciativa IDE.

Se pretende elaborar propuestas de mecanismos para su mantenimiento, custodia,

actualización, administración y/o gestión que involucre a diferentes actores, dado que la información en cuestión motiva que se ensayen alternativas de responsabilidades compartidas. De este modo el proyecto promueve la coordinación a diferentes niveles (interinstitucional, intrainstitucional, e interadministrativa) demostrando la evolución de una sociedad en la que poseer información y especular con ella era una fuente de poder a una sociedad basada en la transparencia y la colaboración en la que aparecen dos factores de riqueza nuevos, el compartir y la confianza entre actores.

## BIBLIOGRAFÍA

**CAPRA, Fritjof.** Las conexiones ocultas. Barcelona, España: Editorial Anagrama, 2003. 394 p. ISBN – 84-339-6188-8

**CRAIG, William J.** “White Knights of Spatial Data Infrastructure: the role and motivation of key individuals”. The URISA Journal [en línea]. 2005, Vol. 16, Nº 2 [ref. de 31 de agosto de 2005]. Disponible en <http://www.urisa.org/files/Craigvol16no2.pdf>

**CROMPVOETS, Joep; RAJABIFARD, Abbas; VAN LOENEN, Bastiaan; DELGADO FERNÁNDEZ, Tatiana.** A Multi-View Framework to Assess SDIs. Melbourne, Australia: Digital Print Centre, The University of Melbourne, 2008. 418 p. ISBN - 978-0-7325-1623-9

**DELGADO FERNÁNDEZ, Tatiana; CROMPVOETS, Joep.** Infraestructuras de Datos Espaciales en Iberoamérica y el Caribe. 1era. edición. Habana, Cuba: IDICT, 2007. 214 p. ISBN - 959-234-062-5

**EDWARDS, Paul ... [et al.].** “Understanding Infrastructure: Dynamics, Tensions, and Design”. Reporte final del taller “History and Theory of Infrastructure: Lessons for New Scientific Cyberinfrastructures”. Ann Arbor: University of Michigan School of Information, enero de 2007. 50 p.

**FARINÓS DASÍ, Joaquín.** “Planificación de infraestructuras y planificación territorial”. Papers: Regió Metropolitana de Barcelona [en línea]. Nº. 44, 2007 (Ejemplar dedicado a: Planificación de infraestructuras y territorio. El arco mediterráneo.), [ref. de 8 de enero de 2008], pp. 32-43. Disponible en <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2290176>

**GINIE** (Geographic Information Network in Europe). “Infraestructura de Datos Espaciales. Recomendaciones para entrar en acción”. Informe directivo D5.3.2 (a). Agosto de 2002. Disponible en [http://www.ec-gis.org/ginie/doc/D532A\\_SDI\\_MR\\_ESV2.pdf](http://www.ec-gis.org/ginie/doc/D532A_SDI_MR_ESV2.pdf). IST-2000-29493

**GINIE** (Geographic Information Network in Europe). “Políticas de Información Geográfica en Europa: Recomendaciones para entrar en acción”. Informe directivo D2.7.2 (a). Marzo de 2004. Disponible en [http://www.ec-gis.org/ginie/doc/DataPolicy\\_MR\\_D272A\\_ES.pdf](http://www.ec-gis.org/ginie/doc/DataPolicy_MR_D272A_ES.pdf) IST-2000-29493

**IYER, Seema D.** “Can Complexity Theory enter the world of planning?”. Critical Planning [en línea]. 2000, Vol. 7, [ref. de 21 de marzo de 2007], pp 25-38. Disponible en <http://www.spa.ucla.edu/critplan/past/volume007/003%20Iyer.pdf>

**LIENLAF, Iván.** Revista SNIT 2008. Diciembre 2008, [ref. de 26 de agosto de 2010], pp 34-43. Disponible en <http://www.snit.gob.cl/OpenDocs/asp/pagDefault.asp?boton=Doc50&argInstanciaId=50&argCarpetalD=102&argTreeNodosAbiertos=%28102%29&argTreeNodoActual=102&argTreeNodoSel=102&log=0>

**MASSER, Ian; RAJABIFARD, Abbas; WILLIAMSON, Ian.** “Spatially enabling governments through SDI implementation”. International Journal of Geographical Information Science [en línea]. Julio 2007, Vol. 21, Nº 1, pp 1-16. ISSN 1362-3087

**MOHAMMADI, Hossein; RAJABIFARD, Abbas; WILLIAMSON, Ian P.** “SDI as holistic framework”. GIM International [en línea]. Enero 2008, Vol. 22, Nº 1, [ref. de 2 de enero de 2008], pp 14-23. Disponible en [http://www.gim-international.com/issues/articles/id1041-SDI\\_as\\_Holistic\\_Framework.html](http://www.gim-international.com/issues/articles/id1041-SDI_as_Holistic_Framework.html)

**MORANT DE DIEGO, María Teresa.** “Bases para el establecimiento de una infraestructura de datos espaciales (IDE) como catalizadora del cambio organizacional en una administración local: aplicación en el ámbito del Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria”. Directores: Enrique Rubio Royo y Manuel J. Galán Moreno. [Tesis] Programa de Doctorado “Nuevas Tecnologías de la Información y sus aplicaciones”, del Departamento de Informática y Sistemas. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria, Gran Canaria, España, 19 de octubre de 2007, 600 pp.

**PHILLIPS, Andrew; WILLIAMSON, Ian; EZIGBALIKE, Chukwudozie.** “Spatial Data Infrastructure concepts”. En: The Australian Surveyor, 1999, Vol.44, No.1. Sydney: The Institution of Surveyors, Australia. pp 20-28. Disponible en <http://www.geom.unimelb.edu.au/research/publications/IPW/SDIDefinitionsAusSurv.html>

**WILLIAMSON, Ian; RAJABIFARD, Abbas; BINNS, Andrew.** “Challenges and Issues for SDI Development”. International Journal of Spatial Data Infrastructures Research [en línea]. 2006, Vol. 1, [ref. de 22 de agosto de 2006], pp 24-35. Disponible en [http://ijsdir.jrc.it/editorials/williamson\\_rajabifard\\_binns.pdf](http://ijsdir.jrc.it/editorials/williamson_rajabifard_binns.pdf). ISSN 1725-0463

## RESEÑA BIOGRÁFICA

Arquitecto con especialización en S.I.G. y Percepción Remota en el Departamento de Información Geográfica de la Dirección Nacional de Topografía del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (Rincón 575, 3er. Piso, Montevideo, Uruguay; tel. 29157933, ints. 20329/20330; sacosta@dntopografia.gub.uy; [www.dntopografia.gub.uy](http://www.dntopografia.gub.uy)); integrante del Grupo de Trabajo de Infraestructura de Datos Espaciales (GTIDE) de AGESIC.

## ICDE: UN VISTAZO A LA EXPERIENCIA COLOMBIANA EN IDEs

Edwin Alberto Amado Barón

Investigador Independiente

Se expone un panorama sobre el estado de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, ICDE. Luego de consultar la página web oficial de la iniciativa, se revisó la información existente y se elaboró un resumen de la misma. A menos que se indique lo contrario, todas las citas y tablas tienen como fuente la información ofrecida por el sitio en cuestión. La exposición se encuentra dividida en ocho capítulos, seis dedicados a la Infraestructura: presentación, componentes, convenios, estrategias, descargas y geoservicios, uno dedicado a plantear algunas reflexiones sobre el estado de la ICDE y otro para las conclusiones obtenidas. La Infraestructura ofrece cuatro tipos de geoservicios: 61 galerías de mapas en formato imagen y pdf, 5 gestores de metadatos, 24 aplicaciones que permiten descargar mapas e información alfanumérica, y 151 servicios WMS generados por nueve entidades oficiales y agrupados según 17 áreas temáticas. La prioridad actual es crear un marco legal que regule el uso de la información geográfica.

Palabras clave: Infraestructura de datos espaciales, geoservicios, WMS, Colombia.

### INTRODUCCIÓN

En 1932 se publica *Un mundo feliz*, de Aldous Huxley; en 1949 George Orwell publica *1984*. Ya en esa época, dos escritores proponían cómo serían las sociedades donde cámaras de vigilancia y tecnologías bioquímicas fueran herramientas de control en manos de gobiernos totalitarios; pero estas novelas no pasarían de ser anecdóticas distopías, si no fuera por la actualidad de sus advertencias. Hoy, los dispositivos de posicionamiento satelital, el desarrollo de programas para el manejo de megabases de datos y el internet, así como la ingeniería genética guiada por el mapa del genoma humano, han superado ampliamente los medios con que contaba el poder de aquellas ficciones para ejercer control sobre la sociedad. Además, en 2003 Geoffrey Demarest, militar estadounidense egresado de la tristemente célebre Escuela de las Américas del Ejército de los EE.UU., publicó una monografía donde se puede leer lo siguiente (Demarest, 2003: 26, 27)\*:

“... hay una fuerte posibilidad de que los resultados (...) no sean otorgados de manera oportuna a las agencias del gobierno de los EE.UU. Se puede implementar un programa multi-agencial para acelerar el programa catastral del gobierno de Colombia (...) y lograr el uso oportuno de las descripciones mapeadas de manera digital (...) en toda Colombia. La mayoría de estos datos serían necesariamente desclasificados, fáciles de obtener y disponibles para todas las agencias participantes.”

Y más adelante añade:

...es posible recolectar, organizar, analizar, y presentar los datos de propiedad de manera que puedan apoyar la política y estrategia exterior [de EE.UU]. Una convergencia de nuevas tecnologías, incluidos el posicionamiento satelital y la expansión de protocolos técnicos, tales como la Infraestructura Nacional de Datos Espaciales, hace factible la provisión de datos de propiedad en gran detalle.

¿Cómo interpretar lo anterior en el contexto de la soberanía colombiana y de América del Sur?, ¿cómo evitar que las IDE comprometan la autonomía de nuestras propias sociedades? Esa es la reflexión que acompaña el presente trabajo, que resume el estado de la ICDE, en camino de integrarse (Borrero, 2010) a otra iniciativa que merece reflexión a la luz de lo expuesto anteriormente: la Infraestructura Global de Datos Espaciales.

### PRESENTACIÓN

La ICDE se define a sí misma como el: “...instrumento operativo a través del cual se integran políticas, estándares, organizaciones y recursos tecnológicos que facilitan la producción, el acceso y el uso de la información geográfica del territorio colombiano. Su misión es: “Ordenar la producción y facilitar la disponibilidad, el acceso y uso de productos, servicios e información geográfica de cubrimiento nacional, actualizada y de calidad, como apoyo a los procesos de toma de decisiones para el desarrollo nacional”. Su visión apunta a: “Posicionar la ICDE como la iniciativa nacional con las estrategias y proyectos más desarrollados a nivel latinoamericano y con mayor difusión, participación y uso de herramientas tecnológicas de vanguardia, logrando un reconocimiento en el ámbito nacional e internacional”. Por su parte, el objetivo general de la iniciativa es: “Articular la producción, disponibilidad, acceso y uso de la información geográfica, IG, a nivel de las entidades del Estado”.

Entre los antecedentes internacionales que reconoce la ICDE se encuentran la Cumbre de Río (1992), las Conferencias Cartográficas Regionales de Naciones Unidas, el Informe del Banco Mundial (1998-1999): “El conocimiento al servicio del desarrollo”, la Cumbre de Johannesburgo (2002) y la Cumbre de la Sociedad de la Información de Ginebra (2003). En el ámbito nacional la consolidación ICDE se comenzó a desarrollar en 1996. En el año 2000 se reunieron ocho instituciones y acordaron desarrollar la ICDE como la “suma de políticas, estándares, organizaciones y recursos tecnológicos que facilitan la producción, acceso y uso de la información geográfica, IG, de cubrimiento nacional, para apoyar el desarrollo económico y social del país”. En 2006, mediante el Decreto 3851 (DNP, 2006) se creó la Infraestructura Colombiana de Datos, dentro de la cual la ICDE formaba parte estratégica, con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, como coordinador. En 2007 se formalizó el Acuerdo 6 de la Comisión Colombiana del Espacio (CCE, 2007), titulado “Consolidación de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales. El 11 de mayo de 2009 el Consejo Nacional de Política Económica aprobó el documento CONPES 3585 (CONPES, 2009) “Consolidación de la Política Nacional de Información Geográfica y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales”.

Entre los alcances de la ICDE están:

- a. Desarrollar políticas y normas que contribuyan a la gestión adecuada de la IG.
- b. Establecer cooperación entre productores y usuarios de IG, para evitar la duplicación de esfuerzos.
- c. Fijar las metas y responsabilidades de producción de IG, para asegurar cubrimiento total del territorio colombiano.
- d. Promover la documentación de la IG.
- e. Asegurar la interoperabilidad de sistemas de IG en ambientes computacionales distribuidos, y
- f. Conformar los servicios geográficos sobre internet en apoyo a la estrategia de Gobierno en Línea

Actualmente la ICDE desarrolla propuestas normativas dirigidas a cuatro aspectos: derechos de autor, licenciamiento, custodia, y uso permitido de la IG; con ello se busca definir responsabilidades en los campos de producción de IG, creación de estándares y diseño de instrumentos para construir el Plan Estratégico Nacional de Producción, Acceso, Uso y Gestión de IG. La proyección en los avances futuros de la ICDE está orientada a la integración de sistemas de información que garanticen: "interoperabilidad, intercambio de IG eficiente y creación de aplicaciones que fomenten la innovación". Se pretende evitar la existencia de SIG aislados y con funcionalidades limitadas, en vez de lo cual se desea apoyar la creación IDE sectoriales. De igual manera se apunta a que el diseño de la arquitectura de ICDE le permita funcionar como una fuente de información que soporte modernas tecnologías tales como la navegación satelital, los SIG, el análisis espacial vía web y procesamiento de imágenes.

La ICDE está compuesta por un comité coordinador y cinco comités sectoriales; el comité coordinador está integrado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP). Los comités sectoriales incluyen actualmente 30 instituciones, agrupadas como se aprecia en la siguiente tabla:

Nº	SECTOR	INSTITUCIONES	TOTAL
1	AMBIENTAL	Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI); Sistema de información regional del Eje Cafetero (SIR); Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IavH); Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM); Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (INVEMAR).	5
2	INFRAESTRUCTURA	Empresa Colombiana de Petróleos (ECOPETROL); Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH); Unidad de Planeación Minero Energética (UPME); Instituto Nacional de Vías (INVIAS); Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE); Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS).	6
3	DEFENSA Y MARES	Dirección General Marítima (DIMAR); Comando General de las Fuerzas Militares de Colombia (FF.MM); Fuerza Aérea Colombiana (FAC).	3
4	SOCIOECONÓMICO	DANE.	1
5	TERRITORIAL Y FRONTERAS	IGAC; DNP.	2
6	EDUCACIÓN	Universidad Distrital Francisco José de Caldas.	1
7	AGRARIO	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA); Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FEDECAFE).	2
8	COMUNICACIÓN	Estrategia nacional de Gobierno en línea	1
9	OTROS	Ministerios de: Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Minas y Energía, Transporte, y Educación; Ejército Nacional; Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico; Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia; Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá; Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital de Bogotá.	9
<b>TOTAL</b>			<b>30</b>

Tabla 1: Comités sectoriales ICDE

Se ha contemplado el ingreso de organizaciones privadas, académicas, ONGs, o entidades sin ánimo de lucro, que entrarían a integrar los comités sectoriales de acuerdo con su área de acción; para hacerlo las organizaciones interesadas deben diligenciar un formulario en el que se consigna información sobre la entidad y sobre el proyecto en el que ésta desea participar, entre los siguientes:

1. Producción de IG.
2. Estándares y documentación.
3. Mecanismos de acceso a la IG y
4. Políticas de IG y fortalecimiento institucional. El comité de coordinación se encarga de decidir sobre la solicitud

## COMPONENTES

La ICDE se encuentra conformada por cinco componentes: la gestión documental, los geoservicios, las políticas, los estándares y los datos fundamentales.

La gestión documental está conformada por aquellas actividades tendientes al manejo adecuado de la información producida y recibida por una entidad. Con este fin el IGAC conformó el Grupo de Gestión Documental con el objetivo de favorecer la consulta, el acceso y el uso de IG, mediante tres ejes de acción. a) Preservación y conservación: se partió de la priorización de los productos a preservar mediante los criterios de categoría, uso y condición. Se desarrollaron protocolos para preservar los documentos más consultados: ficha catastrales, mapas y obras bibliográficas, utilizando para ello dos técnicas sucesivas: digitalización y microfilmación. Para su preservación, las obras y los estudios se escanean. Los mapas se preservan mediante un proceso compuesto por el escaneo, la verificación del producto escaneado, la georreferenciación, la revisión y la corrección, en caso de ser necesario. La preservación de las fichas catastrales se realiza mediante el escaneo y conversión a formato PDF. Luego de la digitalización se procede a la microfilmación. b) Inventario: consta de dos etapas: preparación y ejecución. Durante la preparación se determinó la forma de clasificar y codificar los productos, y luego se diseñó el procedimiento para rotular los mismos. El código de identificación diseñado consta de 22 dígitos: dos para la categoría, dos para el grupo, tres para el subgrupo y 15 para cada producto individual. En la etapa de ejecución se preparan los depósitos y los productos, se captura la información de interés, se rotula el producto y se realiza el control de calidad correspondiente. c) Metadatos: la gestión de metadatos se realiza mediante la implementación de la Norma Técnica Colombiana NTC 4611.

En la siguiente figura se muestra esquemáticamente la arquitectura de los geoservicios que ofrece la ICDE. Entre los cuatro estándares de la OGC cuya implementación ha sido planeada, a la fecha solo se encuentra disponible el WMS.

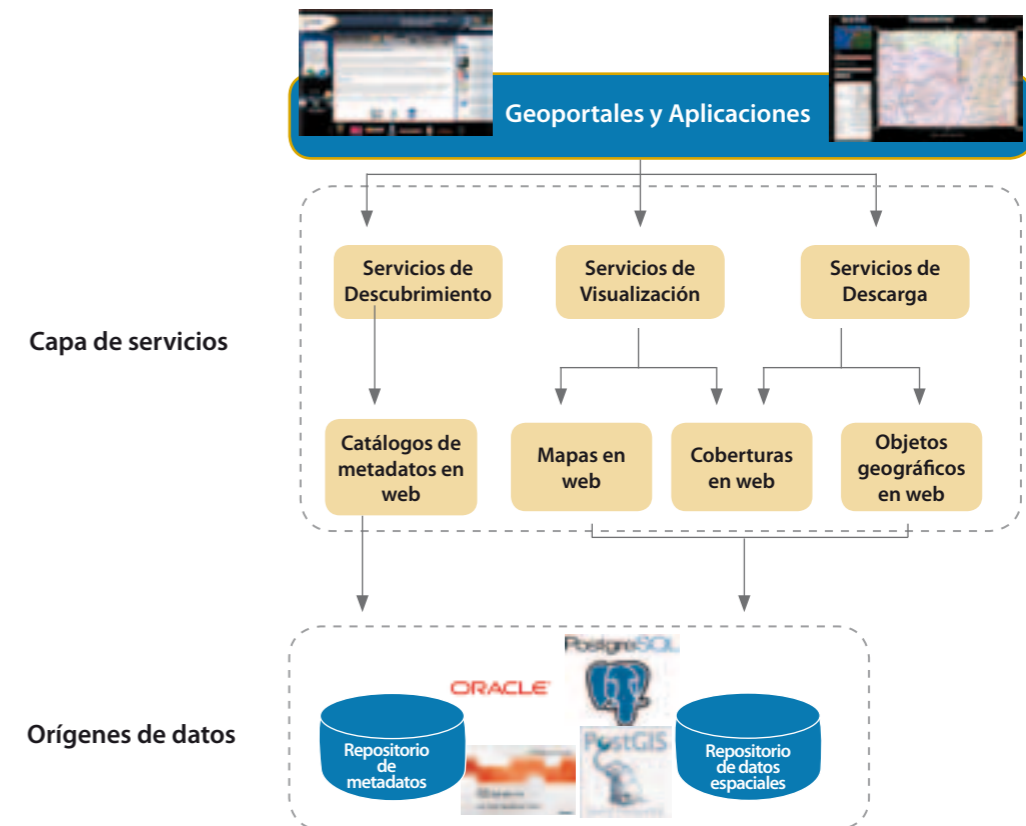


Figura 1. Arquitectura ICDE

Fuente: modificado por el autor a partir de la información presente en el sitio web de la ICDE

Las políticas de la ICDE son los principios y estrategias creados para orientar el comportamiento de los actores individuales y colectivos, para mejorar gestión de la IG fundamental, recogidos en el CONPES 3585. Como se dijo anteriormente, las propuestas normativas definen parámetros básicos relacionados con derechos de autor, custodia, uso, precio y licenciamiento de la IG. De igual forma se ha redactado un reglamento operativo (ICDE, 2009) que regula la coordinación y participación en la ICDE. También se han definido los Lineamientos de Política Nacional de IG, entre los que se encuentran: utilizar cartografía básica oficial, producir y custodiar IG, estandarizar y documentar IG, conformar un Banco Nacional de Imágenes satelitales, garantizar propiedad intelectual, seguridad y calidad de IG, establecer mecanismos de acceso a IG y promover cultura de la IG. En la tabla que se muestra a continuación se aprecian los documentos que conforman el marco normativo para el trabajo que adelanta en la actualidad la ICDE.

Tabla 2. Marco normativo ICDE

Nº	DOCUMENTO	TEMA	ENTIDAD
1	DECRETO 1151 14 ABR. 2008	1. Estrategia de gobierno en línea. Contribuir con la construcción de un Estado eficiente, a través del aprovechamiento de las TIC.	Presidencia de la República
2	CIRCULAR 001 10 AGO. 2009	1. Lineamientos para estandarización de la IG y los SIG.	COINFO*
3	-	Visión Colombia II Centenario 2019.	DNP
4	DECRETO 3581 2 NOV. 2006	1. Creación de la Infraestructura Colombiana de Datos.	DANE
5	Ley 1151 jul. 24 2007	Plan Nacional de Desarrollo 2006 – 2010	DNP
6	CONPES 3585	Consolidación de la Política Nacional de Información Geográfica y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales.	CONPES
7	ago. 2009	1. Reglamento operativo de coordinación y participación en la ICDE: oficializa estructura, procedimientos y mecanismos para ICDE.	ICDE
8	Decreto 235 28 ene. 2010	Regulación intercambio de información entre entidades públicas.	Ministerio de Hacienda
9	Ley 1341 jul. 30 2009	Definición de principios y conceptos sobre sociedad de la información y la organización de las TICs; creación Agencia Nacional de Espectro.	Congreso de la República
10	Acuerdo 6 14 ago. 2007	1. Apoyo proyectos de telecomunicaciones, navegación satelital, observación de la Tierra y otras aplicaciones de ciencia y tecnología geoespacial.	CCE
11	Decisión 351 17 dic. 1993	Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos.	Comunidad Andina de Naciones
12	Decisión 486 14 sep. 2000	Régimen Común sobre Propiedad Industrial	

1.\*Comisión Intersectorial de Políticas y de Gestión de la Información para la Administración Pública.

Los estándares son lineamientos básicos para desarrollar productos geográficos de calidad, que sean fácil y eficazmente intercambiables entre usuarios y productores; la ICDE ha contemplado la implantación de estándares para datos y para tecnologías.

Estándares de datos: los metadatos son datos acerca de los datos, creados para describir la IG de manera que se pueda obtener un inventario, tanto de los datos presentes en un producto geográfico como de los productos geográficos existentes. En 1996 El IGAC comienza a participar del comité directivo de la GSDI y en el proyecto Red Interamericana de Datos Geoespaciales, promovido por la Conferencia Cartográfica de la ONU para las Américas. A través del CTN028 se desarrolló la Norma Técnica Colombiana 4611, sobre metadatos. En 2000 se planteó la creación del Directorio Colombiano de Consulta de Datos Espaciales y en 2003 entró en funcionamiento el Sistema Web de Administración de Metadatos Institucional, SWAMI, que llegó a su versión 3.0 en agosto de 2010.

Estándares tecnológicos: describen las tareas y la forma en que se emplea la tecnología y la información para cumplir las metas de las entidades relacionadas con el acceso y publicación de IG. Se encuentran enmarcados por las especificaciones del OGC; ofrecen un entorno de trabajo para desarrollo de software y aplicaciones que permitan acceder y procesar datos geográficos de diversas fuentes, mediante interfaces basadas en protocolos conocidos por la comunidad mundial de IG y por la comunidad web.

Los datos fundamentales son los de mayor prioridad y por tanto, los de mayor consumo en las instituciones de la ICDE; cada institución se encarga de gestionar los que son de su competencia. Aunque algunos trabajos mencionan hasta 40 datos fundamentales (Delgado y Crompvoets, 2007: 112 - 114), el sitio oficial de la ICDE establece 8, así:

Tabla 3. Datos fundamentales

Nº	NOMBRE	DEFINICIÓN	OBJETOS PRINCIPALES	ENTIDAD RESPONSABLE
1	CONTROL GEODÉSICO	1. Sistema de referencia para establecer coordenadas de posición	Estaciones de control geodésico.	IGAC
2	ORTOIMÁGENES DIGITALES	Imágenes georreferenciadas, desplazamiento removido, distorsión y orientación corregidas.	Capas de tipo ráster.	IGAC
3	ELEVACIÓN	1.Elevación es la posición vertical referenciada con respecto a un datum horizontal.	Modelos: puntos, grilla, TIN, curvas de nivel y perfil.	IGAC
4	TRANSPORTE	Redes de transporte e infraestructura relacionada: vías, aeropuertos, túneles, puentes, etc.	NR*	MINTRANSP**, DIMAR, IGAC, INCO*, Aerocivil, FAC
5	HIDROGRAFÍA	Superficies de agua: lagos, estanques, ríos, canales, océanos y líneas costeras.	NR	IGAC, IDEAM, INVEMAR
6	LÍMITES POLÍTICO ADMINISTRATIVOS	Áreas geográficas gubernamentales: límites nacionales, departamentales y municipales.	Atributos y codificaciones (no especificadas)	IGAC, DANE, Entidades territoriales. Límites internacionales: MINRELACIONES* IGAC, DIMAR
7	CATASTRO	Bienes inmuebles del país con extensión geográfica; soporte a derechos de propiedad de tierras.	NR	IGAC, Catastros de cada ciudad
8	1. NOMBRES GEOGRÁFICOS	Sustantivo que identifica rasgos geográficos de interés.	NR	IGAC, Academia de la lengua, Academia de Historia

1.\* NR: no reportados. \*\*INCO: Instituto Nacional de Concesiones. MINTRANSP: Ministerio de transportes. MINRELACIONES: Ministerio de Relaciones Exteriores.

## CONVENIOS

La ICDE ofrece información sobre siete convenios con instituciones nacionales, dos de los cuales se encuentran actualmente en desarrollo, tal como se aprecia en la Tabla 4:

Tabla 4. Convenios nacionales

Nº	INSTITUCIONES	OBJETO	FECHA
1	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA REPRESA DE CHIVOR - IGAC	IGAC autoriza a CORPOCHIVOR el uso del Sistema SWAMI	NR*
2	IDEAM - IGAC	1. Establecimiento de la IDE en el marco de la ICDE.	12 sep. 2007 30 may. 2008
3	ANH - IGAC	1. Depurar, estandarizar, normalizar y migrar los metadatos geográficos de la ANH al SWAMI v.2.0 del IGAC.	14 sep. 2007 15 jun. 2008
4	UPME - IGAC	1. Desarrollar esquema de gestión de información georreferenciada para sector minero energético.	1. 26 ago. 2008 2. 31 dic. 2008
5	MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL - DIMAR - IGAC	1. Elaboración de metadatos de productos de la DIMAR, según la Norma Técnica Colombiana NTC 4611.	1. 8 jun. 2009 2. 31 dic. 2009
6	SIR - RED DE UNIVERSIDADES PÚBLICAS DEL EJE CAFETERO - IGAC	1. Fortalecer el Sistema de Información Regional de la Ecorregión del Eje Cafetero en el marco de la ICDE.	1. 26 dic. 2007 2. 26 dic. 2012
7	SISTEMA NACIONAL PARA LA PROTECCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES - IGAC	1. Intercambio de información para el desarrollo de proyectos de prevención y atención de desastres.	1. 30 jun. 2008 2. 30 jun. 2013

Por su parte, se presenta información sobre seis convenios con entidades internacionales, como se muestra en la siguiente tabla:

Nº	INSTITUCIONES	OBJETO	FECHA
1	IGN ESPAÑA - IGAC	1. Diseño, desarrollo y difusión de proyectos conjuntos y acciones de cooperación en I&D.	9 nov. 2007 9 nov. 2009
2	COMISIÓN INTERGUBERNAMENTAL COORDINADOR DE LA CUENCA DEL PLATA - IGAC	1. Investigación, asesoría, formación y transferencia de conocimiento en geografía, cartografía, TIG.	1. 9 nov. 2007 2. 9 nov. 2009
3	TES AMÉRICA ANDINA LTDA - IGAC	1. Elaborar metadatos de los productos cartográficos, según Norma Técnica Colombiana de Metadatos.	1 ago. 2008 1 oct. 2008
4	NATIONAL GEOGRAPHIC AGENCY - IGAC	1. Traducción, validación y entrega del documento ISO 19115:2006; revisión de ISO 19115-2:2009 y Northamerican Metadata Profile.	1. 23 abr. 2008 Finalización
5	CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO - GEOSUR - IGAC	Asistencia técnica en gestión de metadatos geográficos para las instituciones integrantes del Programa GeoSUR.	4 feb. 2009 4 feb. 2011
6	SECRETARÍA GENERAL COMUNIDAD ANDINA DE NACIONES - IGAC	1. Creación y consolidación de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Comunidad Andina - IDECAN.	1. NR*

1.\*No reportado.

## ESTRATEGIAS

El marco estratégico de la ICDE está definido en el CONPES 3585, cuyo objetivo central es articular la producción, disponibilidad, acceso y uso de la IG por parte de las entidades del Estado. En la tabla se muestran los cuatro ejes problemáticos principales, junto con los objetivos trazados por la Infraestructura para enfrentar cada uno de ellos.

Tabla 6. Ejes problemáticos ICDE

EJE PROBLEMÁTICO	OBJETIVOS
Fortalecer marco normativo	1. - Gestionar derechos de autor, uso, custodia y precios de venta.
Mejorar coordinación institucional	- Creación de canales de comunicación. - Desarrollo cultura de la IG en gestión pública. - Articulación ICDE y Sistema Nacional Ambiental. - Unificación precios de venta.
Fortalecer la producción de IG	- Mejorar metadatos de IG instituciones estatales. - Unificar, socializar y aplicar estándares nacionales e internacionales. - Establecer prioridades de generación y actualización en IG. - Fortalecer mecanismos de seguridad sobre producción de IG. - Consolidar nodos institucionales
Mejorar capacidad de gestión institucional	- Hacer uso eficiente y coordinado de recursos financieros. - Fortalecer la capacidad investigativa y el perfil técnico del personal. - Consolidar plataforma tecnológica. - Implementar Sistema de Gestión de la Calidad para gestión de IG

## DESCARGAS

En esta página se puede bajar documentación que la ICDE considera relevante así como algunos programas para SIG. Los documentos disponibles se pueden agrupar en tres temas: información técnica sobre la ICDE, legislación y artículos científicos relacionados con la Infraestructura. Entre los primeros se encuentran tres: Talleres de nivelación de conocimientos para entidades de la ICDE, el informe ICDE 2001 y el informe ICDE 2008. A la segunda categoría pertenecen tres documentos: el documento CONPES 3585, el Acuerdo No 6 del 14 Agosto de 2007 de la CCE: "Consolidación de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales" y el Decreto 3851 de Noviembre 2 de 2006, del DNP: "Creación de la Infraestructura Colombiana de Datos". Por último, entre los artículos están: The evolution of the National Spatial Data Infrastructure in Colombia, de Ivan Gómez y Lilia Arias; Pasos firmes en la consolidación de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, de Martha Chaparro, y Perfil de metadatos geográficos: solución nacional y regional, de Vicky Guerrero, los dos últimos presentados en la Semana de la Geomática 2007. Entre los programas que refiere la ICDE se encuentran cinco SIG de escritorio: uDig, ILWIS, GRASS, OpenJUMP y MapWindow; tres clientes web ligeros: PMapper, IGeoPortal y OpenLayers; un servidor web, Geoserver y un cliente-servidor, CartoWeb3. Todos son multiplataforma (GNU/Linux, Mac OS/X y Windows), a excepción de MapWindow (disponible para Windows) e ILWIS (disponible para Windows y GNU/Linux). Aunque sus licencias son muy diferentes, todos son programas libres.

## GEOSERVICIOS

Se ofrecen cuatro tipos de geoservicios: galerías de mapas, metadatos, aplicaciones y servicios web. Las galerías de mapas ofrecen la posibilidad de consultar y descargar cartografía en formato pdf o en diversos formatos de imagen. El servicio de metadatos permite consultar información sobre los productos ofrecidos por las entidades que conforman la ICDE. Las aplicaciones dan acceso a diferentes capas de información con el fin de crear mapas que pueden descargarse en formato de tipo imagen; en algunas ocasiones dichas aplicaciones permiten así mismo la descarga de datos alfanuméricos sobre la cartografía generada. Los servicios web son aquellos estándares del OGC que han sido implementados (hasta el momento solo el WMS); actualmente se ofrece un listado con 151 servicios WMS, agrupados de acuerdo con 17 áreas temáticas, así:

Nº	INSTITUCIÓN			TEMÁTICA		SERVICIOS WMS	
	CANTIDAD	PORCENTAJE		CANTIDAD	PORCENTAJE	CANTIDAD	PORCENTAJE
POR TEMÁTICA							
POR ENTIDAD							
1	IAvH	Única	3	1,99	3	1,99	
2	IDEAM	Única	4	2,65	4	2,65	
3	IGAC	Cartografía nacional	4	2,65	119	78,8	
Imágenes ráster			2	1,32			
Temática general			3	1,99			
Mapas catastrales			100	66,22			
Agrología			2	1,32			
Geografía			8	5,3			
4	INVEMAR	Única	3	1,99	3	1,99	
5	MEN	Única	1	0,66	1	0,66	
6	SIG-OT*	Ambiental	3	1,99	16	10,6	
Económica			1	0,66			
Institucional			1	0,66			
Social			11	7,28			
7	SIR	Única	3	1,99	3	1,99	
8	UPME	Única	1	0,66	1	0,66	
9	Ecosistemas**	Única	1	0,66	1	0,66	
TOTAL		151	100	151		100	

1.\* SIG para la planeación y el ordenamiento territorial. \*\* Ecosistemas continentales y costeros, escala 1:500.000

En los espacios dedicados a cada una de las entidades integrantes de la ICDE, se han implementado 61 galerías de mapas, cinco gestores de metadatos, 24 aplicaciones y 27 servicios web, para un total de 117 geoservicios, como se aprecia en la Tabla 8.

Tabla 8: Geoservicios disponibles en la ICDE

Nº	INSTITUCIÓN	GEOSERVICIOS		TOTAL		
		GALERÍA DE MAPAS	METADATOS	SERVICIOS WMS	APLICACIONES	
1	DIMAR	1	SWAMI	-	-	1
2	IAvH	1	CASSIA	3	3	8
3	IDEAM	3 (1)*	IDEAM	4	3	11
4	IGAC	10 (2)	SWAMI	8	9	28
5	INGENOMINAS	28	SERMIN	-	1	30
6	INVEMAR	2	CASSIA	3	1	6
7	INVÍAS	14	-	-	1	15
8	Ministerio de Educación	-	-	4	2	6
9	UPME	1	-	1	2	4
10	SIR	1	SIR	4	2	8
SUBTOTAL		61	5	27	24	117
TOTAL				117		

1.\* Entre paréntesis se indica la cifra de los que están repetidos (disponibles en otra Institución).

## REFLEXIONES

A pesar de las actividades de difusión realizadas y a que está contemplado el ingreso de diferentes tipos de organizaciones a la ICDE, solamente una universidad y dos entidades relacionadas con la actividad agropecuaria forman parte de ella (ninguna organización social, ambiental ni ONG hasta el momento). Entre las estrategias de la Infraestructura se menciona la socialización de los estándares, pero cabe preguntarse a través de qué medios y con qué actores de la sociedad se hará esto, si se tiene en cuenta que el índice de acceso digital ubica al país justo por debajo de la mitad de la tabla mundial (Cabero, s.f.) y que en Colombia el analfabetismo funcional es cercano al 85% (Vargas, s.f.).

Si bien en Colombia no han tenido éxito los dos proyectos de ley presentados ante el Congreso para promover el uso de programas libres en la administración pública (Semana, 2010), la ICDE refiere en su página algunos de los mejores y utiliza PostgreSQL/PostGIS para su funcionamiento, aunque es de notar que no se relacione a gvSIG, cuya calidad ha permitido crear la IDE de todo un país como Venezuela (González, 2009). Resulta de vital importancia fomentar el debate sobre la conveniencia de adoptar programas libres dentro de la gestión pública, con el fin de asegurar la independencia tecnológica de la nación.

Es evidente la intención de la ICDE de hacer transparente la gestión mediante la publicación en su página en internet de documentos que permiten a la ciudadanía seguir el trabajo desarrollado; sin embargo, hasta la entrega del presente documento, el sitio web de la Infraestructura contaba dos semanas continuas fuera de servicio, debido



a la suspensión del dominio .co. Lo anterior, junto con el hecho de que no se menciona la palabra soberanía en la página de la ICDE y que aún se utilizan programas privativos dentro de su funcionamiento, debe plantear algunas reflexiones sobre la forma en que la iniciativa está preparada para proteger la soberanía nacional y garantizar la prestación continua de los geoservicios que ofrece.

Se ha avanzado en la implementación de una amplia oferta de servicios WMS, pero aún no se encuentra disponible ningún otro servicio del estándar OGC, como por ejemplo el WCS o el WFS, lo que sí sucede en algunos países vecinos como Ecuador (IGME, 2010) y Venezuela (González, 2009), quizá debido a la falta de la normatividad legal actualizada que reglamente el uso de la información geográfica.

## CONCLUSIONES

A pesar del esfuerzo unificador llevado a cabo por la ICDE, aún hay herramientas duplicadas: cinco gestores de metadatos para diez entidades. La socialización realizada hasta ahora apunta a los especialistas del ámbito público más que a la sociedad en general. Aunque en Colombia no hay legislación que promueva el uso de programas libres, la ICDE refiere algunos de los mejores en su página de descargas y utiliza PostgreSQL/PostGIS para su funcionamiento. Entre los estándares del OGC, la ICDE solo ha implementado el WMS; según áreas temáticas, la mayoría de dichos servicios (66,2%) son mapas catastrales, seguidos de temas sociales (7,3%) y geografía (5,3%); de acuerdo con las instituciones, la mayoría de los servicios son ofrecidos por el IGAC (78,8%) seguido del SIG-OT (10,6%) y el IDEAM (2,6%). La prioridad actual es crear un marco jurídico para gestionar la información geográfica. Hasta la entrega del presente documento, el sitio web de la ICDE cuenta dos semanas continuas fuera de servicio.

## BIBLIOGRAFÍA

**Borrero, Santiago** (2010). Desarrollo sostenible, infraestructura de datos espaciales y toma de decisiones. <http://www.gsdidocs.org/gsdiconf/GSDI-Panel-IGAC.ppt>. 12-08-2010

**Cabero, Julio** (s.f.). Reflexiones sobre la brecha digital y la educación. <http://www.tecnone.org/docs/2004jcabero04.pdf>. 10-08-2010

**CCE** (2007). Acuerdo 6 Comisión Colombiana del Espacio: Consolidación de la ICDE. [http://www.cce.gov.co/alfresco2.1-5.1.1.1/d/d/workspace/SpacesStore/26f91728-b9d3-11de-a6d-8102bc0e7c0b/Acuerdo%209\\_aprobado%20CCE.pdf](http://www.cce.gov.co/alfresco2.1-5.1.1.1/d/d/workspace/SpacesStore/26f91728-b9d3-11de-a6d-8102bc0e7c0b/Acuerdo%209_aprobado%20CCE.pdf). 11-08-2010

**CONPES** (2009). Consolidación de la Política Nacional de Información Geográfica y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales. <http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portal/ /0/archivos/documentos/Subdireccion/Conpes/3585.pdf>. 10-08-2010

**Delgado, Tatiana y Cromptvoets, Joep** (2007). Infraestructuras de Datos Espaciales en Iberoamérica y el Caribe. La Habana: IDICT. 214 p. ISBN: 959-234-062-5.

**DNP** (2006). Decreto 3851 de 2006, Departamento Nacional de Planeación de Colombia. <http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/LinkClick.aspx?fileticket=PFuPJFHsEpU%3D&tabid=1094>. 10-08-2010

**Demarest, Geoffrey** (2003). Mapping Colombia: the correlation between land data and strategy. Strategic Studies Institute: <http://www.strategicstudiesinstitute.army.mil/pubs/display.cfm?PubID=12>. 01-09-2010

**González, Valenty et al.** (2009). Infraestructura de Datos Espaciales de Venezuela: una IDE 100% libre. <http://www.sigte.udg.es/jornadassiglibre/>. 10-08-2010

**ICDE** (2009). Reglamento operativo de participación y coordinación en la ICDE. <http://www.icde.org.co>. 10-08-2010

**IGME** (2010). Instituto Geográfico Militar del Ecuador. <http://www.geoportaligm.gov.ec/index2.html> 10-08-2010

**Semana** (2010). Vuelve y juega: proyecto de ley intentará llevar el software libre a la administración pública. Revista Semana, Domingo 10 Octubre 2004. <http://www.semana.com/noticias-tecnologia/vuelve-juega/82294.aspx>. 12-08-2010

**Vargas, Jorge** (s.f.). Colombia: 85% de analfabetismo. [http://www.webpondo.org/files\\_jul\\_sep\\_2004/analfabetismo.pdf](http://www.webpondo.org/files_jul_sep_2004/analfabetismo.pdf). 10-08-2010

## RESEÑA BIOGRÁFICA.

**Edwin Alberto Amado Barón**. Investigador independiente.  
Calle 25 n° 6 – 78. Tunja, Boyacá. Colombia. Correo electrónico: e.a.amado.baron@gmail.com

- 2006. Ingeniero civil de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC.

- 2007. Profesional de apoyo en SIG del proyecto: "Zonificación Ambiental del Corredor de Páramos Iguaque – La Rusia – Guantiva", realizado por la UPTC con apoyo del IGAC y la Comunidad Europea.

- 2008. Traductor voluntario, del francés al castellano, de los manuales de referencia del programa para SIG SavSIG 9.04, desarrollado por el Institut de Recherche pour le Developpement, IRD.

- Autodidacta desde 2009 en el campo de los SIG, trabaja en la búsqueda de aplicaciones de los programas libres, tanto a la geomática como a la alfabetización informática de organizaciones sociales y ambientales.

- Único ponente de Colombia en las 2as Jornadas de Latinoamérica y el Caribe de usuarios de gvSIG, Caracas 14 al 16 de julio de 2010.
- Único ponente de Colombia invitado al I Simposio Peruano de Percepción Remota y SIG, Lima, 22 al 24 de septiembre de 2010.
- Invitado como ponente al I Congreso Venezolano de Sistemas de Información Geográfica, Mérida, 29 de septiembre al 1 de octubre de 2009.

## BASES PARA EL DESARROLLO DEL SIG DE LA INTENDENCIA DE PAYSANDÚ

Equipo SIG  
sig@paysandu.gub.uy

Miguel Alejandro Gavirondo Cardozo  
miguel.gavirondo@paysandu.gub.uy

José María González Núñez  
jose.gonzalez@paysandu.gub.uy

**Intendencia de Paysandú**

### RESUMEN

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han demostrado ser herramientas de gestión territorial extremadamente útiles para los Gobiernos Locales en todo el mundo desarrollado; basta ver algunos ejemplos exitosos en ciudades o regiones tanto de Norteamérica y de Europa para tener una idea bastante certera de lo anteriormente afirmado.

Uno de los escollos que han tenido los equivalentes gobiernos locales de los países de la región (Cono Sur) y en particular los de ciudades o territorios pequeños (sobre todo en presupuesto) es el concerniente a los costos, tanto de dinero, como de tiempos y recursos humanos, que el diseño y la implementación de un SIG requiere; sólo el precio de una licencia para tener un software de escritorio hacía prohibitivo para muchos organismos una solución de este tipo.

En los últimos años, gracias al desarrollo de la tecnología (básicamente internet y todo lo asociado a ella, particularmente la conectividad), al surgimiento de la cultura del "Software Libre" y las iniciativas de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs) es que los gobiernos locales de regiones no tan desarrolladas, pueden actualmente aspirar a acceder a esta nueva modalidad de manejo de su territorio, con costos más adaptados a sus realidades y posibilidades cada vez mayores de cambiar sus modelos de gestión, pasando de los clásicos ("paper-based") a los de geo-información ("geoinformation-based").

La Intendencia de Paysandú (IdP), comenzó en el año 2007 a recorrer este camino, a partir de la instalación de un grupo de trabajo (o equipo técnico) para el diseño e implementación de un SIG institucional. Luego de estos tres años ambas cosas (el Equipo y el SIG) son una realidad en funcionamiento y que presentan resultados concretos, en los que se destacan varios aspectos a considerar, entre otros:

- Lo institucional (tanto hacia la interna, por ejemplo con las demás oficinas municipales, como hacia el exterior, por ejemplo los vínculos generados con la IDE-Uy, el SGM y el proyecto gv-SIG),
- El vínculo entre el SIG y los demás sistemas de la IdP (sitio web, etc.)
- Lo tecnológico (baja de costos a partir de soluciones de código abierto, empleo de diferentes métodos e instrumental para la colecta de datos).

Este trabajo recorre todos esos puntos, desde las diferentes soluciones previstas inicialmente y luego ratificadas o rectificadas, las dificultades encontradas en el proceso de implementación (en particular las propias reticencias internas al cambio) y los logros conseguidos, hasta llegar a las perspectivas a mediano y largo plazo que se vislumbran. Palabras Clave: Paysandú, Gobiernos Departamentales, BD Geo, Modelos Colaborativos, IDE-Uy.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 DEFINICIONES PREVIAS

Según el NCGIA (National Center for Geographic Information and Analysis) de los EUA, un SIG se define como un “sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para soportar la captura, gestión, manipulación, modelado y despliegue de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (management).”

En esta definición, el enfoque sistémico es priorizado por sobre otros, que ven a los SIG como variantes de las Bases de Datos (BD) o de la Geovisualización. De aquí se desprende que una de las características principales de los SIG sea la multidisciplinaria, es decir la participación de varias especialidades en cuanto a las bases técnicas y tecnológicas y las aplicaciones para las cuales aquellos se implementan.

Obviamente el elemento común que manejan las distintas disciplinas es la geografía y/o el estudio del territorio, como escenario principal donde se desarrollan las actividades humanas. Por lo tanto, el aspecto clave a resolver y en el que se fundamenta todo el funcionamiento del sistema, es la componente del geoposicionamiento de los diferentes elementos que participan en el SIG.

Un aspecto distintivo de los SIG respecto a otras soluciones informáticas (p.e. CAD -Diseño Asistido por Computadora) es la capacidad de generar nueva información a partir de la de base, a través del llamado Análisis Espacial, combinando los aspectos gráficos (mapas) y temáticos (base de datos) de manera interdependiente y coherente.

En este sentido se puede apuntar que a nivel internacional se ha empezado a redefinir la sigla GIS ya no como Geographic Information Systems sino Geographic Information Science, o sea, ya se empieza a visualizar a esta área como una disciplina en sí misma, capaz de ser estudiada y desarrollada independiente e integralmente.

### 1.2 DIFERENTES APLICACIONES DE LOS SIG

Dentro de las muchas aplicaciones para las que se puede emplear y en las que de hecho se emplean los SIG, se pueden citar:

- Gestión de recursos naturales y de desastres
- Planificación y gestión territorial (urbana y rural)
- Sistemas de información catastrales
- Gestión de infraestructuras y servicios (gas, electricidad, agua, saneamiento)
- Marketing
- Agricultura de precisión
- Gestión de empresas de transporte y de servicios (transporte de alimentos, de pasajeros; servicios de vigilancia, de ambulancias)
- Servicios públicos (educación, bomberos, policía)

### 1.3 LOS SIG EN LA ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL

Una de las primeras y más conocidas aplicaciones de los SIG es la administración municipal, tanto en el ámbito urbano como el rural.

Casi todas las ciudades de los países desarrollados y muchas capitales de la región apoyan su gestión en algún SIG, porque a partir de ellos pueden planificar desde los diferentes servicios que brindan (recolección de residuos, saneamiento, vialidad, transporte público), pasando por el catastro parcelario (base de una tributación inmobiliaria eficiente), hasta la gestión de emergencias provocadas por diferentes factores (inundaciones, etc.).

## 2. EL SIG DE LA INTENDENCIA DE PAYSANDÚ

### 2.1 CARACTERIZACIÓN BÁSICA

La Intendencia de Paysandú es un caso bastante típico de un gobierno local de porte pequeño (visto en la perspectiva global), aunque a nivel nacional se puede considerar como una de las intendencias “grandes” del interior, junto con la de Maldonado, Salto, Colonia y Rivera, por nombrar algunas (se excluyen ex-profeso las intendencias de Montevideo y Canelones, dado que tienen unas características totalmente disímiles, ya sea por el volumen de población, como por la complejidad territorial que presentan).

El departamento de Paysandú cubre una extensión de cerca de 14.000 km<sup>2</sup> y tiene una

población de aproximadamente 115 mil habitantes, de los que la gran mayoría (más de 80 mil) viven en la capital y su área de influencia (Nuevo Paysandú, Casa Blanca) y el resto se divide entre algunas localidades “medianas” del interior (como Guichón y Quebracho) y numerosos pero muy pequeños pueblos, villas y caseríos del medio rural. Esta estructura demo-territorial implica una cierta “simplificación” en cuanto a la gestión, ya que hay una gran concentración proporcional en un sólo núcleo urbano. Este factor influye además en la realidad de la propia intendencia, ya que la gran mayoría de las tareas y los técnicos también están concentrados en Paysandú capital.

## 2.2 LOS PRIMEROS PASOS DEL SIGPDÚ.

Inicialmente se conformó un equipo pluridisciplinario, compuesto por tres técnicos de diversa formación o background (informático, agrónomo, catastral) que fueron sentando las bases a partir de un conocimiento parcial tanto de la tecnología GIS en general como de la propia intendencia.

Una de las primeras dificultades encontradas fue la ya clásica realidad de la compartimentación de tareas y de información, es decir: cada oficina generando sus propios datos (geográficos y/o “alfanuméricos”), la ausencia de un sistema de referencia y de proyección cartográfica único (coexistencia de diferentes representaciones de un mismo espacio geográfico), duplicación de mapas, datos en papel, gestión basada en dichos datos en papel (“paper-based”), etc.

Los otros dos escollos fundamentales eran: por un lado los datos que se tenían (o mejor dicho que no se tenían) y por otro lado las restricciones presupuestarias también ya clásicas.

Se contaba con una licencia de ArcGIS-ArcEditor y 7 licencias de ArcView ambos de la empresa ESRI, adquiridas por la IdP. El principal problema respecto a estos programas es que solamente un técnico tenía los conocimientos mínimos sobre sus potencialidades y su funcionamiento.

## 2.3 IDEAS GUÍA Y VÍNCULOS GENERADOS

Dentro de ese marco general se comenzaron a considerar diferentes alternativas para la generación y el desarrollo del SIG.

Como ideas-guía se plantearon:

- Diseñar un sistema abierto y distribuido, basado en un modelo colaborativo de generación de datos.
- Generar vínculos hacia la interna en primer lugar con las oficinas municipales que tuvieran alguna idea de trabajo con mapas y planos (es decir con CAD), ya que se visualizó a estos actores como los más propensos a “entender” y “utilizar” el SIG.

- Generar vínculos hacia el exterior de la intendencia de manera de acceder a datos y background de base, para así preveer: consideraciones a tener en cuenta, evitar repetir errores y vislumbrar posibles aplicaciones.

En este sentido se desarrollaron vínculos con:

### **Servicio de Geomática de la Intendencia de Montevideo**

Se realizó una visita para conocer el funcionamiento, la propia evolución y los desarrollos y distintas aplicaciones que se implementaron en dicha oficina. Allí se pudo constatar el grado de evolución en el tiempo y en lo tecnológico que había logrado este servicio, siendo uno de los pilares de la gestión departamental capitalina.

### **Infraestructura Nacional de Datos Espaciales**

Desde el año 2008 un técnico del EquipoGIS de la IdP participa activamente del Subgrupo Intendencias de la IDE-Uy, ya sea a través de las reuniones, encuentros, las comunicaciones, los eventos, etc. que desde allí se organizan.

### **Servicio Geográfico Militar**

Como uno de los principales actores institucionales en la IG nacional, se identificó al SGM como un apoyo fundamental para el desarrollo del SIGPdú. Es así que se tendieron algunos vínculos (primero de carácter personal) que permitieron establecer un canal fluido de comunicación e intercambio de IG, en beneficio mutuo. Cabe destacar aquí la muy buena disposición de los responsables en cuanto a la apertura a la colaboración.

### **Dirección Nacional de Topografía**

También con Topografía se generaron contactos para el proceso ya desde el inicio, y actualmente se está en una dinámica de intercambio sobre todo de datos de caminería rural, tanto vecinal, departamental y nacional, que el MTOP está generando.

### **Dirección Nacional de Catastro – Oficina Delegada de Paysandú**

Esta oficina se considera clave para la gestión de un GIS municipal, ya que la base tributaria proviene de la Contribución Inmobiliaria, tanto urbana como rural, que es fijada en relación al Valor Catastral de cada padrón, que a su vez es determinado por Catastro.

Al ser Catastro el encargado de mantener la base de datos del conjunto de los bienes inmuebles del país, es que su integración con las intendencias es clave para todo el sistema montado sobre esa unidad básica territorial que es la parcela.

## 2.4 HITOS EN EL DESARROLLO DEL SIGPDÚ

Como puntos altos en la génesis y el desarrollo de este proyecto se pueden citar:

Visita del Director de Topografía-MTOP al SIGPdú. – 2007

Visita al Servicio de Geomática-IMM – 2008

Participación en la Conferencia IDE – 2009  
Acceso al CDP-IDE – 2009

Acceso al Geoportal SGM -primer organismo en acceder – 2010

Presentación IDE-Uy – 2010

Evidentemente uno de los pasos fundamentales en todo este proceso fue el acceder al Conjunto de Datos Provisorios de la IDE-Uy, ya que como en toda la bibliografía dice “el costo más grande en un proyecto-proceso de SIG está en la generación o acceso a los datos de base”.

A partir de ese momento se pudo comenzar a trabajar en el armado de la estructura básica del GIS como sistema.

En primer lugar se eligieron las capas-base, es decir la información que sería tomada como referencia a todos los efectos geográficos-territoriales-cartográficos; es así que se eligieron las siguientes:

#### Urbano:

- Manzanas
- Ejes de calle
- Parcelas
- Hidrografía
- Curvas de nivel

#### Rural:

- Caminería
- Parcelas
- Hidrografía
- Curvas de nivel

Al mismo tiempo se ejecutó un control de calidad posicional básico, de manera de llegar a un nivel mínimo de confianza en los datos que se nos dieron. Es así que se procedió a relevar varios puntos de la ciudad con un equipo Leica GS20, propiedad de la Intendencia, específico para mapeo y SIG, que logra unas exactitudes acordes a las de las capas testeadas.

Las capas-base del CDP provenientes del SGM son producto del PCN 1:10mil las urbanas y de digitalizaciones de las cartas topográficas 1:50mil las rurales, es decir la precisión planimétrica máxima es de 2.5m para las urbanas y 12.5m para las rurales.

Cabe aclarar que uno de los debe del CDP es la ausencia de metadatos, por lo que en este aspecto se avanza “a tuestas” en muchas operaciones de SIG, suponiendo ciertas características a partir de conocimiento profesional y no por el aspecto formal.

Los relevamientos se llevaron a cabo tanto en zonas urbanas como sub-urbanas, obteniendo resultados suficientemente satisfactorios en la perspectiva de los usos y aplicaciones preliminares a incluir en el SIG. Se es conciente asimismo que esa exactitud es la mínima posible, sobre todo para el nivel urbano, y que lo ideal es trabajar en el entorno del metro o mejor.

## 2.5 EL ASPECTO TECNOLÓGICO

### 2.5.1 COMPONENTES DE UN SIG

Un SIG está formado básicamente por cinco componentes:

#### **HARDWARE**

Se trata de los equipos informáticos donde funciona el SIG.

#### **SOFTWARE**

Son los programas. Proveen las funciones y las herramientas necesarias para desplegar, analizar y almacenar la información geográfica.

Las principales funciones son:

- Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.
- Base de Datos Geográfica.
- Herramientas para búsqueda geográficas, análisis y visualización.

#### **DATOS GEOGRAFICOS**

La información geográfica (como elemento derivado de los datos geográficos) es el elemento diferenciador de un SIG.

Contienen tres atributos:

- Espacial
- Temático
- Temporal

#### **BASE DE DATOS GEOGRAFICA**

Es un sistema administrador de bases de datos que maneja datos espaciales.

En este tipo de bases de datos es imprescindible establecer un cuadro de referencia (un SRE, Sistema de Referencia Espacial) para definir la localización y relación entre objetos, ya que los datos tratados en este tipo de BD tienen un valor relativo, no es un valor absoluto. Los sistemas de referencia espacial pueden ser de dos tipos: georreferenciados (aquellos que se establecen sobre la superficie terrestre, son los que normalmente se utilizan, ya que es un dominio manipulable, perceptible y que sirve de referencia) y no georreferenciados (son sistemas que tienen valor físico, pero que pueden ser útiles en determinadas situaciones).

## RECURSOS HUMANOS

Personal que opera, desarrolla y administra el sistema y establece planes para aplicarlos al mundo real.

## PROCEDIMIENTOS

Son las operaciones que se ejecutan para trabajar con la información geográfica dentro del SIG. Aquí es fundamental las posibilidades que brinda cada solución informática.

### 2.5.2 DIFERENTES SOLUCIONES EN SOFTWARE

Las soluciones tecnológicas existentes en el mercado son varias. Tanto en software comercial como en software libre.

La elección debe ser asertiva y lo menos variable posible para el mantenimiento de la integridad de los datos.

El grupo SIG Paysandú optó por trabajar con software libre como norma general; no obstante, para algunas tareas se decidió hacer uso de las licencias del ArcGIS-ArcEditor con que cuenta la Intendencia. Este programa es el principal a nivel mundial, con décadas de desarrollo e investigación en SIG.

### 2.5.3 IMPLEMENTACIÓN

Las herramientas de trabajo y el método elegido por el S.I.G. de la Intendencia de Paysandú constan de lo siguiente:

RDBMS (Relational Data Base Management System) PostgreSQL con extensión PostGIS (para manejo de datos espaciales) (software libre)

MapServer como servidor de mapas (software libre)

gvSIG programa de Generalitat Valenciana (España), para su utilización con datos geográficos (recomendado por IDE-Uy) (software libre)

CMS Made Simple gestor de contenidos para publicaciones de sitios web (software libre)



### 2.5.4 PROYECTO EN MARCHA

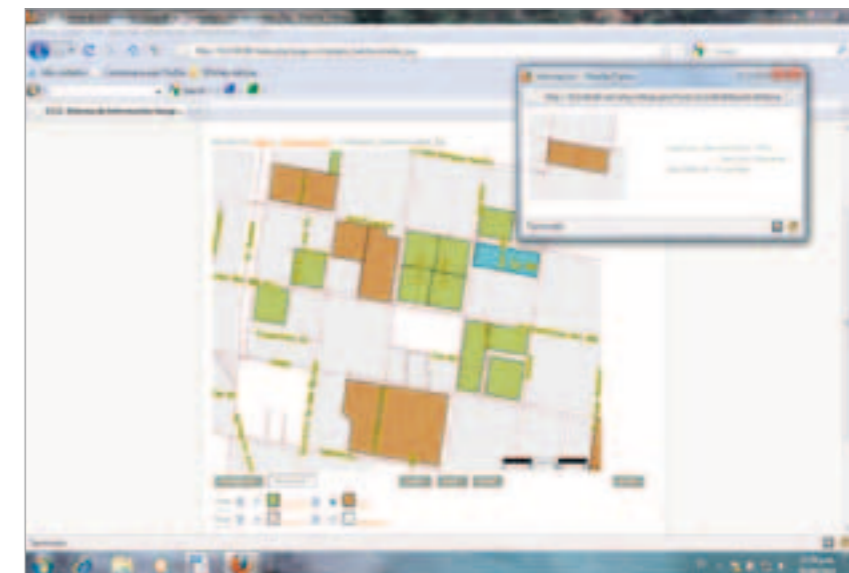
Como ya se mencionó el acceso a las capas iniciales en el proyecto se realizó gracias a la vinculación con la IDE-Uy y el SGM.



Los datos están “ubicados” en la Base de Datos y se puede acceder a ellos mediante una conexión con la misma usando password como seguridad. Es decir, nadie que no esté autorizado puede acceder a la misma.

Luego que las capas existen de alguna forma y están en **PostGIS** es tiempo de su publicación. Para ello nos valemos del software **Mapserver** (servidor de mapas) encargado de transformar (por decirlo de alguna forma) los datos georreferenciados en líneas, polígonos y puntos, para su posterior publicación web.

La figura que sigue muestra un mapa publicado en el sitio del SIG Intendencia de Paysandú, en el cual se puede ver “Complejos Habitacionales” y la información asociada al punto de referencia.



## 2.6 ASPECTOS RELATIVOS A LA GESTIÓN

### 2.6.1 TÉCNICOS Y OFICINAS QUE SE VINCULARON CON EL SIG

Además de los temas puramente tecnológicos, han sido fundamentales los relacionados a la gestión del SIG.

En este sentido se puede decir que como era de esperar los técnicos y departamentos que primero se sumaron a la iniciativa fueron los que estaban acostumbrados al manejo de planos y mapas, en concreto la Dirección de Obras (Planeamiento Urbano, Ordenamiento Territorial, Alumbrado, Vivienda, Rehabilitación Urbana, etc.), la Secretaría de Desarrollo Rural y el Centro de Datos/Cómputos; quedando otros muy interesados y dispuestos a participar: Presupuesto Participativo, Comité de Emergencia, Paisajismo, Asentamientos Irregulares, Tránsito, Vialidad, Descentralización.

### 2.6.2 TAREAS DESARROLLADAS

Para lograr estas sinergias se siguieron caminos comunes de acercamiento, presentación de la propuesta, beneficios esperados, desarrollo de aplicaciones-ejemplo, establecimiento de permisos web de acceso y consulta de datos, etc.

### 2.6.3 CAPACITACIÓN

Uno de los escollos clásicos para la implementación de un SIG a nivel corporativo es la necesidad de capacitar en el manejo de algún software específico a los operadores. En nuestro caso se determinó emplear el soft de escritorio gvSIG ya mencionado. Es así que mayoritariamente se capacitó en este programa a los diferentes operadores, ya sea a través de pequeñas clases personalizadas o grupales o por intermedio de recursos en la web interna.

### 2.6.4 DIFUSIÓN

Como medio de difusión del proyecto, además del link en la intranet se desarrollaron diversas charlas y presentaciones en diferentes ámbitos de la intendencia y con diverso público objetivo: directores, encargados, técnicos, administrativos, etc.

En estas actividades además de llegar a varias personas a la vez se logra captar el retorno de los propios interesados (feedback), en el sentido de que allí se plantean casos y necesidades particulares que nutren la tarea de los administradores del SIG y aportan ideas para futuros desarrollos.

## 3. PERSPECTIVAS

Luego de haber diseñado e implementado el SIG municipal, la tarea actualmente es el mantenimiento en el tiempo y la potenciación de esta iniciativa, ya no como proyecto

sino como un proceso-metodología de trabajo para la gestión departamental.

Es en esa línea que se presentan algunas ideas (unas más concretas -porque son rápidamente aplicables y otras más utópicas -porque no dependen exclusivamente ni del EquipoSIG ni de la propia intendencia) que se están manejando para el futuro.

### 3.1 PROYECTO ACTUALIZACIÓN CATASTRAL (TERRENOS Y EDIFICACIONES)

El objetivo primario es implementar un sistema de conexión con la BD institucional de Catastro, a los efectos de tener un vínculo directo con las modificaciones-mutaciones parcelarias que se ejecutan.

También establecer un mecanismo de ingreso al SIG de los Permisos de Construcción aprobados, de manera de actualizar continuamente la base de áreas edificadas. Y como un tercer aspecto se prevee diseñar una metodología de actualización de edificaciones a partir de técnicas de percepción remota (satelital o aérea), mediante vuelos regulares o por la adquisición de imágenes satelitales de alta resolución, que permitan comparar en períodos establecidos de antemano (anualmente por ejemplo) los cambios en la masa de construcciones.

### 3.2 SITIO WEB PÚBLICO

Como uno de los pasos claves está pensado pasar a la "cancha grande" de Internet, a través de la página oficial de la IdP. De esta manera se caminará en la dirección de la buena gobernanza, siendo un canal de comunicación con los contribuyentes.

### 3.3 ACTUALIZACIÓN COLABORATIVA PÚBLICA (EN EL MARCO DE LA WEB 2.0)

Este punto es el más utópico de todos, pero no por ello imposible; la idea es que en un futuro los propios ciudadanos puedan colaborar en la IG que la IdP gestiona, como por ejemplo se hace en Buenos Aires con el Mapa de la Inseguridad, donde se suben las ubicaciones de los crímenes que la gente reporta.

## BIBLIOGRAFÍA

National Center for Geographic Information and Analysis Core Curriculum in GIScience  
<http://www.ncgia.ucsb.edu/education/curricula/qiscc/>

## RESEÑA BIOGRÁFICA

### Miguel Alejandro Gavirondo Cardozo

Montevideo 20.04.1977

Integrante Equipo SIG – Departamento de Obras – Intendencia de Paysandú

[www.paysandu.gub.uy](http://www.paysandu.gub.uy)

Zorrilla de San Martín esq. Sarandí – Código Postal 60.000 – Paysandú – Tels. 0598 4722

6220 – miguel.gavirondo@paysandu.gub.uy – sig@paysandu.gub.uy

Ingeniero Agrimensor – UdelaR 2003

Profesor Asistente (Gr.2)

Departamento de Geomática – Instituto de Agrimensura – Fing UdelaR

Julio Herrera y Reissig 565 – Código Postal 11.300 – Montevideo – Tels. (0598) 2711 0395

– 2711 1161 – miguelg@fing.edu.uy – [www.fing.edu.uy/ia](http://www.fing.edu.uy/ia)

Tesista Maestría en Geomática – UNLP La Plata Argentina – Tema : “Gestión de la Calidad en Proyectos de Geomática”

### José María González Núñez

Paysandú 02.08.1973

Integrante Equipo SIG – Centro de Cómputos – Intendencia de Paysandú

[www.paysandu.gub.uy](http://www.paysandu.gub.uy)

Zorrilla de San Martín esq. Sarandí – Código Postal 60.000 – Paysandú – Tels. 0598 4722

6220 – jose.gonzalez@paysandu.gub.uy – sig@paysandu.gub.uy

Analista Programador – CTC-ORT Paysandú (Cursando)

## MONITOREO Y CONTROL DE PROBLEMAS DE SALUD MEDIANTE SIG

Pablo Pazos Gutiérrez (i)(ii)

pablo.pazos@femisaluddigital.net.uy

Julio Pintos (ii)

jpintos@spiria.com.uy

Rodrigo Ordeix (ii)

rordeix@spiria.com.uy

Raquel Sosa (ii)

raquels@fing.edu.uy

(i)

Federación Médica del Interior (FEMI)

(ii)

Facultad de Ingeniería, Universidad de la República

## RESUMEN

La Federación Médica del Interior (FEMI) es una organización médica de segundo grado, integrada por las instituciones gremiales y de asistencia médica del interior del país. Su misión incluye: asegurar a la población servicios de salud brindados por un sistema institucional de asistencia médica organizado y dirigido democráticamente por sus médicos, regido por principios éticos y criterios empresariales de eficiencia y excelencia. El proyecto FEMI Salud Digital busca contribuir a aumentar la eficiencia en la gestión y mejorar la integración de los pequeños y medianos proveedores privados de salud de Uruguay. Específicamente desarrollar e implementar instrumentos basados en tecnologías de la información y comunicación (TIC), para mejorar la eficiencia de los hospitales privados que integran la red de la FEMI y otros. Esto dentro del marco del proyecto BID/FOMIN (ATN/ME 10681-UR).

Se plantea la hipótesis de que el uso de información georreferenciada puede ser de gran utilidad en el monitoreo y control de enfermedades en la población, contribuyendo a detectar problemas de forma temprana (p.e. plumbemia por contaminación de suelos) y a controlar problemas de salud en una población. Se espera lograr una herramienta para el mejor monitoreo de la salud poblacional, apuntando a la prevención de las enfermedades, o del agravamiento de éstas, por falta de control.

En este trabajo se obtuvieron un conjunto de herramientas útiles para que cada médico pueda visualizar a sus pacientes, ubicando su vivienda sobre el mapa, junto con sus enfermedades y otros problemas de salud, y junto a cada problema, su nivel de control.



El médico puede acceder a medios de contacto para comunicarse con cada paciente, en caso de que este no haya controlado sus problemas de salud, pudiendo actuar antes de que la falta de control afecte seriamente la salud de dicho paciente. Se notificará al paciente mediante contacto telefónico, correo electrónico o mensajes de texto, para que se acerque a la institución de salud, o yendo hacia el paciente, visitándolo en su hogar.

La visualización de los pacientes y sus problemas de salud en un mapa, tiene varias ventajas con respecto a la visualización de la misma información en los formatos tabulares o gráficos usados típicamente en los informes. Sobre un mapa se tiene una evaluación general de una población a simple vista, ya que se cuenta con las dimensiones de concentración de la población, y la visualización de distintas formas geométricas y colores, que son más fáciles de interpretar que la información tabulada o las gráficas. Utilizando esta herramienta, los controles podrán hacerse de forma temprana, previniendo problemas más graves a causa de la falta de control, aumentando la calidad de vida de los pacientes, mejorando el contacto de los médicos con los pacientes y sus familias y disminuyendo los costos al sistema de salud.

**Palabras clave:** Epidemiología Geográfica, Historia Clínica Electrónica, Control de Problemas de Salud, Sistema de Información Geográfica.

## INTRODUCCIÓN

Si bien el uso de la información geográfica en el ámbito de la salud no es un tema novedoso, a nivel local aún no ha sido explotado en todo su potencial. Uno de los trabajos más notorios en esta área es el del Dr. John Snow [1], el cual ubicó el origen de la epidemia de cólera del año 1854, en el barrio de Soho en Londres. Snow propuso que la forma de contagio del cólera era a través del consumo de agua contaminada, hipótesis que contradecía el pensamiento de la comunidad médica de la época. Para llegar a tal hipótesis, Snow ubicó a las personas que padecían cólera, y guiado por sus experiencias recientes, encontró un dato en común: las bombas de agua de donde habían bebido. Éstas fueron ubicadas geográficamente en el mapa del barrio por Snow, que luego ubicó en dicho mapa las cañerías que formaban sistema de alimentación de esas bombas. El resultado fue la ubicación de un pozo de agua donde una madre había lavado los pañales de su bebé, contaminando así el agua que llegaba a las bombas de donde las personas habían bebido.

El hecho es que si no se hubiera utilizado la información geográfica y la georreferencia de las personas, las bombas, cañerías y pozos de agua, hubiera sido muy difícil poner fin a la epidemia, y por otro lado, derribar las hipótesis médica de la época sobre la causa del cólera. De esta forma, hace más de 150 años, el Dr. Snow se transformó en el padre de la epidemiología moderna.

## OBJETIVO

Pasados ya más de 150 años luego de la hazaña del Dr. Snow, quien aplicó la información

geográfica al cuidado de la salud de la población, considerando el desarrollo de la tecnología y la alta disponibilidad de información en la actualidad, éste es un momento propicio para explotar las posibilidades en esta área de investigación y desarrollo.

El objetivo de este trabajo fue encontrar aplicaciones de la información geográfica y la georreferenciación para el área de salud, siguiendo los lineamientos generales que marca la reforma del sistema de salud, con el Sistema Nacional Integrado de Salud (SNIS) y el Ministerio de Salud Pública como ente rector (MSP).

Más concretamente, se quiso explotar la estrategia de ampliación y mejora del primer nivel de atención en el SNIS. Además, se buscó explotar la “meta asistencial” del MSP que exige la asignación del médico de referencia a cada paciente (actualmente para pacientes pediátricos y adultos mayores), ya que las instituciones sanitarias que cumplan las metas asistenciales reciben una cápita necesaria para sustentar a cada institución. Probablemente el primer nivel de atención es en donde se atiende a la mayor cantidad de personas, y a la vez, en donde se dedican la menor cantidad de recursos, en comparación con otros niveles de atención. Es en éste nivel de atención donde se fomentan las acciones de promoción de la salud, prevención y rehabilitación de los problemas de salud.

Por otro lado, se quiso aprovechar una falta en el sistema de salud, para hacerla evidente y para proponer una posible solución mediante la aplicación de las TIC. Esta falta se debe a que el sistema de salud es reactivo, donde si un paciente no se presenta en una institución asistencial, el sistema entiende que no hay un problema de salud, siendo que muchas personas tienen problemas de salud no diagnosticados, o estando diagnosticados, no cuentan con las herramientas, información y conducta necesarias para cuidar su propia salud.

## METODOLOGÍA

Este trabajo plantea que la creación de una herramienta para tener una mejor visión del estado de salud de la población tiene un gran potencial. Esta herramienta serviría para ayudar a paliar los problemas antes mencionados, para apoyar a las políticas vigentes, para mejorar la comunicación del cuerpo médico con cada paciente –incluso si no concurren a las instituciones asistenciales–, en la mejora real de la salud de la población, y por ende, en la calidad de vida de todos. Los conceptos aquí mencionados están vinculados con la asistencia longitudinal de cada paciente, o sea que el fin último es lograr una visión de cada enfermedad y problema de salud a lo largo de toda la vida del paciente, para gestionar correctamente, por un lado, a los pacientes, y por otro, a las enfermedades.

Para elaborar el prototipo de la herramienta se establecieron algunos requerimientos básicos, resumidos a continuación.

Como primer requerimiento para esta herramienta, se plantea la necesidad de ubicar a los pacientes geográficamente utilizando la ubicación de sus hogares. De modo de poder mostrar a los pacientes, de una determinada institución asistencial, directamente sobre

un mapa, y a simple vista poder tener información de la concentración y distribución de la población a la que se atiende.

Como segundo requerimiento, se planteó la utilidad que podría tener el cruzamiento de la información geográfica con la información demográfica, entonces la visualización de la población cubierta se enriquece al poder mostrar diferentes dimensiones como edad y sexo. Los datos de contacto como dirección de correo electrónico y número de teléfono celular, servirán también como medio de contacto electrónico con los pacientes.

El tercer requerimiento, es el que agrega mayor valor en cuanto a la promoción de la salud y la prevención. En este caso, se buscó que la información geográfica y demográfica se cruzara con la información clínica. En principio considerando enfermedades crónicas –como hipertensión arterial, obesidad, asma, diabetes e insuficiencia renal–, pero con capacidad de adaptarse para realizar un seguimiento clínico correcto de personas con otras enfermedades crónicas y problemas de salud o estados especiales – como las mujeres embarazadas o los recién nacidos–.

Dados los requerimientos, se concluyó que tanto la información demográfica como la información clínica, que se mostrará en el sistema de información geográfica (GIS), debía ser extraída de otros sistemas de información, siendo estos el Sistema de Pacientes y la Historia Clínica Electrónica (HCE).

El resultado sería entonces un gran sistema informático, formado por varios subsistemas. Cada subsistema sería independiente de los demás, pero contaría con una interfaz de servicios que permita el envío y recepción de información hacia y desde los otros subsistemas.

Por otro lado se plantea la necesidad de que la seguridad de todo el sistema estuviera coordinada. Como cada subsistema es utilizado por usuarios humanos, se planteó que un servicio de entrada única (Single Sign On o SSO) sería útil, para centralizar la seguridad, en este contexto. El SSO se encargará de que los usuarios que necesiten utilizar más de un subsistema puedan acceder a cualquiera de estos con un solo ingreso de credenciales (usuario y clave).

En la fig. 1 se muestran los subsistemas mencionados y su relación de dependencia en cuanto al uso de los servicios que ofrecen y consumen cada uno de estos subsistemas.

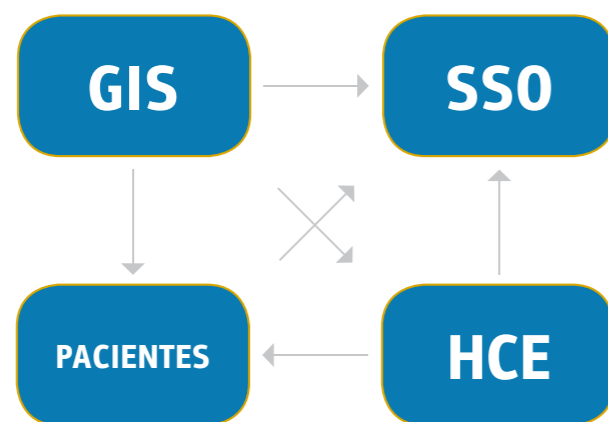


Figura 1: subsistemas para el control de la salud poblacional mediante GIS

A partir de los requerimientos básicos, y de los subsistemas necesarios, se construyó un prototipo funcional de GIS, que mediante un mapa en pantalla pudiera:

- Mostrar la ubicación de los hogares de los pacientes en un mapa.
- Acceder a información demográfica de cada paciente (nombres, apellidos, fecha de nacimiento, sexo, información de contacto y ubicación geográfica).
- Acceder a información clínica (problemas de salud y estado de control de cada uno).

Otras funcionalidades que ayudan a la visualización y entendimiento de la información:

- Poder agrupar personas que viven en la misma ubicación (núcleos familiares).
- Filtros de visualización de pacientes por problema de salud y/o nivel de control.

El subsistema GIS maneja datos geográficos a nivel nacional, por lo que el sistema global puede ser implementado en cualquier institución, independientemente de la región donde se ubique la población que se atiende.

De este modo, se permite que el médico de referencia (o de cabecera), que haya elegido cada paciente, o que le haya sido asignado por la institución asistencial de la que es socio, pueda visualizar la información de cada uno de sus pacientes, tanto individualmente o en núcleos familiares. Esta capacidad de visualización por núcleos familiares es de gran valor clínico, ya que permite que se puedan detectar problemas de salud que estén relacionados por las características particulares de cada hogar, como puede ser el hábito alimenticio en familias con problemas de obesidad. También es posible detectar y asociar problemas de salud debidos a la violencia doméstica, desnutrición, enfermedades de transmisión sexual, e incluso enviar notificaciones de forma automática al MSP sobre enfermedades de denuncia obligatoria, ubicando los casos geográficamente, lo que ayudaría a hacer una mejor gestión de la enfermedad, detectando de forma temprana brotes y posibles epidemias en determinadas zonas geográficas.

El médico de referencia puede ver los problemas de salud, junto al nivel de control de cada problema, para cada uno de sus pacientes. En particular, el prototipo desarrollado incluye una lista de cinco problemas de salud, los cuales son representados mediante iconografía geométrica sobre el mapa: cada figura geométrica se corresponde con una enfermedad. Por otro lado, para denotar la dimensión del nivel de control de cada enfermedad se utilizó un código de tres colores, a modo de semáforo, donde “verde” significa que la enfermedad se encuentra controlada, esto quiere decir que el paciente ha cumplido con los métodos de control de ese problema de salud, métodos que varían según cada problema. El color “amarillo” significa que si bien no está dentro de los parámetros que marcan un nivel de control correcto de la enfermedad, no se corre un riesgo inmediato. Y “rojo” significa que el paciente debe controlar urgentemente su problema de salud.

Entonces, el médico puede ingresar al subsistema GIS usando sus credenciales, el sistema le mostrará un mapa con sus pacientes, ubicando sus hogares. Cada paciente estará representado mediante un icono con una forma y un color, para mostrar cual es el problema de salud más grave (ya que un mismo paciente puede tener más de un problema de salud) y el nivel de control de ese problema. Los pacientes sin problemas de salud se mostrarán con otro icono.

La vista de la información mencionada, en un ambiente geográfico, utilizando iconografía y códigos de colores, tiene grandes ventajas con respecto a otras opciones de visualización de la misma información, como podrían ser los reportes con información tabulada. Una de las ventajas más notorias es que a simple vista, un médico podrá ver qué problemas de salud tienen sus pacientes y qué nivel de control tienen. Además no es necesario realizar búsquedas de información, toda la información importante está visible y condensada sobre el mapa, luego si se quiere ahondar en los detalles, con solo dos clics se accede a toda la información individual de cada paciente.

En la figura 2 se muestra una vista del mapa con los elementos antes mencionados.

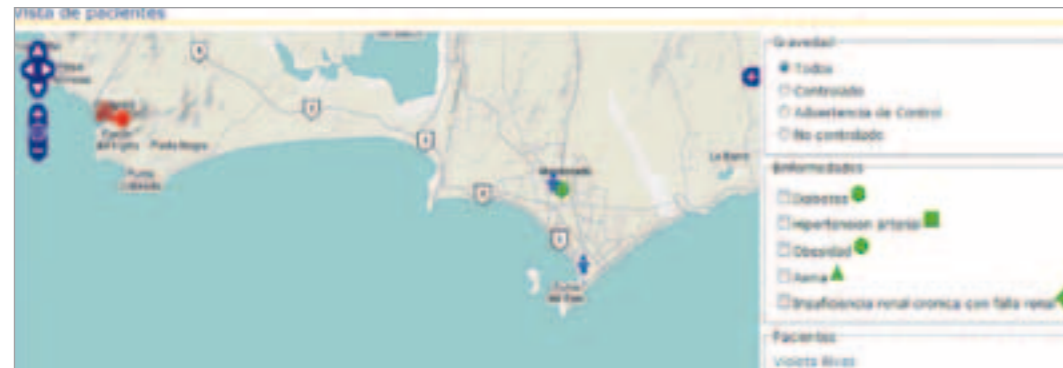


Fig. 2: vista de pacientes en el mapa, con referencias y filtros por enfermedad y nivel de control

El médico puede utilizar los filtros por enfermedad y nivel de control (o gravedad), para acotar la vista dependiendo de su interés. En el futuro se integrarán filtros por información demográfica como sexo y edad, lo que ayudará aún más al médico en la visualización de la información y el seguimiento del estado de salud de sus pacientes. Luego puede hacer clic sobre los iconos en el mapa, mostrándose los nombres de los pacientes más cercanos. Al hacer clic en el nombre de un paciente, se accede a toda su información integrada, tanto demográfica como clínica. Como se comentó previamente, la información demográfica se obtiene del subsistema de pacientes, y la información clínica de la historia clínica electrónica (HCE).

En la fig. 3 se aprecia la vista de los datos de un paciente ficticio, con toda su información integrada. Como se puede apreciar en esta imagen, dentro de los datos podrían haber números de teléfono celular y correos electrónicos, lo que permite que directamente desde este sistema, el médico pueda enviar un mensaje de texto corto (SMS) o un correo electrónico a un paciente, exhortándolo sobre el nivel de control de sus problemas de salud, enviándole información útil para promover la salud y prevenir problemas a futuro, indicándole que debe acercarse a un centro asistencial, o coordinando una visita al

hogar de dicho paciente para evaluar y controlar su estado de salud.

Para la implementación del subsistema GIS se utilizaron tecnologías abiertas y gratuitas como el servidor de mapas MapServer, el gestor de bases de datos PostgreSQL con la extensión para datos geográficos PostGIS, y OpenLayers como visualizador de mapas.

En cuanto a la comunicación entre los distintos subsistemas, el subsistema de pacientes cuenta con una interfaz de Servicios Web de tipo REST, que es invocada mediante el envío de mensajes en formato XML mediante los protocolos HTTP, o su versión segura HTTPS. El subsistema de pacientes es capaz de resolver consultas de datos demográficos y enviar notificaciones a otros sistemas sobre novedades por cambios o agregados hechos en los datos de los pacientes. La información demográfica que se maneja es: una colección de identificadores de personas (cada uno especifica su "tipo de identificador"), nombres y apellidos, fecha de nacimiento, sexo, información de contacto (número de teléfono celular, número de teléfono fijo, dirección de correo electrónico) y datos de la ubicación geográfica de su vivienda.

#### Datos del paciente

Información del paciente				
Nombres	Apellidos	Sexo	Fecha nacimiento	Fecha fallecimiento
Lorena	Gutiérrez Ruiz	F	1975-12-07 00:00:00	

#### Identificadores

Identificador	Tipo de Identificador
44444444	Cédula de Identida Uruguaya
G44444	Identificador interno de pacientes de GREMEDA
M44444	Identificador de médico de MSP

#### Direcciones

Dirección	Tipo	Teléfono	Barrio	Ciudad	Departamento
GRAL. MANUEL ORIBE 456 esq. GENERAL GARIBALDI, Artigas	propio				ARTIGAS

#### Teléfonos y Correos electrónicos

Teléfono	Tipo	Email	Tipo
----------	------	-------	------

#### Problemas

Código	Nombre	Estado de Control
I11	Asma	Controlado

#### Medicaciones

Código	Nombre	Texto	Desde	Hasta
1212	Medicamento Asma AAA 300mg Comp. x 10	Medicamento Asma AAA	2010 - 01 - 01 00:00:00	2010 - 02 - 01 00:00:00
1313	Medicamento Asma BBB 1000mg Comp. x 16	Medicamento Asma BBB	2010 - 01 - 15 00:00:00	2010 - 02 - 20 00:00:00

#### Estudios

Código	Nombre	Fecha	
34109-1	Toma de presión arterial	2009-11-24 12:11:52	Ver resultados
34108-2	Control de diabetes	2009-11-24 12:11:52	Ver resultados
ddd-1	Cálculo de índice de masa corporal	2009-11-24 12:11:52	Ver resultados

#### Procedimientos

Código	Nombre	Desde	Hasta
777771	Procedimiento de Hemodiálisis	2010-06-07 15:30:00	2010-06-07 19:30:00
777771	Procedimiento de Hemodiálisis	2010-06-10 15:30:00	2010-06-10 19:30:00

El subsistema GIS implementa servicios que permiten consultar nombres de vías para verificar su correctitud, y también permite consultar si dos vías se cruzan o no. El subsistema de HCE cuenta con una interfaz de Servicios Web REST capaz de devolver resúmenes de historia clínica para un determinado paciente, los cuales incluyen los problemas de salud y los distintos controles que se le hicieron a la persona. Estos controles serán utilizados para determinar el nivel de control sobre cada problema de salud de dicho paciente. Esta interfaz tiene la característica de que la información clínica devuelta cumple con el estándar de documento clínico HL7 CDA (Clinical Document Architecture) [2], por lo que estas informaciones clínicas también podrán ser consultadas desde otros sistemas que acepten este estándar. Por último, el subsistema SSO presenta una interfaz de Servicios Web REST sobre el protocolo HTTPS, la cual sirve para validar credenciales de usuarios entre distintos sistemas, crear sesiones compartidas y verificar el estado de estas sesiones, permitiendo así que un usuario que ingresa al GIS pueda también ingresar a la HCE (si es que está habilitado) sin necesidad de volver a ingresar sus credenciales.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó la implementación de un prototipo para mejorar la gestión de la salud poblacional y la mejora de la comunicación desde el área asistencial hacia los pacientes, ayudando a detectar problemas de salud no controlados en cada paciente, permitiendo a su médico de referencia ponerse en contacto directo con este de modo de permitir la corrección de la alerta en cuanto al cuidado de sus problemas de salud. Todo esto apoyado por una interfaz de usuario basada en la información geográfica, que representa una alternativa a la usual representación tabular, o mediante gráficas, de la información en distintos reportes. Este tipo de interfaz de usuario permite, a simple vista, tener una idea clara del estado de salud de la población que atiende cada médico.

**Por otro lado, si bien este trabajo expone el uso de la información geográfica como apoyo al seguimiento del estado de salud de una determinada población, durante el proyecto se encontraron otras aplicaciones de valor para múltiples actores.**

Un enfoque alternativo podría ser el de georreferenciación de reportes de enfermedades, permitiendo visualizar fácilmente en un mapa, si existe un brote de una determinada enfermedad dentro de una determinada población. Esta aplicación hubiera sido de gran utilidad para detectar de forma temprana que los casos de plumbemia que se dieron en algunos barrios de Montevideo, provenían de la contaminación del suelo, ya que se hubieran detectado zonas de gran incidencia de este problema de salud. **Si se hiciera esto con todas las enfermedades de reporte obligatorio, se podrían hacer herramientas de notificación automática para el MSP, según criterios de agrupación geográfica, o sea indicar que en una determinada zona hay más de “n” casos de una determinada enfermedad, para un “n” arbitrario.**

También, una aplicación útil para la gestión de las instituciones podría ser la de verificar que los servicios que se prestan en las distintas dependencias de asistencia sanitaria, estén adecuadas a las necesidades de la población cercana a cada dependencia. Por

ejemplo, si una clínica ginecológica se encuentra en el lado opuesto del departamento al que hay mayor densidad de población femenina, se podría decidir crear una nueva clínica más cerca de esta población, ajustando la oferta a la necesidad de la población. Otra aplicación posible en el área de la gestión clínica es que los mandos medios de las instituciones puedan acceder a información agregada sobre el estado de salud de su población asistencial, teniendo catalogados a los distintos médicos y el nivel de control de sus pacientes referenciados. Pudiendo tomar acciones para incentivar a los médicos con peores niveles de control en su población de pacientes, mejorando los controles y los indicadores de calidad asistencial de la institución.

Una aplicación complementaria es la de integrar la información geográfica y los problemas de salud al portal del paciente. Muchas instituciones de salud poseen portales para sus pacientes, en éstos podrían mostrarse mapas interactivos con las ubicaciones de las distintas dependencias de cada institución asistencial, cuales servicios se brindan en cada una, y obtener datos administrativos como dirección, teléfono y horario de atención. De esta forma, el paciente podría buscar la policlínica más cerca de su casa para atenderse. Estas y otras aplicaciones podrían ser de gran ayuda para la gestión y la asistencia clínica. Incluso podrían servir como un servicio asistencial más, y como factor diferenciador entre las instituciones asistenciales.

Si este tipo de sistema de asistencia al personal médico, donde se integra toda información útil de distintos subsistemas, sobre los pacientes, sus enfermedades, y sus controles, pudiera ser utilizado a gran escala, es muy probable que las políticas del SNIS sobre el primer nivel de atención, apoyándose en las metas del médico de referencia, puedan ser un éxito a corto y mediano plazo. Sin hablar de la gran potencialidad que se puede tener en la mejora real de la salud de la población en general, y en particular de la calidad de vida de las personas con enfermedades crónicas. Esto ayudaría a que el sistema de salud cambie paulatinamente de un comportamiento reactivo, hacia un comportamiento proactivo, llevando la salud a la población, incluso antes de que ocurran episodios de enfermedad, fomentando la promoción, prevención y rehabilitación en el primer nivel de atención. Todo esto llevaría un correspondiente ahorro de dinero del sistema de salud, al disminuir las acciones de tratamiento de episodios de enfermedad, consecuencia de no contar con la información necesaria en el momento preciso y de la falta de control efectivo de la salud poblacional.

## TRABAJO FUTURO

Como se mencionó, el área de aplicación de la información geográfica y la georreferenciación en salud contiene numerosas aplicaciones, por lo tanto, probar, prototipar y aplicar estas distintas funcionalidades a la salud, para ser evaluadas, forma un gran área de trabajo a futuro. Más concretamente se buscará un mejor modelo del control de las enfermedades incluidas en el prototipo actual, para que la alerta por falta de control sea lo más exacta posible. También se buscará modelar los controles de otras enfermedades y problemas de salud que puedan ser de interés para las instituciones de FEMI o que estén relacionados con “metas asistenciales”. También se buscará mejorar la calidad de la información geográfica, para mejorar la calidad global del subsistema

GIS, que actualmente contiene poca información para lo que es la población rural. Y en conjunto se buscará georreferenciar tanto a los pacientes de FEMI como a las distintas dependencias asistenciales de las instituciones de FEMI.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] **J. Snow**, On the Mode of Communication of Cholera, 1855.  
[2] **R. Dolin**, L. Alschuler, S. Boyer, C. Beebe, Clinical Document Architecture R2, 2005.

## RESEÑAS BIOGRÁFICAS DE AUTORES

A/C **Pablo Pazos Gutiérrez**, Asistente Informático, Proyecto FEMI Salud Digital. Estudiante de 5to año de Ingeniería en Computación. Especializado en el campo de la Informática Médica, enfocado a la aplicación de estándares, con 4 años de experiencia en el área. Especializado en desarrollo y aplicación de Tecnologías Web, con más de 9 años de experiencia en el área.

<http://informatica-medica.blogspot.com/>, <http://yuppframework.blogspot.com/>

**FEMI**, Cufre 1781, Tel: (598 2) 1750  
pablo.pazos@femisaluddigital.net.uy

A/C **Rodrigo Ordeix** – Estudiante de 5to año de Ingeniería en Computación Facultad de Ingeniería UdelaR. Con más de 2 años de experiencia en el desarrollo de aplicaciones .NET y Java en ambientes Web y Cliente-Servidor. Socio fundador de Spiria Software.  
[www.spiria.com.uy](http://www.spiria.com.uy)

A/C **Julio Pintos** – Estudiante de 5to año de Ingeniería en Computación Facultad de Ingeniería UdelaR. Más de 3 años de experiencia en el desarrollo de aplicaciones RIA (Rich Internet Application) en .NET, ActionScript y Java. Socio fundador de Spiria Software.  
[www.spiria.com.uy](http://www.spiria.com.uy)

Ing, **Raquel Sosa** - Ingeniera en Computación de la Facultad de Ingeniería, UDELAR, 2006. Docente grado 2 del Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería, UDELAR. Integrante del Laboratorio de Integración de Sistemas (LINS) desde el año 2005. Integrante del Grupo en Tecnologías de la Información Geoespacial (GTIG) desde su creación en el año 2008. Estudiante de la Maestría en Informática del Programa PEDECIBA, realizando la tesis en Sistemas eográfica y Web Services Geográficos.  
<http://www.fing.edu.uy/~raquels/wiki/field.php>

## HACIA UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL Y PARTICIPATIVA APOYADA EN EL MANEJO DE INFORMACIÓN ESPACIAL.

Autor  
Correo@imcanelones.gub.uy

Comuna Canaria

## RESUMEN

### 1. CONTEXTO GENERAL

La Comuna Canaria decidió en el 2005 emprender una renovación de su modelo de trabajo y gestión. Este proceso se enmarca dentro de la línea de trabajo denominada "Canelones Democrático", una de las 5 líneas estratégicas componentes del Plan Estratégico Canario (P.E.C.) dentro de la cual se plantea el desarrollo de una Nueva Matriz Institucional. Uno de los desafíos que se ha propuesto la administración en este eje de trabajo ha sido lograr superar una estructura de gestión y trabajo de marcado carácter piramidal y generar las herramientas que permitan una transversalización de la información así como la capacidad de una perspectiva integral de la gestión del gobierno departamental.

Esto no sólo hace a la implementación de un nuevo modelo de gestión, sino también a un pensamiento transversal de integración y participación del vecino desde la realidad local rompiendo con el esquema tradicional de brindar soluciones desde la estructura central hacia la periferia, para planificar la gestión desde la óptica de la periferia al centro, cimentando un camino de ida y vuelta permanente. Se logra de esta manera brindar especial relevancia a lo local, a las particularidades de cada situación, sin descuidar las políticas macro-territoriales e institucionales.

Esta nueva perspectiva no pretende negar la necesidad de la lógica de trabajo vertical que permite operativizar mediante la sectorización de las actividades una gestión tan compleja como la que presenta el Departamento de Canelones. Sin embargo no debemos olvidar que cada uno de estos abordajes parciales terminan finalmente aterrizando sus actividades en el territorio Canario formando parte de una realidad indivisible. Una gestión realmente eficiente debería poder conjugar esta lógica sectorial/vertical con una lógica territorial/horizontal manteniendo una relación complementaria entre ambas.

## 2. DESARROLLO DE UNA I.D.E. INSTITUCIONAL

La Comuna Canaria y en particular la Asesoría en Planificación Estratégica y Coordinación han visualizado la territorialización de la información como una herramienta de enorme potencial a la hora de visualizar de manera integral los programas, proyectos y/o actividades llevados adelante por el gobierno departamental. Un eslabón clave para lograr el equilibrio de las lógicas verticales y horizontales de gestión que existen dentro de la Comuna y que son en los dos casos imprescindibles para llevar adelante un trabajo eficaz y eficiente del equipo de gobierno. Esta convicción surge del entendimiento de que el territorio es el lugar donde finalmente se concretan todas las acciones humanas y por lo tanto donde finalmente todas ellas deben interactuar buscando formar una unidad coherente y articulada.

Un Sistema de Información Territorial es una herramienta imprescindible y de enorme potencial a la hora de visualizar de manera integral los programas, proyectos y/o actividades llevados adelante por el gobierno departamental. Los datos que provienen del territorio son la base para la generación de actividades e intervenciones en él y a su vez estas intervenciones son generadoras de nuevos datos en un proceso cíclico que brinda un sustento firme para la intervención y planificación.

Un sistema de este tipo permite no solamente la transversalización de la información, la coordinación de actividades y la planificación institucional. Permite también una base para la articulación de todo tipo de actores públicos y privados, así como un sustento para el diálogo y la intervención y aporte de la ciudadanía en las actividades de planificación, actividad que muchas veces parece quedar ajena y alejada de los procesos participativos.

Por último esta herramienta se presenta como un nuevo canal para potenciar la participación ciudadana, un nuevo medio de comunicación aferrado fuertemente al territorio. Canelones ha potenciado y desarrollado en el último periodo varios instrumentos y herramientas destinados a involucrar la participación ciudadana. En el caso del desarrollo puntual de un Sistema de Información Territorial éste deberá contar con protocolos ágiles para el flujo de información geográfica desde y hacia los ámbitos de almacenamiento, producción y validación, dentro de la Intendencia. Deberá hacer fluir información entre los organismos de gestión oficiales y la sociedad civil en sus diversas formas de organización incluyendo los ciudadanos en forma individual sin otra restricción que la proveniente de los alcances legales.

La Unidad de Geomática es en este contexto la pieza clave para el desarrollo del Sistema de Información Territorial. Su creación a fines del 2008 supuso un importante paso en la consolidación de un proceso de desarrollo de la capacidad de la Institución en el manejo de la información geográfica. Su trabajo es nada más ni nada menos que ser la articuladora de esa relación dialéctica entre las lógicas verticales y horizontales de la gestión, asegurando el flujo constante y fluido de información entre ambas, sistematizando la información de manera de hacerla accesible, asequible y utilizable por los distintos actores, que demandan como es lógico distintas cosas de la información territorial.

Las tareas que se han realizado y planificado para el desarrollo de este Sistema de Información Territorial se han llevado adelante en 4 áreas de trabajo principales dentro de la Comuna Canaria, de manera paralela, complementaria y siempre dentro de un marco de renovación y modernización de la matriz institucional mucho más amplio. Estas áreas principales de trabajo comprenden:

### **Infraestructura.**

El desarrollo de una infraestructura informática inexistente que va desde la adquisición de equipos, hardware y software hasta la instalación de una red interna de trabajo que incluyera todas las dependencias del gobierno departamental a lo largo del territorio.

### **Capacitación.**

La capacitación de funcionarios en el uso de herramientas específicas orientadas al manejo visualización y generación de información espacial.

### **Institución.**

Creación de espacios dentro de la institución dedicados específicamente a la generación, sistematización y manejo de información espacial. En este apartado se puede contar la creación de la Unidad de Geomática así como un sistema de referentes que concentran la generación de información espacial y se distribuyen por todas las áreas de la institución.

### **Desarrollo.**

Investigación y desarrollo propios de herramientas y aplicaciones específicas que permitan el acceso a la información espacial por parte de todos los integrantes de la institución y de ciudadanos en general.

Finalmente se ha esbozado una hoja de ruta que permita ordenar el desarrollo de este Sistema de Información Territorial. Esta hoja de ruta no pretende ser una receta acabada, simplemente se propone la concreción de una serie de puntos clave sobre los cuales centrar y traccionar el desarrollo del Sistema en sus diferentes etapas. Éstos no son más que la definición de algunos puntos y etapas claves por los cuales se deberá transitar.

El desarrollo del proceso ha tenido, tiene y seguramente tendrá asimetrías, marchas y contramarchas y el camino que queda por recorrer seguramente nos obligará a agregar, eliminar, transformar este itinerario tentativo. Lo importante en este comienzo es tener una hoja de ruta sobre el cual seguir caminando, ya sobre la marcha se aprovecharán las oportunidades y propuestas que nos plantee el trayecto.

### 3. HOJA DE RUTA

#### *Desarrollo del Sistema de Información Territorial y productos anexos.*

Es así que se ha esbozado un proceso de desarrollo para generar, divulgar y explotar información georeferenciada. Este proceso se podría dividir en 4 fases, la concreción de cada una de ellas implica un avance cualitativo significativo del Sistema de Información Territorial con la consecuente materialización de productos y herramientas concretas.

#### **Fase 1. Generación de las bases de desarrollo.**

##### **Objetivo General.**

En esta fase se busca generar una base sobre la cual empezar a construir el Sistema de Información Geográfica. Es la etapa inicial que permite introducir el manejo de este tipo de material dentro de la institución. Es también un primer momento de acopio y sistematización de material que servirá como base para la generación de información propia.

##### **Objetivos Específicos y Plan de Actividades.**

**Objetivo.** Generación de una biblioteca de capas de información geográfica general lo más amplia y precisa posible para servir como base a la generación de material propio.

**Actividades.** Contacto con instituciones públicas y privadas para la obtención de material cartográfico. Sistematización, dibujo y generación de una base de datos de referencia.

**Producto.** Biblioteca de capas geográficas básicas.

**Objetivo.** Lograr un primer contacto con las distintas áreas de la intendencia de manera de generar canales y protocolos de comunicación y consulta fluidos.

**Actividades.** Contacto con directores y responsables de áreas. Designación de referentes de área como vínculo directo de la Unidad con cada área de la Comuna.

**Producto.** Grupo de referentes institucionales.

**Objetivo.** Generar en la institución capacidad para el manejo, generación e interpretación de material cartográfico.

**Actividades.** Definición y adquisición de software y hardware apropiados para el trabajo con material georeferenciado. Ciclos de capacitación en herramientas informáticas dirigidas al uso de material cartográfico.

**Producto.** Grupo de funcionarios con capacidad técnica y en infraestructura para el manejo de información cartográfica.

#### **Fase 2. Capacidad de consulta y generación de información.**

##### **Objetivo General.**

Alcanzar un primer nivel de transversalización de la información geográfica, asegurando canales y herramientas que permitan el acceso a la información disponible.

##### **Objetivos Específicos y Plan de Actividades.**

**Objetivo.** Sistematizar los procesos de generación de información nueva por parte de los referentes de área del Sistema de Información Territorial.

**Actividades.** Generación de protocolos para la consulta, el acceso y la generación de información territorial por parte de los referentes del Sistema. Capacitación del grupo de referentes sobre dichos procedimientos.

**Producto.** Protocolo de generación y almacenamiento de material nuevo.

**Objetivo.** Lograr un acceso fluido a la información existente generando una base de trabajo que asegure la coherencia en la generación de material nuevo.

**Actividades.** Desarrollar las herramientas necesarias para generar la capacidad de brindar un servicio de mapas (MapServer) que permita usar la biblioteca de capas como referencia para el trabajo de los referentes del sistema.

**Producto.** MapServer.

**Objetivo.** Crear un servicio de impresión de mapas que posibilite a funcionarios y público en general el acceso a material cartográfico impreso en distintos formatos.

**Actividades.** Adquisición de equipamiento necesario para la impresión en distintos formatos y calidades de material gráfico/cartográfico. Elaboración de un catálogo básico de material cartográfico disponible. Definición de protocolos y mecanismos para la generación e impresión de material cartográfico personalizado por parte de actores institucionales y/o público en general.

**Producto.** Servicio de impresión cartográfica.

**Objetivo.** Generar un medio para informar y concientizar sobre los avances en el desarrollo del Sistema de Información territorial entre posibles usuarios y público en general.

**Actividades.** Edición de una publicación periódica interna y folletos informativos para el público general que expliciten las novedades, avances y potencialidades del Sistema de Información Territorial.

**Producto.** Publicaciones.

### Fase 3. Primer nivel de interactividad. SIT 1.0.

#### Visualización de información.

##### Objetivo General.

Lograr la capacidad de interacción con usuarios no especializados en el uso de herramientas específicas. Incluir el manejo y la generación parcial de información dentro de los procesos ya establecidos en la Comuna canaria.

##### Objetivos Específicos y Plan de Actividades.

**Objetivo.** Coordinación con procesos administrativos ya instalados en la Comuna (expediente electrónico, licencias, etc). Para la inclusión de información territorializada.

**Actividades.** Coordinación con ATI para la modificación y/o coordinación de los procesos existentes y el SIT.

**Producto.** Territorialización de los procesos existentes.

**Objetivo.** Lograr el acceso universal a la información territorial existente por parte del funcionariado municipal.

**Actividades.** Desarrollar las herramientas necesarias para generar la visualización y consulta de información territorial por parte de los funcionarios municipales.

**Producto.** ComunaMap, visualizador interno de mapas.

**Objetivo.** Generar capacidades para el uso y aprovechamiento de las herramientas de información territorial.

**Actividades.** Capacitación del funcionariado en general en el uso de los visualizadores y la realización de consultas al mismo.

**Producto.** Cursos de capacitación.

**Objetivo.** Lograr el acceso universal a la información territorial existente por parte del público en general.

**Actividades.** Desarrollar las herramientas necesarias para generar la visualización y consulta de información territorial por parte de la ciudadanía

**Producto.** ComunaEarth, visualizador web.

### Fase 4. Segundo nivel de interactividad. SIT 2.0.

#### Consulta de información.

##### Objetivo General.

Lograr la capacidad para la consulta específica y la generación de información territorial por parte del público en general.

##### Objetivos Específicos y Plan de Actividades.

**Objetivo.** Creación de un portal para hacer accesible a la ciudadanía los servicios relacionados con la información territorial sistematizada y generada por la Comuna Canaria.

**Actividades.** Implementación del portal geográfico. Desarrollo de herramientas para la prestación de servicios, MapServer, FileServer, visualizadores, Goolge Earth.

**Producto.** Portal de servicios geográfico-territoriales.

**Objetivo.** Centro para la generación de productos y estudios específicos a actores institucionales y actores externos.

**Actividades.** Definición de protocolo de pedido y generación de productos específicos. Generación de productos específicos en base al procesamiento de información territorial por parte de la Unidad de Geomática.

**Producto.** Servicio de estudios territoriales.

### Fase 5. Tercer nivel de interactividad. SIT 3.0.

#### WikiSIT.

##### Objetivo General.

Lograr la capacidad de interacción con la ciudadanía en general para la generación de información de manera participativa.

##### Objetivos Específicos y Plan de Actividades.

**Objetivo.** Lograr un nivel de participación ciudadana que permita incluir en el SIT información generada por particulares y distintos actores de la sociedad.

**Actividades.** Desarrollo de herramientas que posibiliten la generación de material georreferenciado por parte de usuarios sin ningún nivel de capacitación específica. Crear los protocolos para la verificación, sistematización e inclusión de dicha información en el SIT.

**Producto.** WikiSIT.



#### 4. REFLEXIONES FINALES

El equipo de gobierno departamental del periodo 2005-2010 ha hecho frente desde su asunción a una institución que mostraba una estructura de gestión extremadamente compartimentada, una economía en déficit, una ciudadanía demandante y una multitud de situaciones que exigían soluciones inmediatas y eficaces.

Sin embargo y sin dejar de atender las demandas urgentes que surgían desde la ciudadanía y desde el territorio mismo ese equipo fue capaz de mantener una perspectiva más amplia y plantear objetivos y caminos de cambio profundos y articulados que tuvieran como fin último la renovación y actualización de una institución que estaba al borde de la obsolescencia tecnológica.

El desarrollo del Sistema de Información Territorial ha sido parte de estos nuevos desafíos que se ha propuesto la Comuna Canaria en su camino de modernización y actualización. Este proceso no ha sido ajeno a las dificultades que presenta cualquier proceso de cambio, característica que es mucho más evidente en una Institución del tamaño y complejidad de la Comuna Canaria. Sin embargo y a pesar de las marchas y contramarchas, de las

asimetrías circunstanciales en los distintos procesos y de las resistencias al cambio la constante en este camino ha sido la convicción en la importancia de esta herramienta como mecanismo de articulación de las políticas departamentales. Esta convicción ha jalonado durante todo el periodo el avance del sistema y respaldado sus logros.

Con la continuidad del proyecto de gobierno departamental para el período 2010 - 2015 se ha reafirmado esta convicción y se está en una etapa de relanzamiento y revitalización de este proceso de desarrollo de un Sistema de Información Territorial.



## INVENTARIO NACIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Rosana Tierno  
rtierno@mvotma.gub.uy

Ana Alvarez  
anaalvarez@mvotma.gub.uy

Leticia Suarez  
Freddy Muñoz  
Adriana Cabrera

Colaboradores  
Ana Lawlor  
Carolina Maneiro  
Pablo Pereyra  
Tania Turren  
Myriam Montero  
Virginia Pedemonte  
Astrid Sánchez  
Soledad Mantero

ICA  
Martín González  
gonzalez@ica.com.uy

Daniel Alvarado  
Verónica García  
Gustavo Drets

AGESIC  
Adriana Mascherini  
adriana.mascherini@agesic.gub.uy

**Dirección Nacional De Ordenamiento Territorial**

## RESUMEN

El Artículo 78 de la Ley Nº 18308 de junio de 2008, marco del Ordenamiento Territorial y el Desarrollo Sostenible crea el Inventario Nacional de Ordenamiento Territorial y lo ubica en la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial.

Con el objeto de cumplir con lo allí dispuesto de forma útil para la coordinación interinstitucional y la compatibilización de políticas, programas, planes y proyectos de relevancia territorial, la Dirección de Ordenamiento Territorial ha desarrollado un proyecto, siguiendo los lineamientos de la IDEuy y basado en las tecnologías de sistemas de información geográfica de manera de facilitar el registro y permitir la visualización de la expresión territorial así como el acceso a una ficha, de los Instrumentos de Ordenamiento Territorial aprobados, Instrumentos en elaboración y principales estudios territoriales.

Los trabajos realizados abarcan los siguientes componentes:

- Un registro electrónico de instrumentos, que permite a las Instituciones generadoras de Instrumentos de Ordenamiento Territorial registrar electrónicamente los Instrumentos aprobados.
- Una aplicación SIG para georreferenciar Instrumentos de OT, Instrumentos en elaboración y estudios territoriales.
- Una consulta de instrumentos y estudios en la web, operativa, utilizando mapas interactivos y archivos HTML para los reportes, de manera que instituciones interesadas y toda la ciudadanía pueda acceder en forma rápida a la información básica, mediante una ficha de herramientas de planificación y gestión, así como visualizar su expresión geográfica en el territorio. La inclusión de funcionalidades SIG permite visualizar distintos aspectos de la información y establecer relaciones de enlace entre la base de datos y la cartografía digital de acuerdo a las necesidades del usuario, potenciando así las capacidades operativas del Inventario.
- La disponibilización mediante servicios OGC de la información producida

Para el desarrollo de las aplicaciones se contrató a la empresa ICA (Choel S.A.) por medio de AGESIC – Fondos Concursables 2009.

**Palabras clave:** inventario, planificación, SIG, IDE

## 1.DESCRIPCIÓN

El Artículo 78 de la Ley Nº 18308 de junio de 2008, marco del ordenamiento territorial y el desarrollo sostenible crea el Inventario Nacional de Ordenamiento Territorial y lo ubica en la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial.

Con el objeto de cumplir con lo allí dispuesto de forma útil para la coordinación interinstitucional y la compatibilización de planes territoriales, la Dirección de Ordenamiento Territorial se ha propuesto desarrollar un sistema de información georreferenciado, que permita acceder en forma rápida a la información básica de herramientas de planificación y gestión y visualizar su ámbito de aplicación en el territorio. La inclusión de funcionalidades SIG permitirá visualizar distintos aspectos de la información de acuerdo a las necesidades del usuario, potenciando así las capacidades operativas del Inventario.

### **Artículo 78. (Inventario Nacional de Ordenamiento Territorial. Registro de Instrumentos)**

*Créase el Inventario Nacional de Ordenamiento Territorial que funcionará en la órbita de la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), con el fin de facilitar la coordinación interinstitucional y compatibilizar políticas, programas, planes y proyectos de relevancia territorial.*

*Los responsables de la elaboración de los instrumentos de ordenamiento territorial previstos en la presente ley y de los planes, programas y proyectos de relevancia territorial a desarrollarse por organismos del Gobierno Nacional o de los departamentos o de los entes y servicios del Estado, deberán inscribir los mismos en el mencionado Inventario en los plazos y condiciones que prevea la reglamentación.*

*Los planes, instrumentos, programas y proyectos vigentes con anterioridad a la presente ley se deberán inscribir en un plazo de 180 (ciento ochenta) días de aprobada su reglamentación.*

*La posible cooperación técnica y económica del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) con los Gobiernos Departamentales, quedará condicionada al cumplimiento de la inscripción dispuesta.*

*La información contenida en el Inventario estará disponible para consulta por parte de las instituciones interesadas y del público en general.*

## 2. OBJETIVOS

La finalidad de este proyecto fue la creación un catálogo de instrumentos de ordenamiento territorial, instrumentos en elaboración y estudios territoriales, electrónico georreferenciado, que permita la consulta rápida de los datos más relevantes contenidos en cada uno así como permitir la visualización de su expresión territorial.

### Objetivos Específicos:

- Crear un registro electrónico de vía web de instrumentos de ordenamiento territorial y un registro interno de nuevos Instrumentos y Estudios.
- Georreferenciar los registros contenidos en el catálogo.
- Permitir consultas de instrumentos de Ordenamiento Territorial, instrumentos en elaboración y estudios territoriales en la web, utilizando mapas interactivos y reportes.

## 3. ENTIDADES

Son tres los componentes o entidades del Inventario:

### *Instrumentos de Ordenamiento Territorial*

Instrumentos para el ordenamiento territorial y desarrollo sostenible en los distintos ámbitos de aplicación (nacional, regional, departamental, microrregional o local) que incluyen: Directrices Nacionales, Programas Nacionales, Estrategias Regionales, Ordenanzas Departamentales, Directrices Departamentales, Planes Locales, Planes Interdepartamentales, Planes Parciales y Sectoriales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible y Programas de Actuación Integrada. El objetivo final de estos documentos es constituirse en un instrumento jurídico de ordenación. Por otra parte se incluyen los instrumentos particulares (ordenanzas específicas municipales) con las determinaciones generales respecto a la gestión, planificación y actuación territorial en una jurisdicción territorial propuesta específica, elaborados en las distintas escalas territoriales.

También se incluirán planes, programas, proyectos de relevancia territorial desarrollados por organismos del Gobierno Nacional, Departamentos, Entes Públicos y Servicios del Estado.

### *Instrumentos en Elaboración*

### *Instrumentos con comunicación inicial en el MVOTMA*

### **Estudios Territoriales**

Estudios o propuestas para guiar posteriores instrumentos o para ejecutar algún tipo

de acción relativa al Ordenamiento Territorial. La principal fuente de información es la DINOT.

Cada uno de estos componentes cuenta con una descripción de los datos más relevantes y la georreferenciación de su ámbito de aplicación. En el caso de los Instrumentos vigentes se puede visualizar la zonificación y usos del suelo propuestos. Por otra parte, se puede visualizar como otra Normativa Urbanística la zonificación vigente de las localidades (categorización del suelo para los departamentos que cuentan con Instrumentos posteriores a la LOTDS).

## 4. MODELO DE DATOS

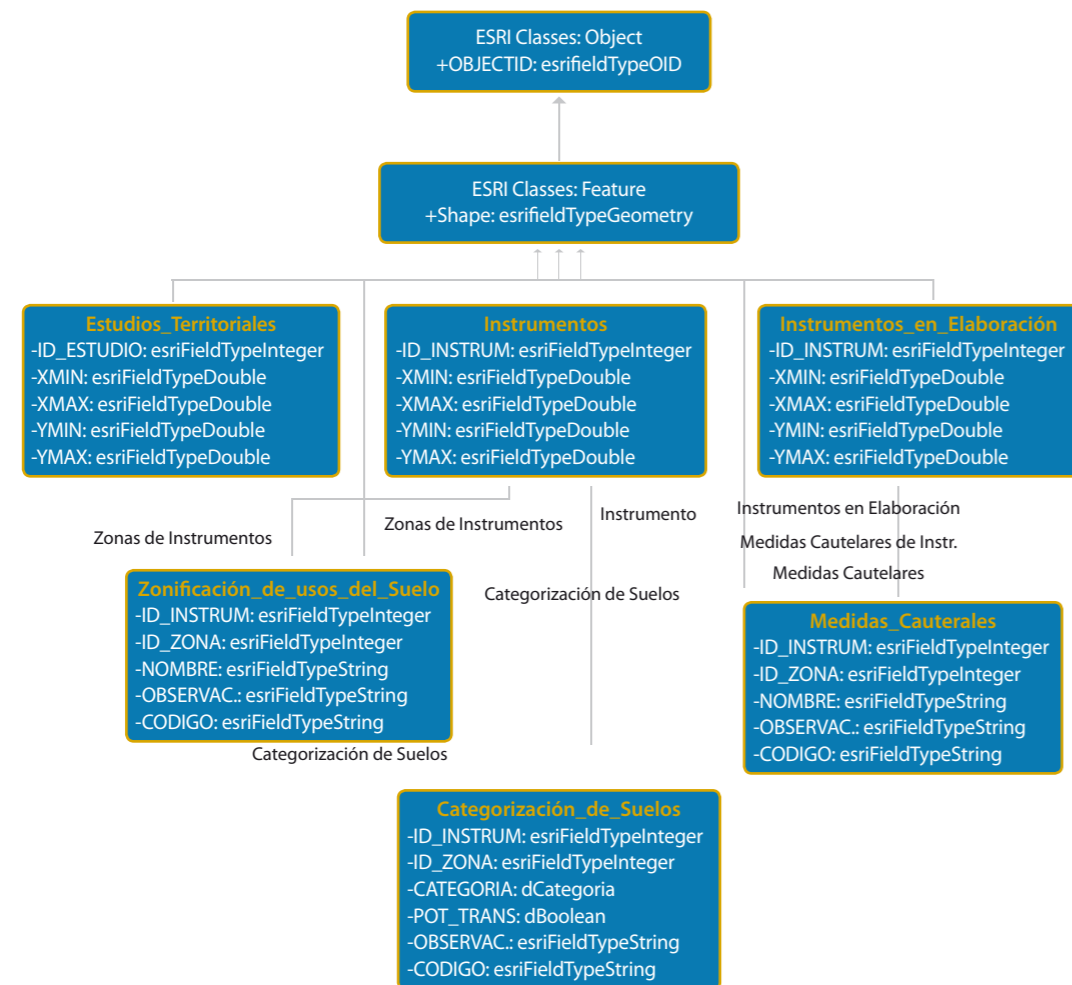
A fin de conformar el Inventario de Ordenamiento Territorial se creó una base de datos SQL con la información alfanumérica, una geodatabase con la información espacial y vistas que combinan ambos aspectos de la información, de manera de mejorar el aprovechamiento de la información disponible. Se tuvieron en cuenta las siguientes premisas:

- Los instrumentos de ordenamiento, los instrumentos en elaboración y los estudios territoriales se almacenan en tres capas. Siendo la base de datos geográfica el repositorio para la componente espacial y la base de datos alfanumérica para la información descriptiva, con una clara diferenciación de acuerdo al tipo de entidad.
- Se incluyen los siguientes atributos como información de la base de datos alfanumérica (ver tabla anexa).
- Cada instrumento o estudio está relacionado con una porción de territorio, objeto de la entidad: el ÁMBITO DE APLICACIÓN.
- En los casos de instrumentos vigentes que poseen expresión gráfica de la zonificación o categorización de suelo, así como de la zonificación de usos del suelo, éstas se incluyen como nuevas capas de información espacial.
- En el caso de instrumentos en elaboración que determinen medidas cautelares, éstas se incluyen como otra capa de información espacial
- Los instrumentos de ordenamiento se relacionan entre sí, para mantener registro cronológico de distintos instrumentos o versiones sucesivas de un mismo instrumento, actuando sobre un mismo territorio. Para esto se incluyen dentro de la tabla de instrumentos, identificadores únicos que permitan la relación con otros instrumentos contenidos en la misma tabla.
- Se almacena información digital de cada entidad, incluyendo textos, planos de ubicación, e imágenes de diversa índole, posibilitando un acceso libre y generalizado a la misma desde los reportes.

La base de datos alfanumérica es gestionada por la aplicación de registro web.

La geodatabase desde el SIG y el módulo desktop.

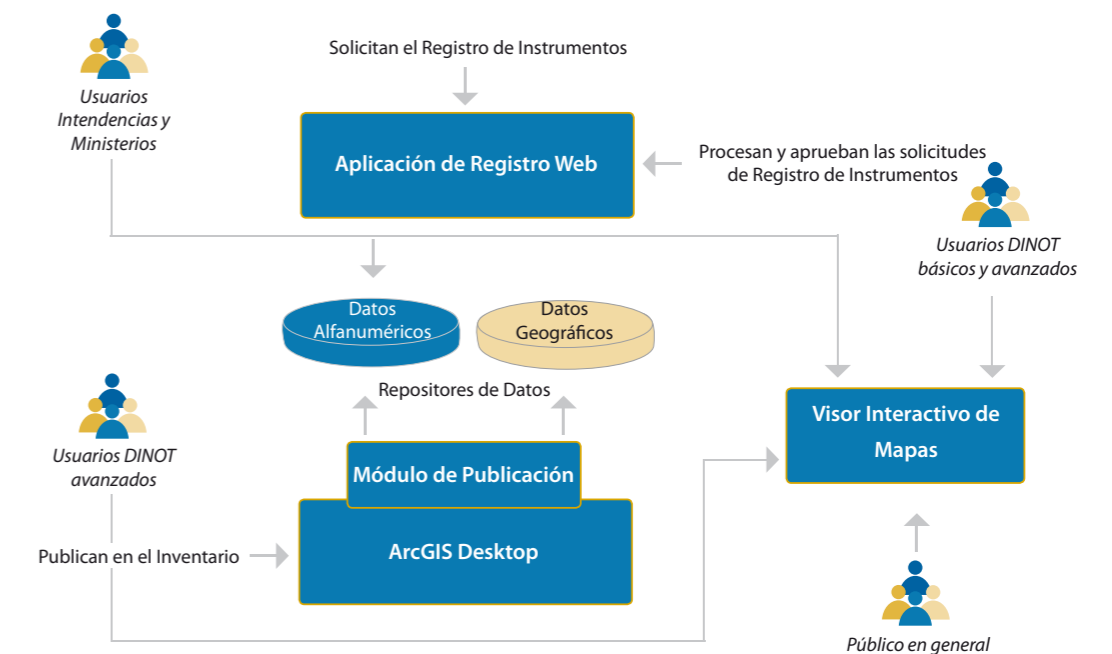
Y las vistas se visualizan desde el visor interactivo de mapas, tanto su expresión territorial como la información a través de los reportes.



## BASE CARTOGRÁFICA

Las bases cartográficas utilizadas tanto para la georreferenciación como para el visor son:

- **Vectorial** – información puesta a disposición por la IDEuy
- **Relieve** – en base a información IDEuy
- **Imágenes** – servicio de acceso público de ESRI



## 5.APLICACIONES

### • Aplicación de Registro Web

Permite registrar vía web los instrumentos de OT una vez aprobados, y así cumplir con lo exigido por la ley de manera electrónica. El acceso a esta aplicación lo realizan usuarios registrados a través del link: <http://www.dinama.gub.uy/sia/dinot/RegistroWeb/frmLogin.aspx>

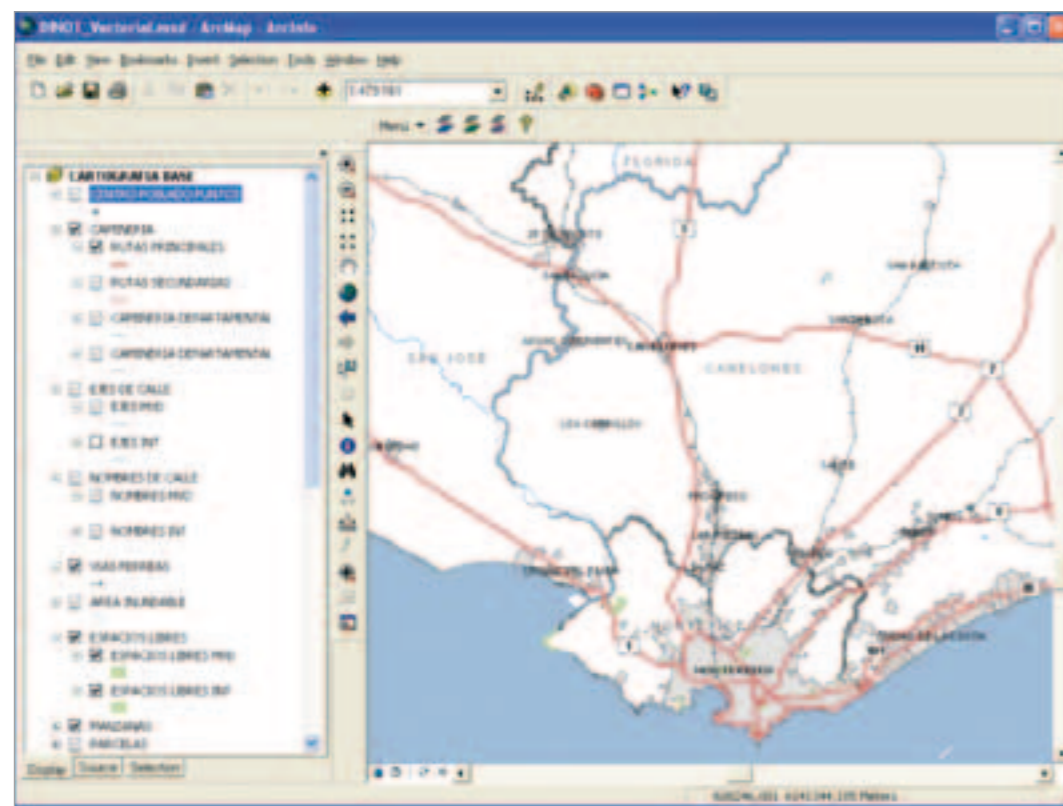
TABLA	CAPA	VISTA GEOGRÁFICA
INSTRUMENTOS	Instrumentos	VGEO Instrumentos
ESTUDIOS	Estudios Territoriales	VGEO Estudios Territoriales
INSTRUMENTOS ELA	Instrumentos en elaboración	VGEO Inst. en elaboración
INSTRUMENTOS	Zonificación de usos del Suelo	VGEO Zon. de usos del Suelo
INSTRUMENTOS	Categorización de Suelos	VGEO Cat. de Suelos
INSTRUMENTOS ELA	Medidas Cautelares	VGEO Medidas Cautelares





#### • Módulo Desktop de Publicación

La publicación o incorporación de la componente geográfica de las entidades del INOT se realiza en el Módulo Desktop de Publicación, por un usuario publicador de la DINOT



#### • Visor Interactivo de Mapas

Disponible para todo usuario y público en general  
Toda entidad del INOT de la cual se cuente con su expresión territorial podrá ser visualizada en el mapa por medio del Visor Interactivo de Mapas.

<http://www.dinama.gub.uy/sia/dinot/inot/VisorInteractivo.aspx>



El esquema general permite la consulta tanto desde el punto de vista espacial como a partir de búsquedas por entidad

- El visor permite visualizar los tres tipos de entidades por clase sobre una de las tres posibles cartografías base.
- Desplegar capas adicionales en el caso de los Instrumentos.
- Cuenta con herramientas básicas de navegación y permite hacer consultas y visualizar información de las entidades:

**Map tips:** acceso a información descriptiva de los elementos del INOT desplazando el ratón sobre el mapa

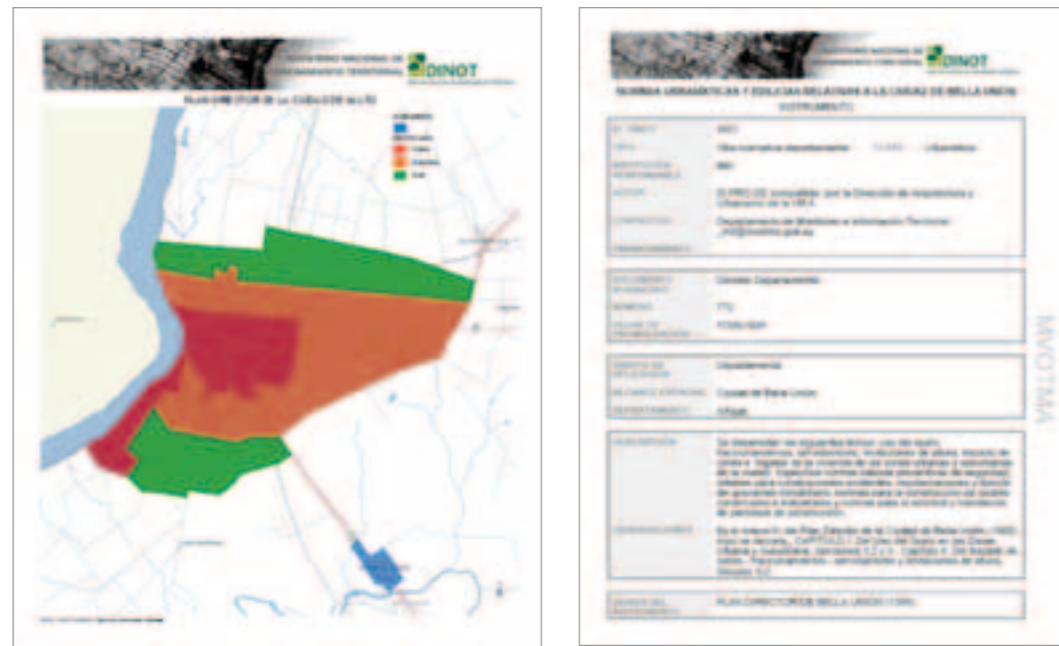
**Herramienta de Información:** acceso a información descriptiva de los elementos pinchando sobre el mapa

**Consultas:** permite buscar elementos del INOT a partir de información descriptiva de los mismos y navegar por los vinculados

- Y permite exportar información:

**Impresión del mapa:** permite generar un documento de impresión de la vista del mapa del INOT

**Reportes:** Permite generar un reporte en formato PDF con la información alfanumérica de los elementos del INOT y acceder a los documentos anexos al mismo, así como navegar por los elementos vinculados, si hubiera



### SOFTWARE UTILIZADO

- ArcGIS Server Enterprise 9.3.1
- ArcSDE Enterprise 9.3.1
- ArcGIS Desktop 9.3.1
- gvSIG
- ESRI Silverlight API
- SQL Server 2008

## 6. POTENCIALES BENEFICIARIOS

Son beneficiarios de este Proyecto: los Gobiernos Departamentales, las Instituciones públicas que llevan adelante procesos de planificación de sus inversiones, público en general.

## 7. ANEXOS

**TABLA ATRIBUTOS**

ID ÚNICO	Identificador único del instrumento
NOMBRE	Nombre del instrumento
TIPO/CLASE	Tipificación del instrumento de OT
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	Institución emisora del Instrumento
AUTOR	Equipo que realiza el instrumento
CONTACTOS	Contacto institucional
FINANCIAMIENTO	Organismo financiador, como contratante directo o por convenio con otra institución
TIPO DOCUMENTO NORMATIVO	Categorización según el nivel legislativo de aprobación
Nº DOC. NORMATIVO	Numero con el que es aprobado
FECHA	Fecha en que se promulga el instrumento
ÁMBITO DE APLICACIÓN	Categorización según el ámbito espacial donde aplica el Instrumento
ALCANCE ESPACIAL	Descripción del ámbito de aplicación
DEPARTAMENTO	Departamento donde aplica el Instrumento
DESCRIPCIÓN / OBSERVACIONES	Descripción sintética de los objetivos y contenido del instrumento y observaciones
ESTADO ACTUAL	Vinculado a su aprobación
PLANIFICACION DERIVADA	Indica si existen documentos de planificación derivados de éste
DOCUMENTOS	Documentos que conforman el instrumento

## 8. RESEÑA BIOGRÁFICA

### Ana Alvarez

Arquitecta, graduada en la Universidad de la República, Uruguay, con especialización en SIG, y Desarrollo Regional y Local en la Universidad Católica del Uruguay y CLAEH. Actualmente trabaja en el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, como Coordinadora del Departamento de Monitoreo e Información Territorial de la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial. Es integrante del Grupo de Trabajo de Infraestructura de Datos Espaciales (GTIDE) de AGESIC.

## INTEGRACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL EN LAS INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES

Federico Carve\*  
federico.carve@lappu.edu.uy

Pastor Fábrega-Álvarez\*\*  
pastor.fabrega-alvarez@iegps.csic.es

César Parceró-Oubiña\*\*  
cesar.parceró-oubina@iegps.csic.es

Camila Gianotti García\*  
camila.gianotti@lappu.edu.uy

### Institución

\*Laboratorio de Arqueología del Paisaje y Patrimonio (FHCE, CURE),  
Universidad de la República.

\*\*Laboratorio de Patrimonio (CSIC), España.

## RESUMEN

El Patrimonio Cultural está formado por un conjunto de elementos, materiales e inmateriales, que cada sociedad reconoce como propios e idiosincráticos y, como tales, merecedores de protección legal. La dimensión espacial y geográfica es fundamental para gestionar el Patrimonio Cultural, pues los elementos que lo componen se localizan en espacios determinados que son parte esencial del propio valor patrimonial de estos elementos.

Todo lo anterior significa que, en gran medida y aún dentro de una singularidad propia, el Patrimonio Cultural es información geográfica. Como tal, y de partida, es posible considerar al Patrimonio como algo susceptible de ser representado, administrado, analizado y difundido a través de una IDE. Pero además el Patrimonio, en la medida en la que se constituye en forma de lugares protegidos, conforma una categoría de datos geográficos de importancia esencial no sólo en sí mismos, sino en relación con otros y dentro de las políticas de ordenación y planificación del medio, de gestión ambiental y de desarrollo local o turístico. Por esta razón resulta esencial que esta información se integre dentro de una política de interoperabilidad geo-espacial.

En esta comunicación presentaremos una serie de consideraciones generales sobre lo anterior, acompañadas de la ilustración de algunas iniciativas que, en otras partes

del mundo, han empezado a trabajar sobre la integración de los datos patrimoniales en el desarrollo de IDE nacionales e internacionales. Así, haremos referencia al papel del Patrimonio Cultural dentro del marco regulatorio de la Directiva Europea INSPIRE, y a la experiencia recién iniciada de implementación en España de esta directiva en relación con el Patrimonio Cultural. Por otra parte, en 2008 se crea en Uruguay el LAPPU (UR), una unidad de investigación que ha comenzado a implementar este tipo de aproximaciones al Patrimonio dentro del marco de un programa de cooperación científica con España. A partir de estas experiencias presentaremos una serie de líneas generales que consideramos que pueden resultar orientativas de las direcciones que, en el futuro inmediato, podrá tomar la incorporación del Patrimonio Cultural en el marco de las IDE en el Uruguay.

### I. El Patrimonio y su dimensión territorial

El Patrimonio Cultural es un concepto elusivo pero central hoy día a muchos niveles. No existe ciertamente una definición estándar, universal y definitiva de qué es exactamente el Patrimonio Cultural, pero al tiempo no es un concepto extraño a nadie. Socialmente es un concepto esencial, pues se relaciona con cuestiones tan centrales como la propia identidad de las personas y de los colectivos sociales. Pero es también, y por ello, algo regulado legalmente, a menudo protegido pero en todo caso ordenado, de formas más o menos diferentes en cada lugar, aunque semejantes en la medida en la que existen normativas y recomendaciones transnacionales derivadas de organismos como UNESCO.

Aunque sería difícil, e interesante, ensayar las diferentes formas posibles de definir el Patrimonio Cultural, proponemos para los fines de este trabajo considerar que está formado por el conjunto de aquellos elementos, materiales e inmateriales, que un colectivo social reconoce como propios e idiosincráticos. A menudo se trata de elementos procedentes del pasado, relacionados con el devenir histórico de un grupo, una comunidad o una nación. A menudo también se trata de **elementos monumentales**, de valor artístico singular, como palacios, iglesias o edificios públicos. Pero todavía más a menudo son cosas más prosaicas o cotidianas las que forman la mayor parte de los bienes patrimoniales de cualquier lugar: **objetos** arqueológicos, arquitecturas populares, etc... O también realidades mucho más amplias, como **zonas, regiones o paisajes**. Y no sólo son objetos o construcciones, sino también **tradiciones, usos, lenguajes,...**, elementos que podríamos caracterizar como inmateriales.

Todas estas cosas están, u ocurren, en lugares concretos. De hecho, y como desde la arqueología o la historia se ha venido reconociendo hace ya décadas, los **lugares** en los que ocurren las cosas no son sólo un complemento importante de ellas, sino que son una parte esencial. Todo esto es importante no sólo desde un punto de vista más o menos científico o experto, sino especialmente desde un punto de vista práctico y político. El Patrimonio, como ya avanzamos, constituye una entidad sancionada legalmente, protegida de diferentes formas de tal manera que cualquier acto de alteración de un elemento patrimonial ha de ser informado, autorizado y documentado de acuerdo con una serie de protocolos y normativas. Y es que los elementos que constituyen el Patrimonio Cultural tienen una particularidad importante: son elementos no renovables,

únicos todos ellos, y que si son alterados o destruidos no pueden ser reemplazados sino que se pierden para siempre.

Es por esto que los elementos patrimoniales constituyen un tipo de **localizaciones espaciales** particulares. Por un lado, son elementos protegidos, de la misma forma que pueden serlo algunos espacios naturales. Por otro lado, su protección es particular por distintas razones, entre ellas especialmente una: no son siempre elementos evidentes y permanentes, directamente observables en el terreno, sino que a menudo son elementos efímeros, difusos o inciertos. Dos ejemplos nos ayudarán a entender esto. El primero son los **sitios arqueológicos**, a menudo (no siempre) enterrados bajo tierra y cuya localización e identificación se deriva de un trabajo experto, que es capaz de determinar el lugar y la extensión de algo que ha de ser protegido aunque no sea en absoluto evidente en superficie. El segundo ejemplo, diferente, son algunos elementos de lo que antes definimos como **patrimonio inmaterial**, por ejemplo relatos o tradiciones asociadas a determinados lugares. Los lugares son parte esencial de esos relatos, y por tanto su identificación y protección es parte esencial de la propia protección de esos elementos patrimoniales, pero de nuevo esa asociación entre el relato y el lugar no es visible y evidente de forma permanente en el terreno.

### II. La inclusión de los datos patrimoniales en las IDEs: el caso español (IDEE) dentro del marco de la directiva europea (INSPIRE)

La consideración del Patrimonio Cultural como un subconjunto de la información geográfica tiene un interesante caso de análisis en el contexto europeo. La necesidad de desarrollar políticas de ordenación y protección del medio ambiente comunes a toda la Unión Europea se encontró en su momento con un importante obstáculo práctico: la información necesaria para ello estaba fragmentada entre todos los estados miembros (hoy 27), con diferentes calidades, desigual accesibilidad, etc. A partir de 2001 empiezan a funcionar los primeros grupos de trabajo que darán lugar al desarrollo de lo que se convierte, en 2007, en una Directiva Europea denominada **INSPIRE** (Infrastructure for Spatial Information in Europe). Esto significa que es un documento cuyo contenido ha de ser desarrollado e implementado de forma obligatoria por todos los países de la UE. Para el caso de INSPIRE, la implementación se ha de hacer en varias fases, pero la fecha máxima para estar plenamente desarrollado por todos los países es 2019.

¿Qué busca, en concreto, conseguir INSPIRE? La creación de una Infraestructura de Datos Espaciales de la Unión Europea. La finalidad de esta IDE será "permitir el intercambio de información espacial medioambiental entre organismos públicos y facilitar el acceso del público a la información espacial en toda Europa". Explícitamente se trata de apoyar los procesos de gestión de toma de decisiones políticas, y para ello se definen una serie de principios generales ya bien conocidos (interoperabilidad, accesibilidad de la información, etc) y también una serie de conjuntos de información que habrán de ser capturados, procesados y servidos de acuerdo con estos principios.

La información que INSPIRE determina que ha de ser desarrollada y ordenada se organiza en una serie de **conjuntos de datos**, llamados **temas**, que son agrupados en tres grandes bloques en función de su importancia. Cada uno de estos bloques tendrá



una prioridad en su desarrollo, empezando por el primer bloque, en el que se incluye todo aquello que se define como “**información de referencia**”.

En este primer bloque se incluyen los siguientes datos:

1. Sistemas de coordenadas de referencia
2. Sistema de cuadrículas geográficas
3. Nombres geográficos
4. Unidades administrativas
5. Direcciones
6. Parcelas catastrales
7. Redes de transporte
8. Hidrografía
9. **Lugares protegidos.** Definidos como “Zonas designadas o gestionadas dentro de un marco legislativo internacional, comunitario o propio de los Estados miembros, para la consecución de unos objetivos de conservación específicos”.

El **Patrimonio Cultural**, en la medida en la que encaja plenamente en esta definición de “**Lugares protegidos**”, se considera como uno de los conjuntos de información geográfica preferentes dentro de esta normativa, aunque no se detalla más en concreto de qué manera ha de manejarse esta información. Esto forma parte del proceso de implementación de INSPIRE a nivel de cada país.

Efectivamente, cada uno de los países miembros de la UE ha comenzado a desarrollar, ya desde hace algunos años, lo que la directiva INSPIRE define. En España esta tarea se está realizando a través de diferentes grupos de trabajo coordinados por el Consejo Superior Geográfico, un organismo del Ministerio de Fomento. Es en este contexto donde, a finales de 2009, se formó un grupo de trabajo específico sobre Patrimonio Histórico, orientado a proponer la elaboración de normas, protocolos y recomendaciones para la implementación y estandarización de la información espacial relativa al Patrimonio. En este grupo toman parte expertos en diferentes campos del patrimonio (arqueología, historia del arte, arquitectura,...) junto con geógrafos, informáticos, etc., de tal forma que se combinan las capacidades de expertos en información geográfica con expertos en el campo temático concreto. El objetivo es tratar el Patrimonio Cultural como una “capa” más de información geográfica, pero atendiendo a sus particularidades respecto de otras clases de datos, algunas de las cuales hemos avanzado más arriba: incertidumbre, borrosidad, papel de la subjetividad, importancia del componente temporal.

### III. El LAPPU en Uruguay <sup>1</sup>

En Uruguay, la integración de la información patrimonial dentro del proceso de discusión de la IDE nacional, aún no se ha producido. En parte, porque desde el propio ámbito del Patrimonio estos temas empiezan a ser discutidos en forma muy reciente. Y en parte, porque hasta hace escasos cuatro años, no se identificaba un grupo de investigación y trabajo en estos temas concretos. Precisamente, el LAPPU es una de las instituciones que viene trabajando de forma sistemática en distintos temas relacionados con la dimensión espacial y geográfica del Patrimonio Cultural: actividades de inventario, localización y delimitación de los elementos patrimoniales, análisis territorial de elementos patrimoniales, entre otros aspectos.

El **Laboratorio de Arqueología del Paisaje y Patrimonio (LAPPU)** se crea en el año 2008, como fruto de la cooperación científica sostenida desde hace más de 10 años entre la Facultad de Humanidades (UR) y el Laboratorio de Patrimonio (CSIC) de España. Surge, gracias a un proyecto AECID-PCI, como unidad conjunta de investigación en Arqueología y Antropología para atender diferentes ámbitos de la gestión integral del Patrimonio en Uruguay. Depende de la Facultad de Humanidades (FHCE) y actualmente está en proceso de creación la unidad asociada en el Centro Universitario Regional Este (CURE) del Departamento de Rocha.

Pero como bien decimos, la creación y sentido del LAPPU, su misión y objetivos, se explica en gran parte, como la consolidación de una trayectoria de cooperación científica entre ambos grupos que ha estado marcada por cuatro momentos importantes:

- 1) un primer momento en el que se produce el intercambio de investigadores generado por intereses de investigación comunes: el origen de la arquitectura en tierra prehistórica.
- 2) un segundo momento (2000-2002) en el que ese interés deriva en el planteo de un proyecto anual de investigación conjunta orientado al estudio de los paisajes monumentales sudamericanos (Gianotti 2005).
- 3) Un tercer momento en que se apuesta por la consolidación de la cooperación y de las líneas de trabajo iniciadas previamente, a través de un proyecto (2005-2010) de gestión integral del Patrimonio Cultural de gran alcance (Criado et al 2006; Cuesta et al 2009; Gianotti et al 2007, Gianotti et al 2008).
- 4) El salto cualitativo fue dado a partir del 2008, con la creación del LAPPU a través de un proyecto AECID-PCI con una duración de cuatro años (Gianotti et al 2010; Marozzi et al 2009).

El LAPPU se planteó, en parte, como un proyecto de transferencia de resultados de investigación entre el LaPa y la UR, mediante el cual, desarrollos y resultados de investigación previos, fueron transferidos a agentes uruguayos para su apropiación y usufructo directo. En realidad lo que se ha transferido no son sólo tangibles concretos (ie: Sistema de Información, metodologías, protocolos, etc.), sino que, además, se ha transferido un modelo organizativo y teórico de la práctica científica en arqueología, antropología y patrimonio que, de hecho, es intangible. El propósito es que esa acción de transferencia desarrolle el germen de soluciones de investigación y aplicación en Patrimonio, que a través del LAPPU de lugar a un nuevo agente que opere desarrollos

<sup>1</sup> Algunos de los trabajos del LAPPU (publicaciones, documentos técnicos, pósters, etc.) se pueden consultar en <http://digital.csic.es/>

propios e integrales en los ámbitos señalados. De este modo se transfiere una solución y unos instrumentos concretos, que han dado lugar a un laboratorio nuevo que investiga, produce, transfiere y disemina nuevo conocimiento y aplicaciones en Patrimonio desde él mismo.

En estos momentos, uno de los objetivos centrales del LAPPU es el desarrollo del **Sistema de Información del Patrimonio Uruguayo (SIPAU)**. Este sistema, que describiremos más adelante, se crea a partir de desarrollos y resultados concretos de los proyectos de cooperación previos, y en base a un modelo (SIA+) desarrollado por el LaPa-CSIC (González-Pérez 1997) que fue transformado para adaptarlo a la realidad uruguaya. Se trata de un sistema que alberga información de diferente tipo de cerca de 2000 entidades patrimoniales de los Departamentos de Rocha y Tacuarembó (ver el póster sobre el SIPAU en este mismo Congreso). En estos momentos, nos encontramos en una fase de validación del SIPAU en el marco de proyectos y convenios propios, uno de ellos con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas SNAP (DINAMA-MVOTMA) para la catalogación de valores culturales en el área de Laureles-Cañas (Capdepon et al 2010), y otro con la Intendencia Municipal de Tacuarembó para desarrollar el Inventario de Patrimonio de Tacuarembó definido, como instrumento de planificación, por la ordenanza de ordenamiento territorial y desarrollo del Departamento. Al mismo tiempo, el LAPPU colabora con el proyecto internacional Metodologías para la Representación Formal del Patrimonio Cultural, del Plan Galego I+D-INCITE dirigido por el Dr. César González-Pérez (LaPa-CSIC) que tiene como objetivo la creación, selección, desarrollo, análisis, validación, demostración y transferencia de las tecnologías necesarias para la construcción de significado en torno a la información que se genera y maneja durante los trabajos de investigación y gestión del patrimonio cultural.

#### IV. El SIPAU en Uruguay <sup>1</sup>

El SIPAU, como hemos definido en el apartado anterior, es un sistema de información patrimonial con un fuerte componente espacial, ya que todas sus entidades están georreferenciadas. Como sistema incluye a los modelos, información de entrada y salida, manuales y procedimientos, usuarios, base de datos, software y hardware necesarios y la interconexión a un Sistema de Información Geográfica (SIG) a través de datos geográficos.

Su estructuración interna responde al esquema de la figura. Para comenzar el sistema esta basado en un modelo de datos, donde están definidas las entidades, categorías y clases de información, así como las relaciones entre ellas. En base a este modelo se realiza el registro de la información, tanto en campo como en el laboratorio a través de otras referencias: bibliografía, imágenes, fotografía aérea. Esta información es ingresada a una base de datos interconectada a un SIG, a través de los cuales es posible consultar, extraer y analizar información, así como representarla gráficamente a través de mapas y catálogos.



El sistema trabaja con distintas clases de información lo que permite disponer de datos de diferente naturaleza para cada entidad. Las entidades pueden ser descritas en cuanto a siete clases de información (González Pérez 1999):

- **Geográficas:** son las entidades que refieren a la localización o agrupación espacial de las entidades patrimoniales, arqueológicas y antropológicas. Tienen representación directa en SIG.
- **Patrimoniales:** son las entidades factibles de transformarse en PC; dentro de ellas encontramos los sitios, estructuras, conjuntos de materiales registrados en prospección y el patrimonio mueble.
- **Arqueológicas:** son las entidades propias del registro arqueológico, como ser las unidades estratigráficas, los grupos estratigráficos, entre otras.
- **Antropológicas:** son las entidades del PC que son de carácter inmaterial, que devienen de usos, costumbres, etc. En esta categoría encontramos las entidades patrimonio inmaterial y topónimos (estos últimos refieren a nombres que se le dan a las entidades geográficas).
- **Documentales:** son entidades que aportan información sobre las demás entidades, y se relacionan directamente a estas. Ejemplo de ellas son las fotografías, secuencias de audio y video, croquis, muestras para análisis, entre otras.

<sup>1</sup> Ver en [http://www.dariah.eu/documents/DARIAH\\_Newsletter-6\\_Summer2010.pdf](http://www.dariah.eu/documents/DARIAH_Newsletter-6_Summer2010.pdf)

- **Valorativas:** son entidades similares a las anteriores, pero donde entra en juego la subjetividad del investigador que registra a las entidades del PC, dando su opinión profesional sobre la situación patrimonial de las mismas, como se ven valoradas o debieran serlo, entre otros aspectos.
- **Organizativas:** son las entidades de carácter organizativo de los proyectos, como las fechas de ejecución, la duración, la financiación, el personal a cargo, personal que desarrolla tareas en el mismo, entre otras.

Estas entidades, correctamente **codificadas**, se encuentran relacionadas directamente a su **localización espacial**. A su vez, las entidades patrimoniales, arqueológicas y antropológicas tienen relacionadas las entidades documentales y valorativas correspondientes. A través de su localización es que se relaciona toda esta información en un SIG. Esta relación se da en diferentes **geometrías**, ya que las entidades patrimoniales son factibles de tomar diferentes formas: tendremos **información puntual** en relación a su localización, poligonal en el caso de la superficie que estas pueden ocupar (perímetros o contornos de estructuras, o delimitaciones del área de un sitio u entorno de protección) o **lineal** (el caso de estructuras como las mangueras, que se extienden de forma lineal).

El dato geográfico es obtenido habitualmente mediante localización con GPS en actividades de prospección en campo, o mediante estación total en excavaciones arqueológicas y levantamientos planimétricos. También es posible su obtención de forma indirecta a sea por fotografías aéreas rectificadas, imágenes satelitales, etc.

Como salida el sistema otorga diversos productos, como ser catálogos (incluyendo el registro gráfico, audio y video), consultas diversas según las necesidades de la investigación, mapas y cartografía temática; todo esto puede realizarse combinando o delimitando la información por cualquiera de los atributos de las entidades o por diversos geoprosesos posibles a través del SIG.

El SIPAU, como todo sistema de información, es completamente dinámico, por lo cual se encuentra en constante validación en los diversos proyectos de investigación o estudios técnicos que lleva a cabo el LAPPU (sobre todo en actividades de catalogación de valores culturales en áreas protegidas, planificación territorial, turismo, etc.).

#### V. Perspectivas en el marco de la IDE uruguaya.

Como se ha planteado en este trabajo, y como lo consideran sus autores, el Patrimonio Cultural es información geográfica, y como tal, puede y debe ser representado, administrado, analizado y difundido a través de una IDE. Su protección, por sí sola, y en relación a otros ámbitos de las políticas sectoriales como las de ordenamiento territorial, áreas protegidas, desarrollo local o turismo, hacen que sea fundamental su inclusión dentro de una política nacional de intercambio, interoperabilidad y accesibilidad geoespacial.

Es de suma importancia articular los mecanismos para que la información patrimonial

que genera toda la administración pública se incorpore a la IDE. En este sentido, hay que contemplar la complejidad inherente a la representación espacial del Patrimonio, y a toda la información relacionada con la que cuentan los diversos organismos, potenciando el uso de tecnologías digitales adecuadas, como los SIG o el GPS.

En esta línea de pensamiento, el Patrimonio Cultural no puede quedar al margen de la IDE en Uruguay. El trabajo que viene realizando el LAPPU, y en colaboración con el LaPa-CSIC (quienes, como se comentó antes, están trabajando en esta iniciativa pionera en el subgrupo de Patrimonio Histórico de la IDE Española), con el desarrollo del SIPAU, va en ese camino y en compromiso con la generación de información de calidad para su correcta inclusión en la IDE del Uruguay.

#### VI. Bibliografía

**Capdepon I., Sotelo M., Marozzi O., Villarmarzo E. y Gianotti C.**, Patrimonio Cultural y Políticas Públicas. La experiencia en áreas protegidas en Uruguay. 2010 (e.p.). En Congreso Nacional Argentino. Mendoza.

**Criado Boado F., C. Gianotti y J.M. López Mazz J.M.** 2006. Arqueología aplicada al Patrimonio Cultural: cooperación científica entre Galicia y Uruguay. En Muñoz Cosme G. y C. Vidal Lorenzo (coord.). II Congreso Internacional de Patrimonio Cultural y Cooperación para el Desarrollo, pp.165-186. UPV. Valencia.

**Cuesta A. V., J. Dimuro, C. Gianotti y M. Muttoni.** 2009. De la investigación a la construcción participativa del patrimonio. Un programa de educación patrimonial y divulgación de la cultura científica en Uruguay. ARKEOS 4 (11). <http://mileto.pucp.edu.pe/arkeos/content/view/225/26/>

**Gianotti C.; F. Criado; J.M. López Mazz; Parcero-Oubiña C.** 2010. Paisaje y Territorio como marcos para la cooperación en Patrimonio. La experiencia del LAPPU en Uruguay. En IV Congreso Internacional de Patrimonio y Cooperación al Desarrollo, págs. 27-36. IAPH. Sevilla.

**Gianotti C., F. Criado, G. Piñeiro, N. Gazzán, I. Capdepon, Y. Seoane y Cancela C.** 2008: Dinámica constructiva y formación de un asentamiento monumental en el Valle de Caragatá. En Excavaciones en el exterior (2008). Informes y Trabajos, pp. 245-254. IPCE. Ministerio de Cultura. Madrid.

**Gianotti C., F. Criado Boado, y J.M. López Mazz.** 2007. Arqueología del Paisaje: la construcción de cerritos en Uruguay. En Excavaciones en el exterior 2007. Informes y Trabajos. pp. 177-185. IPCE. Ministerio de Cultura. Madrid.

**Gianotti C.** (Coord.) 2005. Cooperación científica, desarrollo metodológico y nuevas tecnologías para la gestión integral del Patrimonio arqueológico en Uruguay. Trabajos en Arqueología del Paisaje N° 36, IEGPS (CSIC). Santiago de Compostela.

**González-Pérez, C.** 1997. SIA+: manual del usuario. Serie Cuadernos en Arqueología del Paisaje N° 3. GIARPa. USC.

**González-Pérez, C., J. del Río Pose, M<sup>a</sup> de M. Bóveda, F. Criado Boado** 1997. Tecnologías orientadas a objetos en la gestión de recursos culturales. PH. Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, Vol 5 (21):37-140.

**González-Pérez,** 1999. Sistemas de Información para la Gestión de Recursos Culturales: Teoría, Metodología y Tecnologías. Santiago de Compostela. Tesis Doctoral.

**Marozzi O. Capdepont I., Carve F., Villarmarzo E., Sotelo M., López Mazz J. y Gianotti C.** 2009. Arqueología Aplicada en el Uruguay. Nuevos horizontes para la Gestión del Patrimonio Cultural. En II Jornadas de Investigación en FHCE. <http://www.fhuce.edu.uy/jornadas/IIJornadasInvestigacion/PONENCIAS/ponencias.html>

**Parcero-Oubiña, C. y González-Pérez, C.** 2010. Los SIG y la gestión de la información arqueológica. En V. Mayoral Herrera y S. Celestino Pérez (eds.): Sistemas de Información Geográfica y análisis arqueológico del territorio. Madrid: CSIC. (en prensa) <http://csic.academia.edu/CesarParceroOubi%C3%B1a/Papers/100107/Los-SIG-y-la-gesti%C3%B3n-de-la-informaci%C3%B3n-arqueol%C3%B3gica>

**Vecco, M.** 2010. A definition of cultural heritage: From the tangible to the intangible. Journal of Cultural Heritage, 11: 321–324.

## IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL COSTERO PARA URUGUAY

Adrián Tabaré Cal Álvarez  
adrianca77@yahoo.com.ar

### RESUMEN

La zona costera -porción del territorio cercano a la costa y área acuática adyacente- es un espacio con características especiales por: tener un alta concentración de población, generar un alto porcentaje del PBI, poseer una importante diversidad de plantas y animales autóctonos, ser fuente de importantes recursos marinos y costeros; todo ello en un superficie pequeña en relación al total del territorio uruguayo. Esas características determinan que sea necesario llevar adelante un desarrollo sostenible para la conservación y aprovechamiento de los recursos de la misma.

El Programa EcoPlata está promoviendo una Estrategia Nacional para la Gestión Integrada de la Zona Costera para el período 2010-2015 que tiene como objetivos estratégicos lograr: un desarrollo sostenible, un modelo de gobernanza, y un estilo de gestión participativa en la zona costera. El área de estudio de EcoPlata es la zona costera que abarca las costas hacia el Río de la Plata y Océano Atlántico de los departamentos de Colonia, San José, Montevideo, Canelones, Maldonado y Rocha, y las zonas acuáticas adyacentes.

En colaboración con el Sistema de Información Ambiental, de la Dirección Nacional de Medio Ambiente (MVOTMA), el Programa EcoPlata desarrolló el SIG del Sistema de Información Ambiental Costero (SIAC) que tiene por objetivo la generación de conocimiento, el apoyo en el proceso de toma de decisiones, la educación y la participación social para el desarrollo sostenible de la zona costera.

El SIAC permite la captación, estructuración, acceso y difusión de información relativa al medio ambiente de la zona costera. Éste cuenta con bases de datos, sistema de Información geográfica (SIG) en línea, biblioteca virtual, pronóstico numérico del tiempo, y enlaces a otros sistemas de información ambientales, cumpliendo así con la definición de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE).

El SIAC es el resultado de un proceso de integración de información medioambiental proveniente de diferentes instituciones, disciplinas y sectores, así como información generada por el propio Programa EcoPlata.

De los componentes que conforman el SIAC, el mas importante y que lo define en si mismo es su SIG.

Para la implementación del SIG en línea (visualizador de mapas) se usó software de código abierto y libre como: p.mapper 3.2 ejecutado sobre las aplicaciones MapServer 5.03 y Web Apache 2.2.9.. Las funcionalidades del visualizador de mapas son: acercamiento (zoom), desplazamiento, encendido y apagado de las capas, consultas de las tablas asociadas, generación de impresiones con leyenda y descarga de vistas en formato jpg y geotiff. Asimismo, se pueden consultar los metadatos de las capas desde el visualizador. Los metadatos se generaron y se disponibilizaron en la web con la herramienta Geonetwork 2.4 sobre la aplicación Apache Tomcat 5.5. Es posible que el visualizador de mapas haga uso de servicios WMS, WFS, y WCS, para acceso a información geográfica generada por otros organismos, instituciones, y proyectos.

La información presente en el visualizador abarca categorías temáticas como: información general, hidrografía, infraestructura, actividades en la costa, actividades antrópicas, ambientes y vulnerabilidad, áreas protegidas, navegación, batimetría, biodiversidad acuática y costera, información sociodemográfica, imágenes satelitales LANDSAT, imágenes satelitales de alta resolución; totalizando así unas 80 capas de información que pueden ser consultadas por intendencias, instituciones estatales, especialistas, y público en general.

Palabras claves: Desarrollo Sostenible, Infraestructura de Datos Espaciales, Sistema de Información Geográfica, Zona Costera.

## INTRODUCCION

De los elementos que componen el SIAC el más importante y que lo define en sí mismo es su SIG (<http://www.ecoplata.org/monitoreo-y-evaluacion/siac/sistema-de-informacion-geografica>). Todo el desarrollo del mismo, desde el procesamiento de la información en escritorio, hasta el visualizador de mapas en línea, ha sido realizado usando tecnologías de software de código abierto y libre.

## DEFINICIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES.

Una Infraestructura de Datos Espaciales -IDE- es un conjunto de recursos técnicos (catálogos, servidores, programas, datos, aplicaciones, y páginas web) que gestionan información geográfica (mapas, ortofotos, imágenes de satélite, etc.) disponible en internet, y que cumplen una serie de condiciones de interoperabilidad (normas, especificaciones, protocolos e interfaces).

Las IDE's están compuestas de datos, metadatos y servicios y pueden ser locales, regionales, nacionales o globales; y su objetivo es unificar procesos relacionados con la información geográfica, la cual debe ser accesible (con ciertas limitaciones impuestas por el dueño de la información) a través de Internet y debe existir acuerdo entre instituciones para compartir la información.

## DEFINICIÓN DE SERVIDOR DE MAPAS.

Un servidor de mapas (o visualizador de mapas) es un SIG a través de Internet. Este permite la consulta de información geográfica a través de Internet con el uso de un navegador de Internet -cliente ligero- como pueden ser: Mozilla Firefox, Internet Explorer, Opera, Google Chrome, o Safari. Un servidor de mapas funciona a petición del cliente ligero enviando páginas HTML (normalmente con contenido dinámico DHTML), con cartografía asociada en formato raster (por ejemplo GIF, JPG, o PNG). Los servidores de mapas son personalizables en cuanto a las herramientas de aplicación con que cuentan, de manera que sean intuitivos para usuarios no expertos en SIG.

La arquitectura de un servidor de mapas es del tipo cliente-servidor, donde el cliente -navegador de Internet/intranet- hace peticiones al servidor. Las peticiones llegan al servidor de mapas a través de Internet/intranet, y este responde extrayendo información del servidor de datos, y la presenta al servidor web que la envía a través de internet/intranet hasta el cliente. El servidor gestiona las peticiones del cliente y responde de manera ordenada a éstas. Cuando el cliente recibe datos del servidor (código HTML) los interpreta y los presenta al usuario en el navegador de Internet. El formato de los datos que lee el cliente determinan el tipo de cliente, cuando la cartografía que llega es de imagen (formato JPG, PNG, GIF, por ejemplo), un simple explorador HTML es suficiente. Pero cuando el cliente debe leer otro tipo de formato, como vectorial encriptado, donde son necesarios que se ejecuten funciones más sofisticadas es necesario contar con plug-ins. (Ver imagen 1).

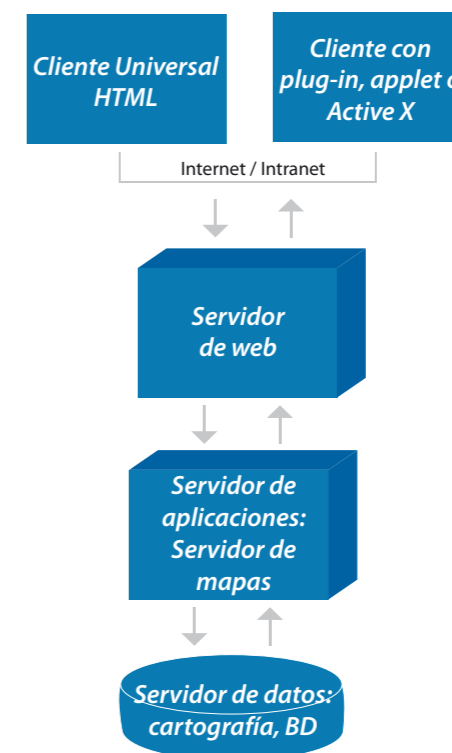


Imagen 1. Diagrama de un servidor de mapas.

Fuente: extraído y modificado de: Serra del Pozo, Pau (2002). "CINCO SERVIDORES DE MAPAS", en Mapping Interactivo. Revista Internacional de Ciencias de la Tierra. Especial - Octubre de 2002.

## COMPONENTES DEL VISUALIZADOR DE MAPAS.

**Servidor web para Mapserver:** Apache 2.2.9. Este es un servidor web HTTP de código abierto para plataformas Unix (BSD, GNU/Linux, etc.), Microsoft Windows, Macintosh y otras. Apache es usado principalmente para enviar páginas web estáticas y dinámicas en la World Wide Web.

**Servidor de mapas:** p.mapper 3.2 ejecutado sobre la aplicación MapServer 5.03. MapServer es un entorno de desarrollo en código abierto para la creación de aplicaciones SIG en Internet/Intranet con el fin de visualizar, consultar y analizar información geográfica a través de la red mediante la tecnología Internet Map Server (IMS). P.mapper es un Framework basado en MapServer y PHP/MapScript, que provee un buen conjunto de herramientas listas para usar. Tiene una API de plugins para agregar funcionalidades.

**Servidor web para Geonetwork 2.4:** Apache tomcat 5.5. Este es un servidor web con soporte de servlets y JSPs.

**Geoportal de búsqueda de metadatos:** Geonetwork 2.4. Esta es una aplicación de catálogo de metadatos geográficos en línea.

## MAPSERVER.

MapServer es un proyecto de código abierto cuyo propósito es mostrar mapas espaciales dinámicos a través de Internet. Algunas de sus características principales incluyen:

- Soporte para la visualización y consulta de cientos de formatos raster, vectorial y base de datos.
- Capacidad para funcionar en diferentes sistemas operativos (Windows, Linux, Mac OS X, etc).
- Soporte para los populares lenguajes de scripting y entornos de desarrollo (PHP, Python, Perl, Ruby, Java, .NET)
- Proyecciones al vuelo.
- Renderizado de alta calidad.
- Salidas de aplicación completamente personalizables.
- Muchos entornos de aplicación de código abierto listos para ser usados.

## ARQUITECTURA BÁSICA DE UNA APLICACIÓN MAPSERVER.

**Elementos que componen una aplicación MapServer:**

**Map file:** es un archivo de configuración de texto estructurado. El define el área del mapa, le dice al programa MapServer dónde están los datos y donde generar las imágenes de salida. También define las capas del mapa, incluyendo el origen de los datos, proyecciones y simbología. Debe tener una extensión .map para ser reconocida por MapServer.

**Datos geográficos:** MapServer puede utilizar muchos tipos de datos geográficos. El formato por defecto es el shapefile de ESRI.

**Páginas HTML:** es la interfaz entre el usuario y MapServer.

**MapServer CGI:** es el binario o archivo ejecutable que recibe peticiones y devuelve imágenes, datos, etc. Está ubicado en el cgi-bin o directorio de scripts del servidor http. El usuario del servidor Web debe tener derechos de ejecución para el directorio donde este está, y por razones de seguridad, no debe estar en la web raíz. Por defecto, este programa se llama mapserv.

**Servidor HTTP:** sirve las páginas html cuando es solicitado por el navegador del usuario. Se necesita un servidor HTTP (Web) trabajando, como Apache o Microsoft Internet Information Server en el equipo en el que está instalando MapServer.

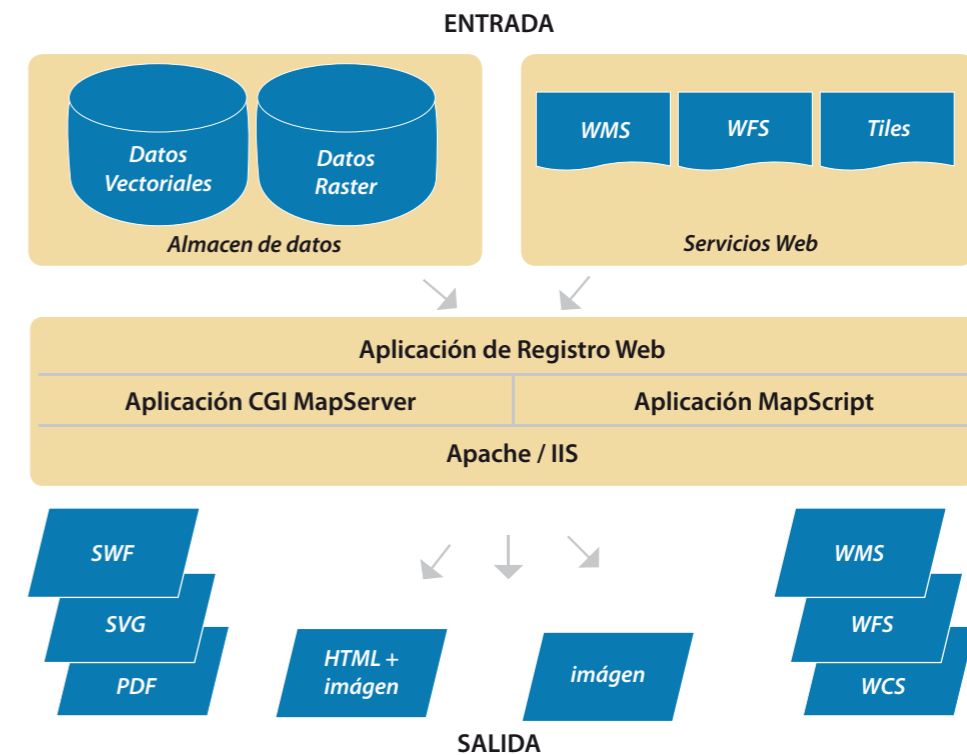


Imagen 1. Arquitectura básica de una aplicación MapServer.

Fuente: extraído y modificado de <http://mapserver.org>.

## P.MAPPER.

El marco p.mapper ofrece una amplia funcionalidad y múltiples configuraciones con el fin de facilitar la instalación de una aplicación MapServer. Las funciones incluidas son:

- Interface de zoom/paneo DHTML.
- Funciones completas de consulta (identificación, selección, búsqueda).
- Configuración muy flexible de funciones, funcionamiento y salidas.
- Interface de usuario multilinguaje.
- API plugin para agregar funcionalidades.

## VISUALIZADOR DE MAPAS EN LA WEB.

La página inicial del visualizador de mapas (<http://www.ecoplata.org/monitoreo-y-evaluacion/siac/sistema-de-informacion-geografica>) cuenta con el área de la vista y el árbol de capas con la información ordenada en categorías temáticas.

Imagen 3. Visualizador de mapas en [www.ecoplata.org](http://www.ecoplata.org).



En el área de la vista están presentes: las coordenadas geográficas, la escala del mapa en formato numérico y gráfico, y la barra de herramientas. En el árbol de capas vemos las capas ordenadas en categorías temáticas.

La barra de herramientas está compuesta por los botones de: visualización completa, ventana anterior, ventana siguiente, zoom para acercar, zoom para alejar, mover, identificar, autoidentificación, medida, añadir punto de interés, refrescar el mapa, imprimir mapa, y descargar.

## LA INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE CHILE Y EL DESAFÍO DE LA ELABORACIÓN DE NORMAS GEOESPACIALES

Pablo Morales Hermosilla  
pmorales@mbienes.cl

### Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial SNIT

## RESUMEN

El presente trabajo aborda el Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial (SNIT), nombre con que se conoce a la Infraestructura Nacional de Datos Espaciales (INDE) de Chile. El documento, describe el estado y funcionamiento de este sistema y sus desafíos actuales y futuros, haciendo especial énfasis en su actuar en el contexto Latinoamericano y el proyecto de elaboración de Normas Geoespaciales.

## 1. OBJETIVO

Describir el estado y funcionamiento de la Infraestructura de Datos Espaciales de Chile SNIT, sus desafíos actuales y futuros, destacando su actuar en el contexto Latinoamericano y el proyecto nacional "Elaboración de normas chilenas para el levantamiento y manejo de información geoespacial, como contribución al desarrollo de la Infraestructura Nacional de Datos Espaciales".

## 2. METODOLOGIA

Para realizar el presente documento se procedió a revisar el origen y los ámbitos de trabajo actuales del SNIT en cuanto se refiere la definición clásica de Infraestructura de Datos Espaciales es decir: Las tecnologías, políticas, estándares y recursos humanos para adquirir, procesar, almacenar, distribuir y mejorar la utilización de la información geográfica".

## 3. EL SISTEMA NACIONAL DE COORDINACIÓN DE INFORMACIÓN TERRITORIAL (SNIT)

Los organismos públicos utilizan y producen a diario gran cantidad de información

geoespacial. Sin embargo, conocidos son los problemas técnicos acerca del desconocimiento de la información existente, ausencia de documentación, restricciones de acceso, duplicación de esfuerzos, ausencia de interoperabilidad, entre otros.

Para hacer frente a estos inconvenientes es que fue creado el SNIT el año 2006 a través del Decreto Supremo N°28 del Ministerio de Bienes Nacionales. Ello, con el fin de mejorar la gestión de los antecedentes geográficos y espaciales generados por las diferentes instituciones públicas.

Para cumplir con tal finalidad el SNIT ha creado una institucionalidad descentralizada que abarca todos los órganos de la Administración del Estado que generan o usan información territorial pública, la cual está integrada por el Consejo de Ministros de la Información Territorial; la Secretaría Ejecutiva; Comité Técnico de Coordinación Interministerial; Ocho Áreas Temáticas, y Coordinaciones Regionales. El SNIT entrega responsabilidades a los Ministros en el nivel central y a los Intendentes en las Regiones.

El liderazgo del SNIT a nivel nacional radica en el Ministerio de Bienes Nacionales, mediante la presidencia del Consejo de Ministros, órgano superior del Sistema, y la Secretaría Ejecutiva, unidad encargada del funcionamiento operativo del SNIT.

El trabajo de la Secretaría Ejecutiva SNIT, se sustenta principalmente en dos líneas, una técnica tendiente a desarrollar acuerdos y medios tecnológicos que apoyen el desarrollo de una Infraestructura Nacional de Datos Espaciales, y una política orientada a generar una institucionalidad que permita dar continuidad y permanencia al trabajo de coordinación nacional, entregando así los espacios necesarios para la discusión, acuerdos y normalización de información geoespacial.

### **Desarrollos Tecnológicos del SNIT**

El SNIT está implementando los siguientes productos tecnológicos:

El Portal Web SNIT, [www.snit.cl](http://www.snit.cl): es la herramienta principal de difusión. Tiene como finalidad establecer un vínculo de comunicación con las instituciones y la comunidad nacional en general y, por otra parte, ser un enlace a las distintas iniciativas sectoriales, regionales, locales e internacionales que tienen relación con la gestión de la información territorial.

#### **Catálogo Nacional de Información Geoespacial.:**

desde fines del año 2005 el SNIT publica en el portal Web SNIT un conjunto de fichas sobre la información territorial existente en las instituciones del Estado y que regularmente los servicios suben al portal. Este catálogo es una herramienta construida para que los usuarios puedan descubrir y evaluar la información territorial disponible en el país y la forma de acceder a ella. Actualmente cuenta con aproximadamente 10.000 productos documentados, cuyos registros de metadatos han sido publicados por más 50 organismos distintos, y recibe en promedio aproximadamente 5.000 visitas mensuales (durante 2009).

#### **Geoportal de Mapas – Chile:**

Herramienta que entrega servicios complementarios a los ofrecidos por el Catálogo Nacional de Información Territorial. Sus funcionalidades permiten que diversas instituciones del Estado puedan indicar la cartografía digital que disponen y publican en Internet por medio de servicios de información, y que ésta sea visualizada en conjunto con otras múltiples fuentes de datos disponibles en a lo largo del país. Por ejemplo, integrar datos que publique el Ministerio de Obras Públicas con datos del Ministerio de Agricultura y del Ministerio de Vivienda y Urbanismo en una determinada región, lo que le permitirá al usuario optimizar su análisis.

#### **Geonodo:**

Es una herramienta informática que permite a una institución publicar su información geoespacial sobre un sitio web propio en Internet. La aplicación ha sido construida sobre software libre con la intención de que sea distribuida en las instituciones del país sin costos de licenciamiento asociados. Con ello se proveerá de capacidades básicas para el libre acceso a la información geoespacial. Geonodo posee características que le permiten interconectarse tanto con sus similares como con aplicaciones construidas sobre múltiples plataformas que soporten los estándares internacionales OGC (Open Geospatial Consortium). De esta forma se logrará la integración de la información a partir de una arquitectura descentralizada cuyo acceso principal está dado por el Geoportal de Mapas de Chile ([www.geoportal.cl](http://www.geoportal.cl)).

Geonodo se encuentra instalado y operando en las regiones de Atacama y Los Ríos.

#### **Mi Geografía:**

Corresponde a un portal educativo, cuyo objetivo principal es acercar el conocimiento geográfico y difundir la utilidad de la información territorial a población no experta, principalmente niños y jóvenes. El sitio se encuentra en [www.migeografia.cl](http://www.migeografia.cl) y posee contenidos interactivos para los niños.

#### **Blog SNIT**

Es un sitio Web en el que la Secretaría Ejecutiva y los miembros de la comunidad geoespacial puede escribir cronológicamente artículos de interés, noticias relacionadas con su que hacer en el ámbito geoespacial, a su vez es un espacio colaborativo donde los lectores también pueden escribir sus comentarios a cada uno de los artículos (entradas/post) que ha realizado el autor (dirección Web: <http://snitchile.blogspot.com/>).

#### **Facebook SNIT:**

Es una Red social que actualmente consta aproximadamente 280 miembros. Entre ellos



destacan funcionarios de gobierno, académicos, empresas, universidades, profesionales y estudiantes, todos ellos relacionados con la información geoespacial.

En Facebook SNIT se publican de manera sistemática, distintos datos e informaciones de interés para la comunidad geoespacial nacional e internacional y, también, se difunde el que hacer propio de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) de Chile.

### Contexto Latinoamericano

En cuanto al trabajo y participación del SNIT en el ámbito internacional, específicamente a su contribución al desarrollo de una red regional, cabe destacar la cooperación y apoyo prestado a países latinoamericanos que poseen IDEs en formación o en desarrollo. Ejemplo de ello son República Dominicana y Bolivia, donde se ha realizado transferencia tecnológica e instrucciones en IDE.

Otro punto a destacar es la activa participación del SNIT como miembro de la Red Geoespacial de América del Sur "Geosur" y en el Comité Permanente para la Infraestructura de Datos Espaciales (CP-IDEA) donde la Vicepresidencia para el período 2010-2014 recayó en el Secretario Ejecutivo del SNIT, Cristian Aqueveque Iglesias.

El Ministerio de Bienes Nacionales mediante el SNIT representa a Chile en el proyecto "Armonización de Terminología y Normas ISO al idioma español" el cual es desarrollado por el Instituto Geográfico Nacional de España (IGN) en conjunto con el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH). El objetivo de este trabajo es conseguir la armonización y la máxima sinergia en el esfuerzo que los países de habla hispana vienen desarrollando para disponer de la versión en español de la familia de Normas ISO 19100.

### Normas Nacionales de Información Geográfica y Geomántica.

Con respecto a la normalización información geográfica y geomántica, el SNIT ha emprendido el desafío de elaborar normas nacionales geoespaciales mediante el proyecto "Elaboración de normas chilenas para el levantamiento y manejo de información geoespacial, como contribución al desarrollo de la Infraestructura Nacional de Datos Espaciales".

El proyecto resulto ser beneficiario de los fondos concursables de INNOVA – CORFO (Corporación de Fomento de la Producción), específicamente a la línea de financiamiento de Bienes Públicos para la Innovación. La duración estimada del proyecto es de 36 meses. El objetivo general del proyecto es estandarizar la generación y uso de la información geoespacial nacional, de modo de permitir su interoperabilidad entre los diferentes organismos públicos, a través de la generación de un conjunto de normas chilenas que constituyan parte del soporte técnico del SNIT.

El mandante del proyecto es el Ministerio de Bienes Nacionales.

Participan como interesados:

- Instituto Geográfico Militar – IGM
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada – SHOA
- Servicio Aerofotométrico de la Fuerza Aérea de Chile – SAF
- Centro de información sobre Recursos Naturales – CIREN
- Ministerio de Obras Públicas – MOP
- Servicio Nacional de Geología y Minería – SERNAGEOMIN
- Agencia Chilena del Espacio – ACE

Para lograr este objetivo se estudiará la normativa internacional y se elaborará un conjunto de normas (19 normas) chilenas sobre la Información Geoespacial del Territorio Nacional, sistemas de referencias, catalogación, calidad, metadatos y servicios Web. También se elaborará un documento técnico (manual) de uso de estas normas. Además, se considero en este proyecto un entrenamiento en Chile para alrededor de 30 profesionales.

Finalmente, Esta programado implementar un plan de difusión y capacitación de las normas chilenas y del manual de uso de las normas, de modo que sean internalizadas por la comunidad de usuarios y generadores de la información geoespacial.

El listado de las normas ISO a utilizar como base para la elaboración de las normas chilenas es el que sigue:

ÁREAS A DESARROLLAR	NORMAS ISO
NORMAS DE CARÁCTER GENERAL	19101: Modelo de Referencia: requisitos globales para la normalización. 19101-2: Imagery. 19103: Lenguaje de Modelado Conceptual (UML). 19104: Terminología de las Normas. 19105: Conformidad y Pruebas (si se ajustan o no a las normas de referencia). 19106: Perfiles. 19109: Normas para modelos de aplicación.
METADATOS	19115 Metadata. 19139 TS XML schema implementation. 19115-2 Extensions for imagery and gridded data, Documentación de Info. Raster y de Grilla.
SISTEMA DE REFERENCIA	19111: Referenciación espacial por coordenadas. 6709: Referenciación normalizada de la localización geográfica de un punto mediante coordenadas.
CATALOGACIÓN	19110: Metodología para la creación de catálogos de elementos.
CALIDAD	19113: Principios de calidad. 19114: Procedimientos de evaluación de calidad.
SERVICIOS WEB	19119: Servicios (También se mencionan metadatos de servicios). 19142 Web Feature Service. 19128: Interfaz de Servidor Web de Mapas. 19136: GML Geographic Markup Language.

Entre los impactos productivos de la aplicación de estas normas esta la integración eficaz de los productos de información generados por distintas instituciones y organismos, y con ello se enriquece el análisis territorial y la toma de decisiones, tanto en el ámbito privado como público.

Por ejemplo, la decisión de localización de una actividad productiva requiere de la evaluación íntegra de un conjunto de variables, cuyos atributos pueden ser representados gráficamente en un mapa, entre los cuales podemos destacar la localización de las materias primas, las vías de acceso, la localización de mano de obra, riesgo geofísico, localización de los mercados y cobertura de servicios básicos. El resultado de este análisis es la definición de la localización óptima de esta actividad productiva, la cual se traduce en rentabilidad. Vale decir, se utiliza e integra información geoespacial para obtener como resultado una mayor rentabilidad del negocio que se está planificando. La integración de las coberturas gráficas, que representan estas variables, se efectuará eficazmente cuando se utilice la normativa que será generada a partir de este proyecto.

Aplicación de similar naturaleza de la información geoespacial se utiliza para resolver problemáticas presentadas en el ámbito de la gestión pública y toma de decisiones, por ejemplo para focalizar programas de gobierno bajo un criterio de equidad territorial, con el objeto que el impacto de las políticas públicas implementadas satisfagan eficazmente las necesidades que dan origen a dicho programa.

## CONCLUSIONES Y DESAFÍOS

El Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial (SNIT) se encuentra en un proceso de consolidación y fortalecimiento permanente, tanto en sus componentes políticos como técnicos.

En el ámbito político - institucional: Se ha apoyado la conformación de las Unidades de Gestión de Información Territorial (UGIT), lo que durante el año 2008, mediante un trabajo conjunto con la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE), permitirá que todos los Gobiernos Regionales cuenten con esta instancia de gestión que les permita crear e implementar sus sistemas de información territoriales como apoyo a la gestión regional.

En el ámbito normativo: se ha avanzará con mayor fuerza en estudiar, evaluar y proponer modificaciones a la normativa que permita optimizar el traspaso, acceso, uso y certificación de la información territorial; adoptar iniciativas de carácter legislativo que fortalezcan y apoyen la coordinación e institucionalidad del SNIT.

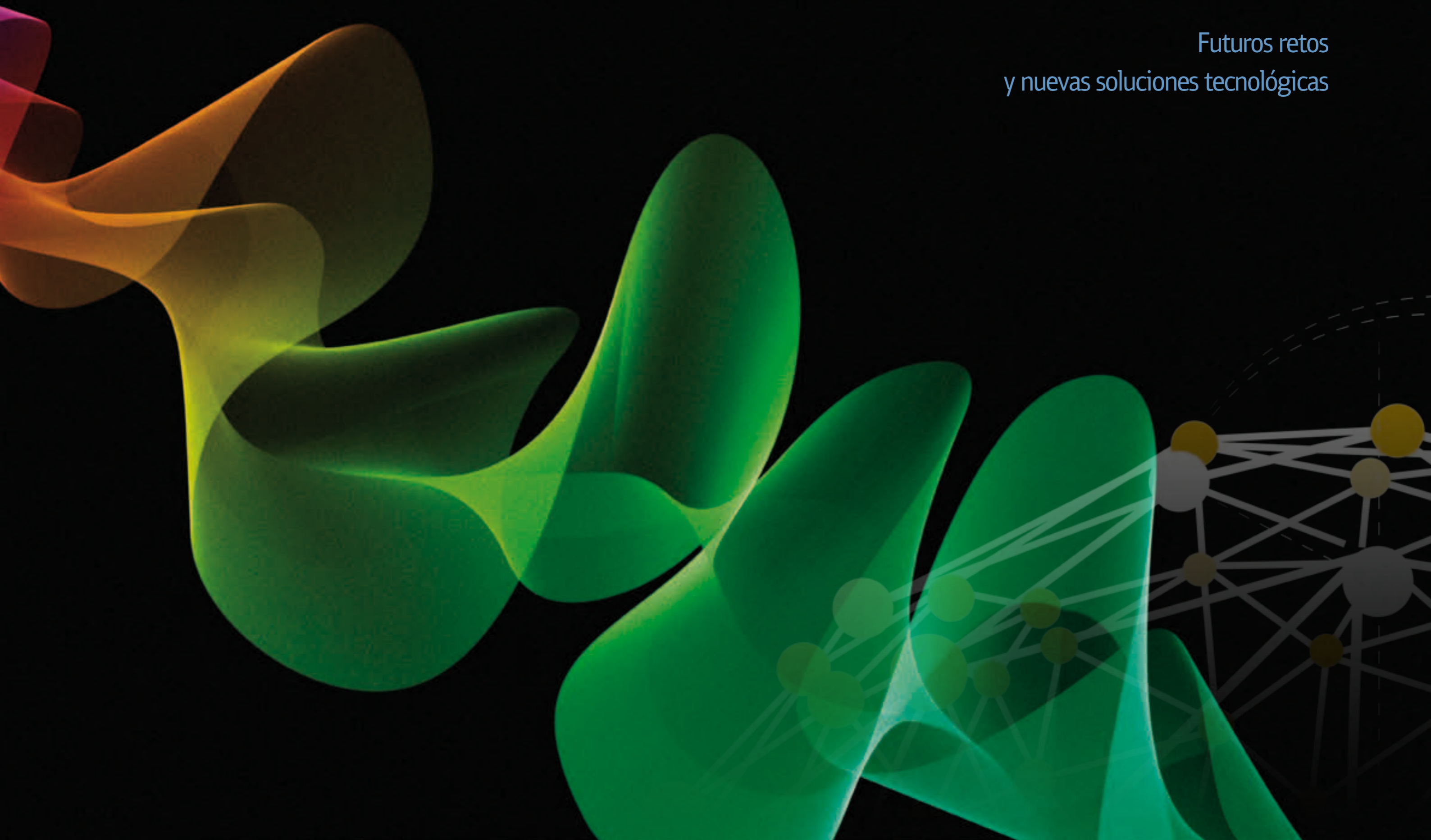
En el ámbito de la información y los datos: se sancionará, por parte del Consejo de Ministros, los datos fundamentales para el país, lo que permitirá adoptar y sancionar acuerdos acerca de la responsabilidad institucional sobre los datos; elaborar nuevos productos al servicio de la gestión; generar condiciones de interoperabilidad de la información territorial de los datos fundamentales y datos temáticos prioritarios.

En el ámbito de las aplicaciones tecnológicas: proveer soporte tecnológico para conocimiento y acceso a la información territorial, entre ellas, Catálogo de Metadatos, Geoportal, Geonodo y Portal Web SNIT; proveer el soporte tecnológico necesario para apoyar la coordinación y el trabajo interinstitucional en temas de información territorial; implementar Sistema de Información Territorial (SIT) de carácter regional, entre otros.

En el ámbito de los metadatos: Promover la documentación permanente de la información territorial de las instituciones del país mediante la difusión y capacitación en el uso del Catálogo Nacional de Metadatos.

En el ámbito de la difusión y creación de capacidades: Presentar experiencias exitosas, avances y buenas prácticas en la gestión de información territorial; desarrollar actividades para transferencia de capacidades a nivel de usuarios y tomadores de decisiones, todo con el fin de optimizar el uso de información territorial.

Futuros retos  
y nuevas soluciones tecnológicas



## SEGURIDAD Y CONTROL DE ACCESO PARA SERVIDORES DE MAPAS

Rodrigo Ordeix  
rordeix@spiria.com.uy

Julio Pintos  
jpintos@spiria.com.uy

Mauricio Souto  
msouto@spiria.com.uy

Raquel Sosa  
raquels@fing.edu.uy

Facultad de Ingeniería, Universidad de la República

### RESUMEN

Los Servidores de Mapas permiten publicar Información Geográfica a un público muy amplio, tanto en Internet como en aplicaciones empresariales de Intranet. Ante esta realidad surge el problema de segmentar el acceso a la Información Geográfica, incorporando mecanismos de Control de Acceso. Buscando por ejemplo permitir o denegar la visualización de distintas secciones según el rol del usuario que se encuentre navegando en el sistema. Para esto el Open Geospatial Consortium (OGC) [1] propuso en 2007 el estándar GeoXACML [2] como extensión del estándar XACML de OASIS [3]. Este estándar define un lenguaje de políticas de control de acceso basado en roles y una arquitectura para su incorporación en Servidores de Mapas que utilicen los estándares WMS [4] y WFS [5] como protocolos de comunicación. Este estándar aún no se ha incorporado a los productos comerciales de Servidores de Mapas, los que resuelven la seguridad con soluciones propietarias o directamente no lo contemplan.

El proyecto "Seguridad en Servidores de Mapas", busca generar una solución al problema de acceso diferenciado a datos según permisos basados en roles de usuario siguiendo la propuesta del estándar GeoXACML.

GeoXACML propone que el control de acceso debe realizarse en base a políticas y reglas de acceso sobre recursos, definidas para diferentes perfiles de usuario. Estas políticas al ser evaluadas permiten o deniegan cada uno de los pedidos recibidos. El estándar también detalla la forma en la que las políticas deben ser especificadas utilizando el lenguaje XML.

Este sistema de seguridad trabaja como un filtro intermedio de pedidos entre el servidor

de mapas y el cliente, de esta forma la solución obtenida puede ser incorporada a sistemas geográficos existentes sin la necesidad de grandes modificaciones.

El proyecto, además de desarrollar los componentes necesarios para la aplicación de políticas de acuerdo al estándar GeoXACML, tiene un sistema de administración de la seguridad. Este sistema permite la definición y el mantenimiento de las políticas de acceso de forma gráfica y amigable. El desarrollo se basa en herramientas multiplataforma y open source como Java [7] y PostgreSQL [8], además de GeoServer [9] y OpenLayers [10] como servidor de mapas y cliente respectivamente. Esto otorga a la solución una mayor portabilidad y adaptabilidad a las distintas realidades.

**Palabras Claves:** Servicios WMS, WFS, Control de Acceso, GeoXACML.

### 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del proyecto "Seguridad en Servidores de Mapas" es generar una herramienta que permita agregar control de acceso a servidores de mapas de acuerdo al estándar GeoXACML. Además de los módulos para la evaluación del control de acceso, se genera un módulo de administración que permite generar y administrar las políticas de control de acceso. Esta herramienta se concibe para ser utilizada en grandes organizaciones, buscando además minimizar el impacto sobre sistemas existentes.

### 2. MARCO DE REFERENCIA

#### Servicios de acceso a información geográfica

##### WMS

El servicio Web Map Service definido por el OGC (Open Geospatial Consortium) produce mapas de datos referenciados espacialmente, de forma dinámica a partir de información geográfica.

Este estándar define un "mapa" como una representación de la información geográfica en forma de un archivo de imagen digital conveniente para la exhibición en una pantalla de ordenador.

Un mapa no consiste en los propios datos. Los mapas producidos por WMS se generan normalmente en un formato de imagen como PNG, GIF o JPEG y ocasionalmente como gráficos vectoriales en formato SVG (Scalable Vector Graphics) o WebCGM (Web Computer Graphics Metafile).

*El servicio WMS define 3 operaciones básicas para el manejo de mapas:*

##### GetCapabilities

La cual permite obtener un XML con todos los metadatos correspondientes al servicio,

como lo son el sistema de coordenadas utilizado y las capas con las que cuenta el servicio entre otras.

### GetMap

Que es utilizada para obtener una imagen de un mapa a partir de los datos de entrada. GetFeatureInfo permite obtener información adicional sobre un punto en particular del mapa.

### WFS

El estándar OGC Web Feature Services fue creado para permitir obtener, crear o modificar información geográfica codificada a través del estándar GML (Geography Markup Language) que es un esquema XML, diseñado para el modelado, transporte y almacenamiento de información geográfica [6].

Una Entidad (**Feature**) representa una abstracción de un fenómeno existente en el mundo real, y en caso de que este fenómeno contenga información relacionada con una posición geográfica se considera una Entidad Geográfica.

*WFS define las siguientes operaciones:*

### GetCapabilities

Esta operación es invocada por el cliente para conocer las capacidades del servidor, como mínimo describe los tipos de entidad y las operaciones que son soportadas.

### DescribeFeatureType

Describe la estructura de un tipo de entidad soportado por el servicio.

### GetFeature

Operación utilizada para recuperar una o varias entidades de un tipo, se debe poder especificar que propiedades incluir, en la consulta es posible especificar restricciones espaciales y no espaciales.

### GetGmlObject

Retorna una Entidad referenciada a través de XLink a partir de su ID, además es posible especificar si las referencias de XLink embebidas deben ser incluidas en las respuestas o no.

### Transaction

Esta operación se compone de operaciones para modificar las entidades, pueden ser, para crear, modificar o eliminar.

### LockFeature

Operación que permite bloquear una o más instancias de una entidad durante una transacción.

No todas las operaciones mencionadas son obligatorias en una implementación WFS, por lo que de acuerdo a las operaciones soportadas los servicios pueden ser clasificados como: WFS Básico, W

## ARQUITECTURA DE REFERENCIA

Para la incorporación de control de acceso a servidores de mapas el OGC ha propuesto la arquitectura mostrada en la Figura 1. A continuación se detallan los componentes más importantes de la misma.

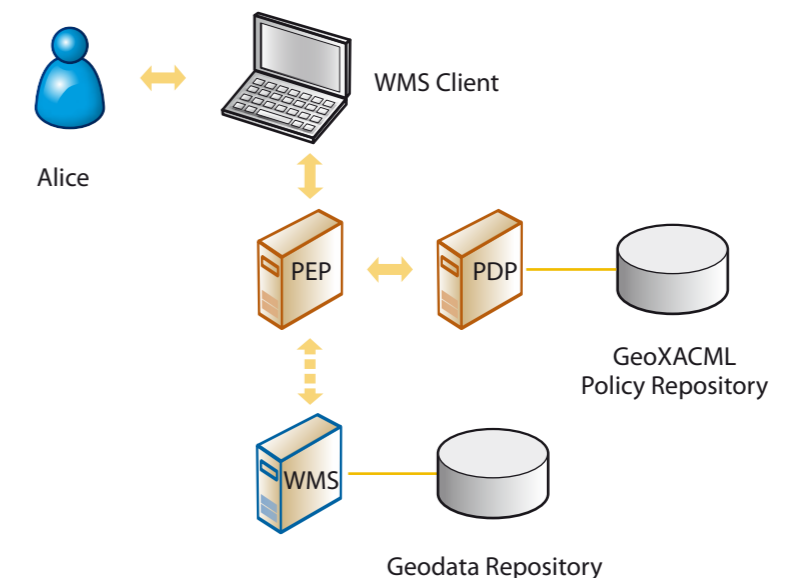


Figura 1 - Arquitectura de seguridad propuesta por la OGC

### PEP (Policy enforcement point)

Para poder brindar funcionalidades de control de acceso es requerido que las solicitudes al WMS sean evaluadas previamente para determinar si las mismas están permitidas o no, es por esto que se agrega este punto único de acceso encargado de tomar los pedidos, realizar una consulta GeoXACML para validar y en caso de ser correcta obtener el resultado del WMS y devolverlo al cliente.

### PDP (Policy decision point)

Es el sub sistema encargado de recibir las consultas GeoXACML del PEP, evaluar las políticas existentes y determinar si el pedido al WMS está permitido o no. En la consulta realizada por el PEP se incluye la información sobre el pedido WMS separada en 3 áreas, Subject donde se indica la identidad del usuario que realiza el pedido, Resource que incluye la información para identificar que es lo que se está consultado y por ultimo Action indicando que tipo de operación se realizara sobre los datos.

Esta arquitectura es aplicable tanto para brindar control de acceso a servicios WMS como WFS.

## ESTÁNDARES DE CONTROL DE ACCESO

### XACML

Es un estándar de OASIS que describe tanto un lenguaje para políticas así como un lenguaje de control de decisión de acceso en pedidos/respuestas. El lenguaje de políticas es usado para describir los requerimientos de control de acceso. El lenguaje de pedidos/respuestas permite formular una consulta para validar o no una acción e interpretar el resultado. Las respuestas XACML posibles son: Permit, Deny, Indeterminate (ocurrió un error o no se puede tomar la decisión) o Not Applicable (el pedido no puede resultar por el servidor).

El lenguaje de pedido/respuesta especifica la interacción con el PDP, definiendo dos tipos de mensaje XML (request/response).

El Request es simplemente un conjunto de atributos los cuales se pueden diferenciar en cuatro diferentes categorías: Subject, Resource, Action y Environment. Subject (<Subject>) contiene los atributos correspondientes a la entidad que intenta realizar una acción sobre los recursos. Resource (<Resource>) contiene la información necesaria para identificar los recursos involucrados. Action (<Action>), este atributo determina la acción a realizar. Por último Environment (<Environment>) contiene información de contexto, esta categoría es opcional, siendo las demás obligatorias.

El Response consiste en uno o más resultados representando estos el resultado de una

evaluación, típicamente se obtiene un único resultado por consulta. Cada resultado contiene los siguientes datos: Decision (Permit, Deny, Indeterminate o Not Applicable), Status (si la evaluación fallo o no) y de manera opcional uno o más Obligación (Acciones que debe tomar el PEP antes de permitir o denegar el acceso).

Para la representación de las políticas de acceso se utiliza el resto de la especificación, siendo la base de toda especificación de políticas de acceso XACML es un PolicySet (<PolicySet>) o una Policy (<Policy>), un PolicySet puede contener otros PolicySet como también puede contener más de un Policy. Todo archivo xml contiene un único <PolicySet> o <Policy> como tag raíz.

De la misma forma que un PolicySet puede contener varias Policy, cada una de estas Policy está formada por un conjunto de Rules (<Rule>), esto sumado a que para una misma consulta es posible aplicar más de una política o regla determina que XACML tenga una forma de determinar la forma en la que se combinan estas políticas y reglas para lograr una única respuesta. Esto se realiza con los Algoritmos de combinación, donde cada algoritmo representa la forma en que se combinan múltiples decisiones en una única decisión, existen "Policy Combining Algorithm" (Combinación del resultado de aplicar varias políticas) y "Rule Combining Algorithm" (Combinación del resultado de múltiples reglas).

Una vez que el PDP recibe un pedido de consulta, este debe determinar qué políticas y reglas debe aplicar, para facilitar esta búsqueda es que se define el elemento Target (<Target>) que se corresponde con conjunto simplificado de condiciones sobre el Subject, Resource y Action.

Cada Policy, PolicySet ó Rule debe contener la definición de un Target, esta definición es comparada con los datos proporcionados en el Request para determinar si una Policy, PolicySet o Rule aplica o no para el pedido.

### GeoXACML

Define una extensión del estándar XACML en su versión 2.0 para el manejo de políticas de acceso en datos geográficos. GeoXACML se encuentra en su versión 1.0 y actualmente se encuentra estandarizado por el Open Geospatial Consortium (OGC).

La especificación de XACML prevé la posibilidad de extensión, donde se desprende la posibilidad de extender las siguientes entidades DataType, FunctionId y AttributeId. A continuación se listan las extensiones planteadas por el OGC para el estándar de GeoXACML.

Inicialmente para GeoXACML se propuso la extensión de los tipos de datos agregando los siguientes tipos detallados en la Tabla 1.

URN	TIPO
<a href="http://www.opengis.net/gml#Point">http://www.opengis.net/gml#Point</a>	Punto
<a href="http://www.opengis.net/gml#LineString">http://www.opengis.net/gml#LineString</a>	Línea
<a href="http://www.opengis.net/gml#LinearRing">http://www.opengis.net/gml#LinearRing</a>	Línea cerrada
<a href="http://www.opengis.net/gml#Box">http://www.opengis.net/gml#Box</a>	Rectángulo
<a href="http://www.opengis.net/gml#Polygon">http://www.opengis.net/gml#Polygon</a>	Polígono
<a href="http://www.opengis.net/gml#MultiPoint">http://www.opengis.net/gml#MultiPoint</a>	Conj. Puntos
<a href="http://www.opengis.net/gml#MultiLineString">http://www.opengis.net/gml#MultiLineString</a>	Conj. Líneas
<a href="http://www.opengis.net/gml#MultiPolygon">http://www.opengis.net/gml#MultiPolygon</a>	Conj. Polígonos

Tabla 1 - Tipos de datos de GeoXACML

Pero en su última versión y por facilidad de implementación se agrego un tipo geográfico más genérico "Geometry" que estará compuesto por uno de estos tipos anteriormente mencionados, esto da una gran facilidad a la hora de implementar las funciones sobre tipos geográficos así como también a la hora de implementar el parseo de políticas, reglas y pedidos en XML.

De la misma forma que con los tipos de datos se agregan las siguientes funciones detalladas en la Tabla 2.

URN	TIPO
<a href="urn:ogc:def:geoxacml:1.0:function:Disjoint">urn:ogc:def:geoxacml:1.0:function:Disjoint</a>	Disjunción
<a href="urn:ogc:def:geoxacml:1.0:function:Touches">urn:ogc:def:geoxacml:1.0:function:Touches</a>	Frontera
<a href="urn:ogc:def:geoxacml:1.0:function:Crosses">urn:ogc:def:geoxacml:1.0:function:Crosses</a>	Intersección
<a href="urn:ogc:def:geoxacml:1.0:function:Within">urn:ogc:def:geoxacml:1.0:function:Within</a>	Inclusión
<a href="urn:ogc:def:geoxacml:1.0:function:Contains">urn:ogc:def:geoxacml:1.0:function:Contains</a>	Inclusión
<a href="urn:ogc:def:geoxacml:1.0:function:Overlaps">urn:ogc:def:geoxacml:1.0:function:Overlaps</a>	Superposición
<a href="urn:ogc:def:geoxacml:1.0:function:Intersects">urn:ogc:def:geoxacml:1.0:function:Intersects</a>	Intersección
<a href="urn:ogc:def:geoxacml:1.0:function:Equals">urn:ogc:def:geoxacml:1.0:function:Equals</a>	Igualdad

Tabla 2 - Funciones de GeoXACML

### 3.PRODUCTO

Seguridad en servidores de Mapas plantea resolver el problema del control de acceso a servidores de mapas en dos etapas:

La primera es la definición de las políticas de control de acceso y su gestión.

La segunda es la aplicación de las políticas ante cada pedido que venga de usuarios, realizando el filtrado de pedidos basado en el rol del usuario y un conjunto de políticas definidas previamente.

En ambas etapas la definición y el uso de las políticas se realiza siguiendo el estándar GeoXACML.

#### *El Servidor de Seguridad*

es el encargado de controlar el acceso, para esto una vez instalado será el único punto de acceso a la información geográfica para los clientes del sistema, por lo que todas las solicitudes deben ser enviadas al servidor de seguridad; el mismo a partir de la información proporcionada en la solicitud y el conjunto con las políticas de acceso que se encuentren definidas decidirá si la solicitud es posible o debe ser denegada. En caso de ser una solicitud correcta, el cliente recibirá la respuesta a su solicitud, en caso contrario la respuesta será vacía. El diseño e instalación del servidor de seguridad fue pensado para minimizar el impacto en sistemas de seguridad existentes y fácil incorporación en nuevos desarrollos. Este servidor cubre los roles del PEP y PDP definidos en la arquitectura de referencia.

#### *El Administrador de Políticas*

almacena todas las políticas definidas en el sistema, además cuenta con acceso a los posibles roles de los usuarios y a la información geográfica del sistema.

Con esta información permite de manera visual la generación de nuevas políticas o edición de las existentes. En la Figura 2 vemos la interfaz para definir las políticas.

Para la generación de una nueva política el administrador cuenta con la posibilidad de seleccionar la zona o zonas geográficas sobre las cuales la política tendrá efecto, marcar el conjunto de roles de usuario y el resultado final de su evaluación el cual puede ser permitir o denegar la solicitud.

A su vez cada política generada en el sistema tendrá asociada un identificador, nombre, descripción y un historial de cambios y versionado.



Figura 2 – Administrador de política – Generar política

Una nueva política o una política existente que ha sido modificada no es incorporada al servidor de seguridad de forma inmediata, sino que la misma es volcada a un ambiente de trabajo y testeado propio del administrador, que permite la evaluación de los efectos de la misma sobre las futuras solicitudes, esto permite la detección de alguna incompatibilidad o error previo a su publicación.

Para poder evaluar el efecto de incorporar los cambios realizados en las políticas de acceso el administrador del sistema cuenta con la posibilidad de realizar solicitudes geográficas especificando el rol correspondiente, de esta forma es posible ver las diferencias en el resultado según el rol seleccionado. En la Figura 3 se ve la interfaz del administrador para probar las políticas.



Figura 3 – Administrador de política – Testing política

La publicación o pasaje a producción de una política es el proceso por el cual el usuario seleccionando una o varias políticas que se encuentra en el área de trabajo indica al sistema que se debe generar una versión de las políticas en GeoXACML (archivo XML con formato) e incorpora los mismos al repositorio de políticas del servidor de seguridad. Una vez realizada la publicación los cambios aplicarán a cualquier nueva solicitud que reciba el servidor de seguridad.

#### 4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Este proyecto ofrece una implementación de un estándar reciente, GeoXACML, que aún no ha sido adoptado por las herramientas de mercado. Además de permitir aplicar políticas de control de acceso a servicios de mapas, se brinda una primera versión de los módulos de administración, teniendo en mente el uso en grandes organizaciones. Claramente este producto se va a ver enriquecido por las sugerencias de los usuarios a medida que se comience a usar por lo que su evolución constante es una de las premisas en su desarrollo.

#### 5. REFERENCIAS

- [1] – OGC - <http://www.opengeospatial.org/>  
visitado 05-09-2010
- [2] – GeoXACML - <http://www.opengeospatial.org/standards/geoxacml>  
visitado 05-09-2010
- [3] – XACML- eXtensible Access Control Markup Language Versión 2.0 - OASIS  
[http://docs.oasis-open.org/xacml/2.0/access\\_control-xacml-2.0-core-spec-os.pdf](http://docs.oasis-open.org/xacml/2.0/access_control-xacml-2.0-core-spec-os.pdf)  
visitado 05-09-2010
- [4] – WMS - <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>  
visitado 05-09-2010
- [5] – WFS - <http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>  
visitado 05-09-2010
- [6] – GML - <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>  
visitado 05-09-2010
- [7] – JAVA- <http://www.java.com/>  
visitado 05-09-2010
- [8] – PostgreSQL - <http://www.postgresql.org/>  
visitado 05-09-2010
- [9] – Geoserver - <http://geoserver.org/>  
visitado 05-09-2010
- [10] – Openlayers - <http://openlayers.org/>  
visitado 05-09-2010
- [11] – “Los Nuevos Mapas”, J. Pintos, R. Sosa, M. Souto – revista 1024 No 1 –  
[www.1024.com.uy](http://www.1024.com.uy)  
visitado 05-09-2010



## RESEÑA BIOGRÁFICA

### Rodrigo Ordeix

Estudiante de 5to año de Ingeniería en Computación Facultad de Ingeniería UdelaR. Con más de 2 años de experiencia en el desarrollo de aplicaciones .NET y Java en ambientes Web y Cliente-Servidor. Socio fundador de Spiria Software.

[www.spiria.com.uy](http://www.spiria.com.uy)

### Julio Pintos

Estudiante de 5to año de Ingeniería en Computación Facultad de Ingeniería UdelaR. Más de 3 años de experiencia en el desarrollo de aplicaciones RIA(Rich Internet Application) en .NET, ActionScript y Java. Socio fundador de Spiria Software.

[www.spiria.com.uy](http://www.spiria.com.uy)

### Mauricio Souto

Estudiante de 5to año de Ingeniería en Computación Facultad de Ingeniería UdelaR. Con 2 años de experiencia como consultor y más de 3 años de experiencia en el desarrollo de aplicaciones Java y .NET en ambientes Web y Cliente-Servidor. Socio fundador de Spiria Software.

[www.spiria.com.uy](http://www.spiria.com.uy)

### Raquel Sosa

Ingeniera en Computación de la Universidad de la República. Docente Grado 2 del Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería (Universidad de la República). Integrante del Laboratorio de Integración de Sistemas desde el año 2005 y del Grupo en Tecnologías de la Información Geoespacial desde su creación a fines del 2008. Estudiante de la Maestría en Informática del programa PEDECIBA realizando la tesis en Sistemas de Información Geográfica y Web Services Geográficos.

<http://www.fing.edu.uy/~raquels/wiki/field.php>

## GOOGLE EARTH PARA LA PUBLICACIÓN DE DATOS ESPACIALES

Andrés Enrique Luque Díaz

Ana Alicia Lofredo Hernández

### RESUMEN

Google Earth es una herramienta para la visualización de información geográfica de uso libre y ampliamente extendido. Tanto sus imágenes como sus contenidos son actualizados continuamente, tiene una serie de capacidades y herramientas muy interesantes y permite la manipulación de amplios volúmenes de información en forma ágil y eficiente.

Intentando dar respuesta a la pregunta de cómo poder traducir la información preexistente a un formato compatible con Google Earth, que permitiera a su vez acceder a ella a través de la web y que pudiera ser actualizada en forma sencilla, fue que surgió este trabajo, que corresponde al proyecto de grado de los autores para la carrera de Ingeniero Agrimensor de la Universidad de la República, presentado en junio de 2009.

La temática se abordó desde dos puntos de vista distintos: primero y mirando hacia los productores de la información, se intentó proponer una metodología que les permitiera publicar sus datos de forma rápida y económica. Por el otro lado y atendiendo a los usuarios de la información, se intentó brindarles una interfaz que les resultara amigable, accesible y funcional, permitiéndoles a su vez acceder a información de distintas fuentes en un mismo visualizador.

El trabajo transcurrió por distintas etapas y se atravesó por distintos retos. Se consideró tanto la generación de capas y modelos estáticos como dinámicos, estudiando sus complejidades, sus pro y sus contras y experimentando con distintas alternativas para hacer más atractiva la visualización.

Si bien el objetivo del trabajo apuntaba hacia los resultados teóricos y el análisis de las distintas formas de hacer esto posible, se decidió hacer una puesta en práctica de las ideas desarrolladas, porque contribuían al mejor entendimiento de los resultados pero también porque ayudaba en el desarrollo de las distintas aplicaciones. Para esto se contó con el apoyo del Servicio de Geomática de la Intendencia Municipal de Montevideo, quien puso a disposición todos sus datos y además participó del proceso de selección de la información que resultaba de interés que fuera mostrada. El resultado final fue la creación de una aplicación a la que se llamó MonteviEarth, que permite la publicación de los datos de la Intendencia de Montevideo a través de Google Earth.

**Palabras clave:** Google Earth, KML, Base de Datos Geográfica, Cartografía, Geomática, Enlace de Red.

## 1. OBJETIVO GENERAL

Analizar las posibilidades que ofrece el software libre Google Earth para mostrar información geográfica publicada a través de Internet.

## 2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Generar una aplicación que permita publicar información geográfica existente de una ciudad a través de Google Earth.

## 3. INTRODUCCIÓN - ARCHIVOS KML

KML es un estándar abierto oficialmente denominado OpenGIS® KML Encoding Standard (OGC KML). Es mantenido por el Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC). Es el acrónimo de Keyhole Markup Language. KML es un lenguaje basado en XML para representar datos geográficos en tres dimensiones. Fue desarrollado por Keyhole Inc. para ser utilizado en su producto Keyhole LT.

El 14 de abril de 2008 la versión 2.2 del KML es adoptada por el OGC como el estándar de implementación 07-147r2. KML es un lenguaje centrado en la visualización geográfica, incluyendo anotaciones en mapas e imágenes. La visualización geográfica no sólo incluye la presentación de datos geográficos del globo, sino también el control de la navegación del usuario en el sentido de dónde ir y dónde mirar. El OGC reconoce al KML como un complemento a la mayoría de los estándares existentes en el OGC incluyendo a GML (Geography Markup Language), WFS (Web Feature Service) y WMS (Web Map Service).

Actualmente, KML 2.2 utiliza ciertos elementos geométricos derivados de GML 2.1.2. Estos elementos incluyen los tipos point, line string, linear ring y polygon.

Estos archivos se pueden crear con la interfaz de usuario de Google Earth o utilizar un editor de texto simple o XML para introducir texto KML "original" partiendo de cero. También existe software que genera archivos KML a partir de otros formatos de datos geográficos como por ejemplo shape. Los archivos KML y sus imágenes relacionadas (de existir alguna) se pueden comprimir en archivos KMZ con el formato ZIP, con lo que se logra una reducción en tamaño del archivo muy significativa, en general un KMZ es de un cuarto del tamaño del archivo KML.

Para compartir archivos KML y/o KMZ, se puede enviarlos por correo electrónico, alojarlos de forma local para compartirlos dentro de una Internet privada o alojarlos de forma pública en un servidor Web. Los navegadores terrestres como Google Earth muestran los archivos KML del mismo modo que los navegadores Web muestran los archivos HTML. Una vez que se haya configurado correctamente el servidor y compartido la dirección URL de los archivos KML, cualquier usuario que tenga instalado Google Earth

podrá ver los archivos KML alojados en un servidor Web público. Muchas aplicaciones muestran texto KML, incluidas Google Earth, Google Maps, Google Maps para móviles, NASA WorldWind, ESRI ArcGIS Explorer, Adobe PhotoShop, AutoCAD y Yahoo! Pipes.

## 3. METODOLOGÍA

El punto de partida fueron un conjunto de capas de información en formato shape facilitadas por el Servicio de Geomática de la Intendencia de Montevideo. De dichas capas se optó por integrar al proyecto las siguientes:

- Una capa con el parcelario (cada parcela identificada por el número de padrón)
- Una capa de manzanas (cada una identificada por la carpeta catastral)
- Una capa con el límite departamental (al detectarse que este no coincide con el que figura en Google Earth)
- Una capa de Barrios (identificados por sus nombres)
- Una capa con los centros educativos.
- Una capa con la hidrografía del departamento
- Una capa de espacios verdes

El criterio empleado para la elección de los datos fue el siguiente:

- la información más importante, que puede entenderse como la básica que una Ciudad puede querer publicar.
- la que se correspondía a los distintos métodos de generación de los archivos a publicar.

Es decir, se intentó abordar los tipos de información que requerirían distinto tratamiento, de forma que los procedimientos desarrollados para ellos pudieran permitir incorporar otra información. La información referente al ordenamiento territorial se pretendía asociar a cada padrón mediante una tabla.



Según el volumen de datos comprendidos en los respectivos shape se trabajó con dos tipos diferentes de KML, a los que se llamó "KML Estáticos" y "KML dinámicos". En los primeros toda la información contenida en el shape se transformaba, por única vez, a un KML y se le configuraban distintas opciones de visualización disponibles para este tipo de archivos. Para los segundos la información contenida en los shapes se ingresaba en una base de datos y mediante un programa, cuya creación fue parte del proyecto, según las vistas de pantalla en Google Earth se iban escribiendo los diferentes KML que permitían visualizar sólo la información contenida en dicha vista.

La información estaba proyectada al sistema UTM 21 Sur, pero para publicarlo a través de Google Earth se necesitó transformarla al mismo sistema con el que este trabaja que es Coordenadas Geográficas WGS84.

A continuación se tratarán los puntos más importantes de las distintas etapas del trabajo.

#### 4.1. KML ESTÁTICOS

Existen en la web programas que permiten convertir archivos del formato shape a el KML o pueden construirse programas que realicen esa tarea. Al código generado del archivo KML pueden agregársele algunas líneas para configurar distintas opciones de visualización. Dentro de las más básicas están los colores (borde y relleno), transparencias, etiquetas y formato de las tablas de información asociada. Pero existen también otras opciones de visualización más avanzadas como por ejemplo Mouse Roll over Effect para destacar el elemento que se esta señalando o que aparezca o cambie el color de la etiqueta, Radio Folder para que dentro de un conjunto de carpetas pueda ser activada sólo una a la vez, Tessellate para que el elemento acompañe el modelo digital de terreno que tiene Google Earth, Regiones para que el KML aparezca y desaparezca a determinadas alturas, Extrude, Hide Children, etc.

En cuanto a la necesidad de utilizar leyendas, la solución implementada fue la de sustituir las carpetas que se muestran por defecto, en caso de estar abierta , y en caso de estar cerrada , por la imagen JPG para cada icono que quiera verse representado en dicha leyenda, con el resultado que se muestra en la figura 1.

Como KML estáticos se trabajaron las capas de límite departamental, hidrografía, barrios, espacios verdes y centros de educación. Para cada uno de ellos se aplicaron distintas configuraciones. Cabe destacar que a diferencia de un archivo shape que puede contener sólo un tipo de entidad a la vez, en un KMZ puede incluirse cualquier combinación de las mismas, incluso añadir imágenes y/o modelos 3D. Así para el KMZ de hidrografía se incluyeron polígonos para representar los espejos de agua y polilíneas para representar los cauces. En las figuras 2, 3 y 4 se muestran algunas imágenes de los KMZ generados:

#### 4.2. KML DINÁMICOS

La implementación de este tipo de KML se hizo necesaria cuando el tamaño en Kb de los KMZ se hacía demasiado grande como para ser manejado a través de Internet. Incluso el tamaño podía llegar a ser tal como para que el archivo se tornara inmanejable en Google Earth, como en el caso de los padrones que en formato KMZ tenía un tamaño de 50 Mb. Con esta solución el usuario descargaría sólo lo que necesita a un zoom razonable, calculando un aproximado de 100 Kb como máximo cada vez. Esto último puede regularse restringiendo la cantidad de elementos a mostrarse para cada vista.

Tanto para el shape de padrones como para el de manzanas, que fueron para los que se implementó esta solución, se generaron dos capas de información: una con polígonos, que representaban la geometría de las entidades, y otra con puntos en los centroides

de las mismas. Se agregó además una etiqueta con su identificador (número de padrón o de manzana según el caso) y para los padrones una tabla asociada con la información que se deseaba mostrar (ver Figura 5).

Para realizar esta aplicación se requería un servidor, un administrador de base de datos y un lenguaje en el cual escribir los códigos. Investigando en la Web se llegó a Appserv que es una herramienta OpenSource para Windows que facilita la instalación de Apache, MySQL y PHP en una sola herramienta, característica que facilita la tarea al usuario ya que se configuran las aplicaciones de forma automática.

Se crearon las bases de datos con sus tablas respectivas (una para los padrones y otra para las manzanas) y se ingresaron en las mismas los datos de los archivos shape, utilizando el software libre llamado shp2mysql que traduce al archivo .shp a lenguaje SQL. Gracias a las llamadas "Spatial Extensions" de MySQL pudieron almacenarse en una misma tabla la geometría de las entidades y toda la información asociada a las mismas.

Luego se escribió un programa en PHP que obtiene de Google Earth las coordenadas de la vista de pantalla y realiza una consulta a MySQL de los padrones o manzanas cuyos centroides estén contenidos en dicha vista. Con la información resultante de la consulta el programa escribe un KML con los polígonos, los centroides y las tablas asociadas, definiendo además su configuración (ver figura 5). Al cambiar la vista en Google Earth el programa PHP es llamado en forma automática y se redibujan las entidades contenidas en la nueva vista. Esto es posible gracias a la utilización de un NetworkLink. Este enlace de red permite obtener el nuevo KML generado por el programa PHP que se encuentra en el servidor remoto.

#### 4.3. CONFECCIÓN DEL KMZ MONTEVIEARTH

Una vez generados todos los KMZ a publicar el siguiente paso era la estructura a darle al conjunto de los mismos para su publicación.

Para esta aplicación el archivo que debería publicarse en la Web es el KMZ MonteviEarth. Este sería el que el usuario debe descargar para poder acceder a toda la información, por tanto debía tener un tamaño reducido.

MonteviEarth sería un enlace de red a otro KMZ llamado Proyecto, que a su vez contendría la estructura de enlaces de red a los KMZ de las capas de información disponibles. En él no se podría guardar la información de las capas, ya que el formato KML al encontrarse en formato de texto, y aunque se puede comprimir en un archivo KMZ, genera archivos muy grandes y pesados para grandes volúmenes de datos.

El utilizar NetworkLink permite que se tenga un archivo de tamaño muy reducido, casi despreciable, de aproximadamente 1Kb y además que la información se actualice automáticamente al actualizarse los archivos a los que hace referencia.

#### 4.4. CONFECCIÓN DEL KMZ PROYECTO

Proyecto sería un KMZ intermedio que conecta el archivo que el usuario descarga con los distintos KMZ que contienen la información. Su contenido sería una estructura de enlaces de red a los KMZ mencionados. En la figura 6 se muestra un esquema de la estructura final.

A primera vista parecería que no tiene sentido la creación de un intermediario, más aún, los enlaces a los KMZ con la información podrían estar en el archivo que descarga el usuario directamente y se tendría un KMZ menos. Sin embargo hay una importante razón por la cual el intermediario era necesario, el archivo que descarga el usuario debía ser tan simple como fuera posible, para hacerlo más liviano y para que no hubiera necesidad de actualizarlo en el futuro. Así el usuario lo descargaría una única vez y todas las veces que se modificara la aplicación agregándole capas de información o modificando las existentes, se harían las correcciones necesarias en el KMZ proyecto ubicado en el servidor remoto y al usuario se le actualizarían los cambios automáticamente gracias al enlace de red.

#### 4.5. IMPLEMENTACIÓN DE LA BÚSQUEDA POR NÚMERO DE PADRÓN

Existen distintos tipos de búsqueda que el usuario podría querer realizar, por ejemplo:

- por Número de padrón
- por Carpeta Catastral
- por Dirección
  - o Calle y número
  - o Cruce de Calles
- por Nombre de punto notable

Dado que la implementación de cualquier búsqueda se resolvería en forma análoga y que no se contaba con los datos para la implementación de la mayoría de ellas, se implementó, a modo de ejemplo, la búsqueda por número de padrón.

El programa implementado en PHP, llamado Busqueda.php, funciona asociado a una página Web, así aparece dentro de la carpeta principal de la aplicación en Google Earth un link hacia la página de búsqueda (ver figura 7). Según la configuración que el usuario tenga en Google Earth esta página se abre en su explorador predeterminado o dentro del mismo Google Earth. En ella el usuario debe ingresar simplemente el número de padrón a buscar y luego la página pasa esos parámetros al programa en PHP.

Este programa tiene dos salidas posibles:

- un mensaje de error, si el padrón ingresado no es válido
- un KML conteniendo solamente el polígono que representa el padrón que se pidió.

Este polígono se visualiza en Google Earth sin relleno y con el contorno en color rojo y grosor 3, mayor al contorno con que esta configurado el KMZ dinámico padrones, para que resalte entre estos. Al abrirse este archivo en Google Earth el programa mostrará automáticamente en la pantalla del usuario a baja altura el polígono descargado, como se ve en la Figura 8.

Si al mismo tiempo se activa MonteviEarth en Google Earth, en especial la capa Padrones, el usuario podrá ver de forma destacada el o los padrones que buscó, y obtener información sobre estos, haciendo click en el icono de información correspondiente. Lo que se descarga es sólo un polígono que es independiente de MonteviEarth, por lo cual por sí solo no contiene ninguna otra información que las coordenadas del polígono y su nombre, que es "Padrón N°. ...." y se muestra en la ventana Lugares de Google Earth como se ilustra en la Figura 9.

Por cada búsqueda que el usuario realice se descargará a su computadora un archivo KML, por lo que puede guardar un registro de las búsquedas realizadas o puede eliminarlas luego.

#### 4.6. CONSIDERACIONES FINALES

##### 4.6.1. ADAPTACIÓN A UN SERVIDOR WEB

Esta aplicación está pensada para funcionar a través de Internet. En este caso fue usado un servidor local que permitió desarrollar todo lo necesario para el funcionamiento del proyecto, previo a lanzar la aplicación a la red.

El servidor Web empleado fue Apache, que a través de la dirección <http://localhost> permitió simular la conexión a través de Internet, guardando todos los archivos en una carpeta llamada WWW, de forma que todo lo desarrollado se comporta de la misma forma que se comportaría si se accediera desde Internet, aunque seguramente, dependiendo del ancho de banda y la velocidad de acceso a Internet del usuario, más lento de cómo funciona localmente. Por lo tanto el cambio principal sería en el elemento <link> de los KMZ Proyecto y MonteviEarth donde habría que cambiar la dirección Web local que se empleó, o sea <http://localhost> por la dirección Web del servidor empleado según el caso.

Además podría ser necesario para el funcionamiento del Enlace de Red con Google Earth, aplicar una configuración al servidor Web que se este usando, debido a que el protocolo HTML fue diseñado para transportar por red ficheros en formato ASCII, formados por texto plano. Cuando la información no corresponde a este formato es necesario especificar a que tipo de datos corresponde. Esta especificación se da mediante los tipos MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions), que adjuntan a cada fichero un archivo de cabecera donde se indica el tipo y el subtipo del contenido de los datos del mismo. Gracias a esta información, tanto el servidor como el navegador pueden manejar y presentar los archivos correctamente. Por tanto si el servidor no tiene configurados los tipos MIME para archivos KML y KMZ es necesario realizar esta configuración previamente.

Además podría ser necesario para el funcionamiento del Enlace de Red con Google Earth, aplicar una configuración al servidor Web que se este usando, debido a que el protocolo HTML fue diseñado para transportar por red ficheros en formato ASCII, formados por texto plano. Cuando la información no corresponde a este formato es necesario especificar a que tipo de datos corresponde. Esta especificación se da mediante los tipos MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions), que adjuntan a cada fichero un archivo de cabecera donde se indica el tipo y el subtipo del contenido de los datos del mismo. Gracias a esta información, tanto el servidor como el navegador pueden manejar y presentar los archivos correctamente.

Por tanto si el servidor no tiene configurados los tipos MIME para archivos KML y KMZ es necesario realizar esta configuración previamente.

El tipo MIME para archivos KML es:

- application/vnd.google-earth.kml+xml:

El tipo MIME para archivos KMZ es

- application/vnd.google-earth.kmz

Para Apache, hay que añadir estas líneas al archivo httpd.conf:

- AddType application/vnd.google-earth.kml+xml .kml
- AddType application/vnd.google-earth.kmz .kmz

#### 4.6.2. ACTUALIZACIÓN DE LOS DATOS

Una característica muy importante de esta forma de mostrar la información es que el usuario, como ya se dijo, siempre accede a información actualizada. Esto es posible debido a que se descarga no los archivos KMZ en sí sino la referencia adonde estos se encuentran almacenados.

Para el caso de los KMZ estáticos si se desea cambiar el archivo por otro con información más actualizada sólo es necesario remplazarlo. Al tener el archivo el mismo nombre el enlace de red accedería a él una vez que se actualice según la configuración que se le haya dado al viewRefreshMode.

Si lo que se desea es incorporar nuevas capas o realizar cualquier cambio en su configuración debería modificarse solamente el archivo Proyecto. Las modificaciones realizadas se actualizarían en la computadora del usuario según la configuración del viewRefreshMode para el archivo MonteviEarth.

Para el caso de los KMZ dinámicos lo que debería cambiarse además del PHP que genera el KML es la base de datos que es donde reside la información en sí, por lo que en caso de que haya algún cambio en los datos asociados a la entidad (polígono en este

caso) o un cambio en la geometría, para que el usuario pueda ver estos cambios sólo debe cambiarse la base de datos, en caso de que se quiera cambiar la forma en que se muestran los datos o la configuración de visualización, se debe cambiar el PHP que genera el KML.

## 5. CONCLUSIÓN

A través de la realización de este proyecto a partir del cual surgió como aplicación del mismo MonteviEarth, se pudo comprobar que Google Earth es un excelente medio para la publicación de información geográfica a través de Internet.

Fue posible resolver de manera satisfactoria todos los problemas a los que se enfrentó para lograr que la información fuese publicada, de manera que a un usuario cualquiera le resultara rápida, agradable y fácil de usar, lo que confirma la viabilidad de las soluciones propuestas.

Se desarrolló una aplicación que permite que la actualización de los datos se realice en forma rápida e independiente del usuario, a quien la información actualizada le será brindada sin necesidad de descargar nuevamente los datos de forma manual.

Estudiada la capacidad del formato KML como medio de publicación de datos geográficos y Google Earth como medio de visualización de estos datos, se deja abierta una puerta al desarrollo futuro de nuevas aplicaciones que sirvan para la publicación de información geográfica de distinta índole, dándole una solución rápida y de bajo costo a las empresas u organismos que buscaban un medio para publicar sus datos.

## FIGURAS

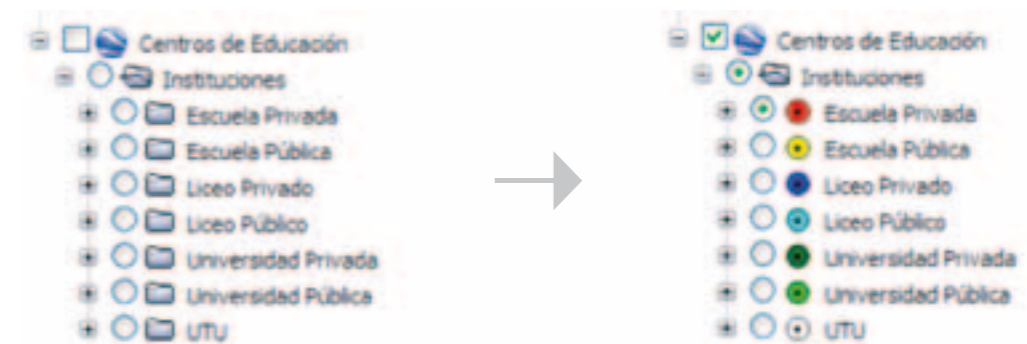


Figura 1 – KMZ Centros de Educación en ventana Lugares con leyenda



Figura 2 – Versión final del KMZ Barrios

Figura 3 – Versión final del KMZ Hidrografía



Figura 4 – Versión final KMZ Centros de Educación



Figura 5 – Visualización de los KML dinámicos de padrones y manzanas

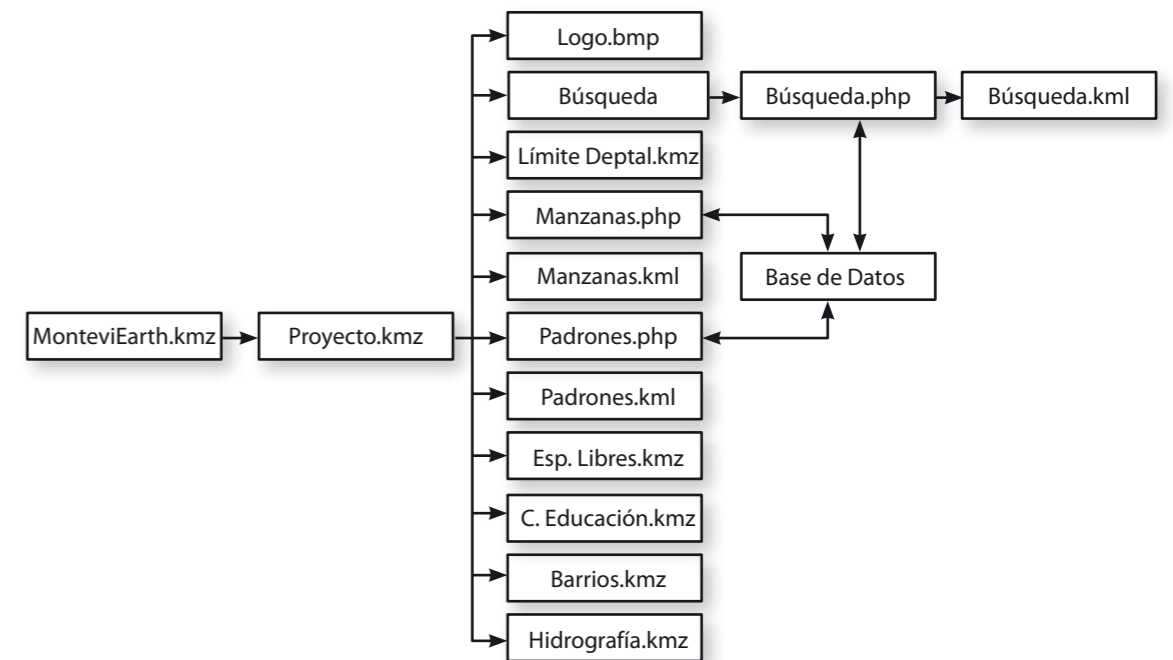


Figura 6 – Esquema de la estructura final

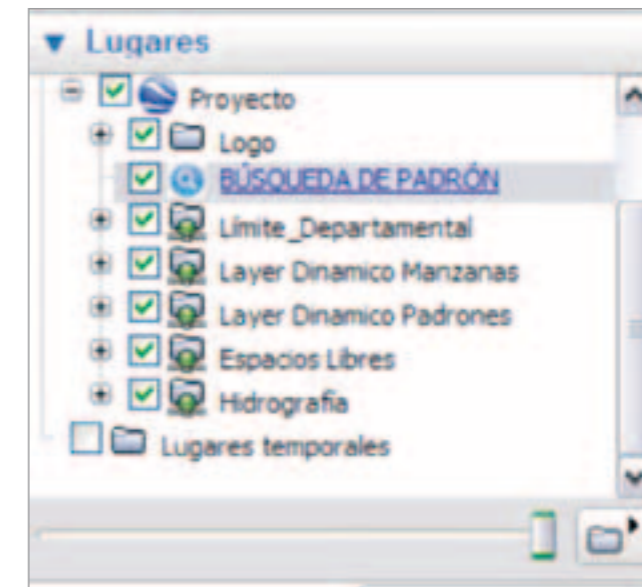


Figura 7 – Búsqueda en ventana Lugares



Figura 8 – Visualización del padrón buscado



Figura 9 – KML Búsqueda en ventana Lugares

## RESEÑA BIOGRÁFICA

### **Andrés Enrique Luque Díaz.**

Ingeniero Agrimensor, encargado del área del SIG y Percepción Remota de Pike Consultora Forestal. En la actualidad desempeñando además un cargo en el Servicio de Geomática de la Intendencia de Montevideo.  
enriqueluque@gmail.com – cel: 095088889

### **Ana Alicia Lofredo Hernández**

Ingeniera Agrimensora, integrante del Grupo de Tecnologías de la Información Geoespacial (GTIG), actualmente desempeñando un cargo contratado de grado 2 en el Instituto de Teoría y Urbanismo (ITU) en la Facultad de Arquitectura, UDELAR.  
alicialofredo@gmail.com – cel: 094225748

## BIBLIOGRAFÍA

<http://earth.google.es/>  
[http://code.google.com/intl/es-ES/apis/kml/documentation/kml\\_tut.html](http://code.google.com/intl/es-ES/apis/kml/documentation/kml_tut.html)  
<http://www.programacion.com/php/tutorial/php/0/>  
<http://www.webestilo.com/html/>  
<http://www.webestilo.com/mysql/>  
<http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/es/mysql-spatial-datatypes.html>  
<http://www.digitalglobe.com/index.php/85/QuickBird>  
<http://ecalero.tripod.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/wgs-84.pdf>

EL DATUM: **Ignacio Alonso Fernández-Coppel**, Profesor Asociado Universidad de Valladolid.

LA PROYECCIÓN UTM: **Ignacio Alonso Fernández-Coppel**, Profesor Asociado Universidad de Valladolid.

Parámetros de Transformación entre el Sistema SIRGAS y los Sistemas Locales CDM y ROU-USAMS (Yacaré): Ing. Agrim. **Roberto Pérez Rodino**, Profesor UDELAR

## TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE SERVIDORES DE MAPAS

Richard Camejo

Victoria Alvarez

Intendencia de Montevideo

### RESUMEN

Los distintos conjuntos de datos con los que cada organización contribuye a una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), no deben ser accesibles directamente, sino a través de ciertos servicios, suministrados por la propia organización y que actúan como intermediarios entre los consumidores y los datos, facilitando el acceso y ocultando las complejidades de su estructura interna.

Los consumidores pueden ser tanto usuarios finales como aplicaciones informáticas, es decir, otros geo servicios que aprovechan las funcionalidades del primero, produciendo un encadenamiento de manera que cada uno recibe como entrada el resultado del servicio precedente y ofrece una respuesta al siguiente servicio de la cadena.

Para esto es imprescindible la utilización de un “lenguaje común” proporcionado por los estándares y especificaciones, que consiguen crear un marco en el que se posibilita la interoperabilidad entre los diversos agentes.

Este trabajo analiza el establecimiento y la operabilidad de los distintos procedimientos y mecanismos informáticos que permiten: buscar, consultar, encontrar, acceder, suministrar y usar los datos espaciales y geográficos, dando una visión de las herramientas y recursos disponibles en el área de la información geo-espacial y presentando conceptos y criterios técnicos a tener en cuenta para su publicación

Trata la temática desde el punto de vista del carácter distribuido de la información geo-espacial a través de Internet. En este sentido la utilización de estándares y especificaciones es esencial para crear un marco que posibilite la interoperabilidad entre los datos y servicios. Aborda el uso de estándares y protocolos, investiga herramientas de código abierto (open source) y propietarias, así como la tecnología en servidores de mapas, metadatos, geoportales y su aplicación en las IDE.

Examina los principales servidores de mapas: Mapserver, Geoserver y ArcIMS, comparándolos entre sí, a efectos de poder determinar las características distintivas de cada uno de ellos y servir como apoyo en la selección de una herramienta adecuada al perfil y estructura de cada organización. Presenta algunas bases para su instalación y configuración.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el marco de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), los servicios juegan un papel primordial, ya que definen la funcionalidad que el sistema va a ofrecer a los usuarios, basándose en la Información Geográfica.

Los distintos conjuntos de datos con los que cada organización contribuye a una IDE, no deben ser accesibles directamente, sino a través de ciertos servicios, suministrados por la propia organización y que actúan como intermediarios entre los usuarios y los datos. Estos geo-servicios proporcionan valor sobre los datos, facilitando el acceso a los mismos y ocultando al destinatario las distintas complejidades de cada organización.

Los consumidores de servicios pueden ser tanto usuarios finales como aplicaciones informáticas, es decir, otros geo-servicios que aprovechan las funcionalidades del primero, produciendo un encadenamiento de manera que cada uno recibe como entrada el resultado del servicio precedente y ofrece una respuesta al siguiente servicio de la cadena. Para esto es imprescindible la utilización de un “lenguaje común” proporcionado por los estándares y especificaciones, que consiguen crear un marco en el que se posibilita la interoperabilidad entre los diversos agentes.

## 2. OGC Y GEO-SERVICIOS

El Open Geospatial Consortium (OGC) es una organización internacional sin fines de lucro, integrada por empresas, universidades y organismos públicos, unidos por el interés de crear normas relacionadas con la información espacial basadas en estándares abiertos.

Establece especificaciones para la interoperabilidad entre los componentes de manera de posibilitar el intercambio de información geográfica a través de Internet. Define estándares y sintaxis para que clientes y servidores puedan comunicarse libremente independientemente de las plataformas utilizadas.

Los estándares más difundidos y utilizados en la conformación de una IDE son los Web Map Service (WMS) y Web Feature Service (WFS) que se explican a continuación.

### 2.1 WMS

Web Map Service permite visualizar la información espacial a través de un navegador de Internet o software de escritorio, superponer capas, realizar transparencias, determinar el tamaño de salida, cambiar el sistema de referencia, obtener información de cada capa. La representación de mapas geo-referenciados, distribuidos a través de Internet, se realiza en forma de imágenes raster (PNG, GIF, JPEG). El servidor WMS devuelve una respuesta en forma de XML, que puede estar formateado (ej: petición GetMap formateada como



imagen jpg) o desplegar el propio documento XML (ej: GetFeatureInfo).

Muchas herramientas de escritorio que trabajan con información geográfica permiten incluir capas en formato de imagen WMS, posibilitando la consulta de datos en línea y siempre actualizados. Algunos de los software de escritorio con esta capacidad son GvSig, Udig, Kosmo y ArcGis.

Una petición de servicio WMS, se realiza invocando una URL (Uniform Resource Locator) de un servidor de mapas WMS a través de un navegador de Internet. En la petición se especifican un conjunto de parámetros (método GET) y sus respectivos valores que serán procesadas según las capacidades del servidor.

### ¿Cómo realizar una petición WMS?

- Prefijo URL del servidor: `http://dirección del servidor WMS/nombre del servicio?`
- Una serie de parámetros, según el siguiente detalle:
- Tipo de servicio: `SERVICE=WMS`
- Versión del servicio: `VERSION=1.1.1`
- Operación a realizar: `REQUEST=Get...`(se describen más adelante)

- Cada parámetro debe ir separado por &

**NOTA:** Esta forma de petición a través del navegador de Internet, es la misma para todos los servicios o capacidades disponibles en el servidor de mapas utilizado.

El estándar OGC, establece ciertos requisitos que deben tener los servidores WMS para que puedan comunicarse a través de las siguientes operaciones soportadas:

- **GetCapabilities (obligatorio)**

Proporciona información sobre las habilidades y capacidades del servidor, que datos proporciona, sistema de referencia, límites del mapa, formatos de imagen soportados, metadatos, toda la información que necesaria para establecer si el mapa que se obtendrá será útil a un proyecto en particular.

Ejemplo:

<http://servicios.sgm.gub.uy:8080/servicios/UYDU.cgi?service=WMS&request=GetCapabilities>

- **GetMap (obligatorio)**

Devuelve un mapa geo-referenciado (en formato de imagen), de una cierta zona especificada por sus coordenadas, con un sistema de referencia determinado y con cierto tamaño indicado en pixeles. Permite superponer capas, mostrar etiquetas y transparencia según la configuración del servicio.

Ejemplo:

[http://servicios.sgm.gub.uy:8080/servicios/UYDU.cgi?service=WMS&request=GetMap&Version=1.1.1&LAYERS=RIO\\_ARROYO\\_A-BH140\\_PCN10,PLAZA\\_AL170-PCN10,AREA\\_URB\\_AL020-PCN10&BBOX=-56.554,-33.396,-56.495,-33.354&STYLES=default&SRS=EPSG:4326&WIDTH=1100&HEIGHT=800&FORMAT=image/png](http://servicios.sgm.gub.uy:8080/servicios/UYDU.cgi?service=WMS&request=GetMap&Version=1.1.1&LAYERS=RIO_ARROYO_A-BH140_PCN10,PLAZA_AL170-PCN10,AREA_URB_AL020-PCN10&BBOX=-56.554,-33.396,-56.495,-33.354&STYLES=default&SRS=EPSG:4326&WIDTH=1100&HEIGHT=800&FORMAT=image/png)

- **GetFeatureInfo (opcional)**

Proporciona información sobre un determinado elemento o característica del mapa, muestra sus atributos. Esta información se puede visualizar en formato texto, o a través de una plantilla html.

- **StyleLayerDescriptor (opcional)**

Permite establecer distintos estilos, o diferentes simbologías para la representación del mapa.

- **GetLegendGraphic (opcional)**

Devuelve una imagen que representa la leyenda de la simbología utilizada en el mapa para la capa solicitada.

## 2.2 WFS

Web Feature Service, a diferencia de WMS, devuelve los datos en formato GML (Geography Markup Language), una codificación XML específica para el transporte y almacenamiento de información geográfica. Mediante WFS es posible realizar consultas espaciales, recuperar los datos e incluso manipular la geometría.

Permite recuperar el dato en formato vectorial si la petición se realiza a través de un software de escritorio.

Se distinguen dos formas de WFS disponibles según el tipo de servidor utilizado:

- **WFS No Transaccional**

Permite hacer consultas, análisis y recuperación de datos geográficos.

- **WFS Transaccional (WFS-T)**

Permite además la creación, actualización y eliminación de los elementos geográficos del mapa.

Operaciones soportadas para los servicios WFS:

- **GetCapabilities**

Proporciona información acerca de las capacidades que puede brindar el servidor: qué

peticiones puede atender y qué operaciones es capaz de brindar, conjuntamente con los metadatos del servicio.

Ejemplo:

[http://www2.dmsolutions.ca/cgi-bin/mswfs\\_gmap?service=WFS&request=GetCapabilities](http://www2.dmsolutions.ca/cgi-bin/mswfs_gmap?service=WFS&request=GetCapabilities)

- **DescribeFeatureType**

Obtiene una descripción de cada tipo de entidad ofrecida, muestra sus atributos.

- **GetFeature**

Obtiene el dato en sí mismo. El usuario especifica una capa en particular y el servidor devuelve un archivo (GML) con la información.

Ejemplo:

[http://www2.dmsolutions.ca/cgi-bin/mswfs\\_gmap?SERVICE=WFS&VERSION=1.0.0&REQUEST=GetFeature&TYPENAME=park](http://www2.dmsolutions.ca/cgi-bin/mswfs_gmap?SERVICE=WFS&VERSION=1.0.0&REQUEST=GetFeature&TYPENAME=park)

- **Transaction**

Operaciones que modifican las características del dato geográfico, permite crear, actualizar o borrar distintas entidades o atributos.

- **LockFeature**

Bloqueo una o más capas durante la ejecución de una "transaction" de forma de impedir que dos o más usuarios puedan modificar una misma entidad al mismo tiempo. Esto garantiza que las transacciones sean serializables y asegura la coherencia del sistema.

Existen además otros servicios estándares OGC, como Web Coverage Service (WCS), Gazetteer (Gaz), Geocoder, Catalog Service Web (CSW), Web Map Context (WMC), GeoXACML, etc. (<http://www.opengeospatial.org/standards/>)

### 3. SERVIDORES DE MAPAS

Los servidores de mapas son aplicaciones capaces de interactuar con usuarios para brindar mapas, datos y servicios geográficos a través de Internet. Surgen por la necesidad de acercar la información geográfica a la comunidad. Debe considerarse que el territorio y los elementos que lo componen son de dominio público, las calles, las carreteras, los

ríos, arroyos, la ubicación de las escuelas, hospitales, locales policiales y todos aquellos elementos sobre el territorio que son geo-referenciables.

El usuario debe poder interactuar fácilmente con el mapa, para ello debe establecerse una interfaz de visualización amigable, con herramientas claras e intuitivas, y los tiempos de respuesta deben ser mínimos.

Además de la visualización en sí, un servidor debe ofrecer herramientas y servicios para el análisis y toma de decisiones, así como también realizar algunas operaciones básicas, a modo de ejemplo: medir distancias, áreas, localización por coordenadas geográficas.

En el mercado, actualmente existen varios software disponibles como servidores de mapas con diferentes capacidades y distintos tipos de licencia de uso, unos de código abierto como MapServer y GeoServer y otros propietarios como ArcIMS.

Algunos de ellos pueden funcionar en más de una plataforma o sistema operativo. Lo más común es que puedan instalarse en Microsoft Windows, Linux, Mac OS X y Solaris, pero si bien esto es lo más común, no existe una regla general.

Las formas de instalación también varían, algunos necesitan ser compilados, otros se instalan con un único comando de forma más sencilla, incluso muchas veces, el mismo software servidor puede ser instalado de diferentes maneras.

#### 3.1 SERVIDORES DE MAPAS DE CÓDIGO ABIERTO

Open source, es el nombre con que se conoce al software cuyo código fuente es distribuido y puede, por tanto ser modificado y adaptado por los usuarios. El código abierto o código libre, tiene un punto de vista orientado a los beneficios prácticos de compartir el código y construirlo en forma colaborativa. Que el código sea libre, no significa que sea gratis, habrá que remitirse a las licencias de uso para conocer sus condiciones (<http://www.gnu.org/licenses/license-list.es.html>).

##### 3.1.1. MAPSERVER

Es el servidor de mapas open source de mayor difusión a nivel global. Se inició en los años 90, en la órbita de la Universidad de Minesota (UMN) en cooperación con la NASA y el Departamento de Recursos Naturales de Minesota (MNDNR).

Actualmente es un proyecto OSGeo mantenido por desarrolladores de todo el mundo. El software es modificado y actualizado permanentemente, la última versión estable del producto es del 14 de Julio del año 2010, posee una documentación muy completa, lista de usuarios a través de correo y una comunidad muy amplia en todo el mundo.

Está publicado bajo licencia GNU General Public License (GPL), por tanto es gratuito. Si bien su desarrollo es realizado en el lenguaje de programación C++, soporta ampliación a través de otros lenguajes como PHP, Java, Perl, Python, Tcl y .Net.

Tiene versiones para Linux, Windows y MacOS X. Su instalación se puede realizar de diferentes formas, es posible hacerlo desde el propio código fuente del programa compilándolo en el momento, lo cual brinda al usuario la posibilidad de configurarlo de acuerdo a sus necesidades particulares o utilizando archivos ejecutables que lo instalan fácilmente sin prácticamente intervención del usuario, tan sencillo como descomprimir un archivo, realizar doble click en un archivo ejecutable para que se efectúe la instalación quedando instaladas también todas las librerías y servidores adicionales que necesita para funcionar (Apache y PHP).

Tiene la capacidad de “reproyectar al vuelo”, es decir, dada una capa de entrada en un sistema de referencia, puede convertir los datos a otro sistema que se especifique.

Una vez instalado es posible utilizarlo de dos formas diferentes:

- **Binario CGI**, script ejecutable que brinda todas las funcionalidades del program.
- **Script PHP**, además de todas las funcionalidades del anterior, permite programar aplicaciones informáticas que personalizan el funcionamiento y aumentan sus capacidades, por ejemplo, es posible configurar Mapserver para editar información geográfica a través de Internet.

Entre los formatos OGC que puede brindar se encuentran los siguientes: WMS, cliente y servidor; WMS Time; WFS no transaccional, cliente y servidor; WMC (Web Map Context); WCS (Web Coverage Service); WFS Filter Encoding; SLD (Style Layer Descriptor); GML (Geographic Markup Language); SOS (Sensor Observation Service); MapScript Wrappers for WxS Service.

### 3.1.1.1. CONFIGURACIÓN

La configuración principal para todos los servicios de Mapserver es realizada a través de un único archivo dividido en secciones predefinidas que son configurables en forma general para los servicios comunes y en forma particular para cada capa publicada.

Entre las principales secciones de configuración están las siguientes:

**MAP**, donde se especifica la extensión del mapa, formato de la imagen de salida, unidades de medida, tamaño del mapa, directorio de datos, archivos con distintas fuentes de letra y símbolos, resolución de la imagen, sistema de proyección.

**WEB**, donde se especifican los directorios del servidor Web, directorio de archivos de imágenes temporales y metadatos generales. Además en cada capa se puede incluir una nueva sección WEB con sus metadatos particulares.

**REFERENCE**, ofrece la posibilidad de mostrar un mapa más general en el que se hace referencia a la zona del mapa visualizada en el mapa principal según el factor de zoom seleccionado.

**SCALEBAR**, muestra una escala gráfica que se actualiza automáticamente según el factor de zoom utilizado para visualizar el mapa.

**LAYER**, existe uno por cada capa a mostrar, se especifican los atributos particulares de cada una, por ejemplo: forma de conexión, estilo, etiquetados, escalas entre otros.

**CLASS**, se especifica la simbología para cada capa: colores, tipo y grosor de entidades, así como otros atributos.

**LEGEND**, especifica una leyenda o referencia del mapa, mediante un ícono donde se establece la referencia a la simbología utilizada.

**LABEL**, permite configurar el etiquetado de las entidades que se muestran en cada capa, esto es un texto descriptivo que aparece en el mapa; es posible establecer el tipo de alineación, centrado, especificar distancia mínima entre etiquetas, no superponer, etc.

## 3.1.2. GEOSERVER

Este software de servidor de mapas permite además de compartir, editar datos espaciales en forma directa a través del servicio WFS-Transaccional.

El proyecto es dirigido por la comunidad Geoserver, está construido en base a la librería GeoTools y desarrollado en lenguaje JAVA. Su uso y distribución es gratuita pues está licenciado bajo GNU GPL.

Viene, integrada a la plataforma de Geoserver, la librería Openlayers para visualización de mapas, lo que permite generar mapas rápida y fácilmente.

Para su instalación requiere configurar algunas variables de entorno (JAVA\_HOME, GEOSERVER), luego se puede instalar fácilmente.

### 3.1.2.1. CONFIGURACIÓN

Su administración se realiza a través de un entorno web, accesible a través de cualquier navegador de Internet, esto permite que la configuración de las distintas capas y servicios a brindar se realice en un entorno gráfico que resulta amigable, además de apto para ser administrado por varios usuarios en forma compartida.

Mejora su eficiencia integrando servicios webcache, que permiten almacenar las imágenes temporales producidas por el servidor en espacio de disco duro, para que puedan ser brindadas luego, sin necesidad de volver a generarlas cada vez.

### 3.2 SERVIDORES DE MAPAS PROPIETARIOS

A diferencia de los anteriores, los archivos fuentes son propiedad de las empresas que lo desarrollan y no están disponibles al público para ser modificados.

Su principal ventaja es que cuentan con el respaldo de la empresa que lo desarrolla, mantiene y actualiza, que además brinda soporte para la instalación, administración y configuración del software.

Su costo de adquisición y mantenimiento de licencias de uso suele ser elevado. Generalmente tienen altos requerimientos de hardware y existe el riesgo de discontinuidad del producto o versión, lo que obliga a adquirir nuevas licencias para mantener los servicios actualizados.

#### 3.2.1. ARCIMS

ArcImS (acrónimo de Arc Internet Map Service) es un producto de la empresa ESRI, que provee solución para la publicación de mapas dinámicos, información geográfica, catálogo de metadatos y servicios a través de Internet, integrando en tiempo real datos que provienen de diferentes fuentes.

Actualmente su desarrollo es limitado y toda su tecnología se está transfiriendo al producto ArcGis Server. Soporta algunos estándares web del OGC, como WMS, WFS y CSW. Soporta https y ssl con autenticación de usuario como protocolos de seguridad en el manejo del sitio web que publica.

#### 3.2.2. CONFIGURACIÓN

Es una única plataforma integrada que cuenta con tres herramientas principales:

- **Author**, para la creación y edición de archivos de configuración .axl (ArcXML) donde se establecen las características del mapa.
- **Manager**, para la creación y gestión de servicios.
- **Designer**, utilizado para crear y editar funciones del visualizador que estará disponible en Internet.

Soporta servicios de metadatos, que se pueden crear como un repositorio central para la búsqueda de información espacial desde Internet.

Es extensible, se pueden desarrollar nuevas funcionalidades en los lenguajes de programación .NET y Java, e incluye controles y componentes para la creación de aplicaciones Web para cartografía. Además se pueden instalar diversas extensiones o agregar componentes provistos por ESRI.

Entre los principales formatos de entrada soportados se encuentran Shapefile de ESRI, ArcInfo Coverage, ArcSDE; imágenes tif, Jpeg, Gif, Bmp y Png. Formatos de salida, Jpeg, Png24, Bmp. Estándares OGC soportados, WMS, WFS, WCS, SLD, CS-W, Z39.50

### 3.3 COMPARATIVA DE SERVIDORES

En la Unidad de Información Geográfica del Servicio de Geomática de la Intendencia de Montevideo, se efectuó el presente año, un análisis comparativo de rendimiento de los servidores de mapas open source Mapserver y Geoserver.

Con la finalidad de valorar de forma objetiva el estado de madurez de ambos software, investigar sus fortalezas y deficiencias, se realizaron pruebas en distintos escenarios y condiciones uso, midiendo sus tiempos de respuesta.

Los resultados pueden servir como apoyo a la toma de decisiones y se presentan tal cual fueron obtenidos sin efectuar ningún juicio de valor o recomendaciones sobre la elección de uno u otro servidor.

Se describen los resultados obtenidos en pruebas realizadas centrando el análisis en el servicio de visualización de mapas WMS.

#### 3.3.1. ANÁLISIS PREVIO

Previo al inicio de las pruebas se analizaron las estadísticas de mediciones de visitas al sitio de Información Geográfica de la Intendencia de Montevideo (<http://www.montevideo.gub.uy/sit>) para tener parámetros de referencia ajustados a la realidad. Esta medición se realizó con el software open source Webalizer versión 2.0.1.

En los gráficos Gráfico1 y Gráfico2 se muestran, respectivamente, los promedios mensuales y diarios de acceso al sitio durante el año 2010 hasta el mes de Julio inclusive. Cabe aclarar que, según surge del análisis estadístico del sitio, el 90% de los accesos son realizados al visualizador de mapas MonteviMap.

Entre la información proporcionada por Webalizer no es posible discriminar el número promedio de accesos simultáneos al servidor, por lo que en forma estimada se realizaron pruebas de carga para 50, 200 y 500 accesos concurrentes. También se estudió el caso para 1000 accesos concurrentes, considerando un posible incremento de carga si se agregaran más servicios o una mayor difusión.

### 3.3.2. COMPARATIVA SERVIDORES

Para la realización de las pruebas ambos software (Mapserver y Geoserver) fueron instalados en el mismo equipo, y utilizaron los mismos datos, tanto a nivel de archivos locales como de base de datos. También se aclara que en el momento de probar uno de los software el otro no se estaba utilizando para evitar sobrecargas innecesarias.

Los equipos utilizados como servidores de aplicaciones y de base de datos, tienen la siguiente configuración: procesador Intel(R) Xeon(TM) CPU 3.20GHz de doble núcleo, 6 GB de memoria RAM, disco duro SCSI 250 GB en RAID, sistema operativo Linux kernel 2.6.18-128 distribución Centos 5.3.

El equipo utilizado como cliente de los servicios tiene la siguiente configuración: procesador Intel(R) Celeron(R) CPU 3.06GHz, 512 MB de memoria RAM, disco duro IDE 120 GB, sistema operativo Linux kernel 2.6.27-14 distribución Ubuntu 8.10.

Las peticiones de información se realizaron sobre una capa de polígonos con 2112 elementos geométricos, tanto en formato shapefile como en formato de tabla de base de datos Postgis.

Para la medición de resultados se utilizó el software para test de servidores Jakarta-jmeter-2.4, que permite configurar diferentes entornos de prueba y diferentes tipos de carga.

Se utilizaron las siguientes versiones de servidores de mapas:

- **MAPSERVER** versión 5.2.3, con PHP versión 5.2.12 y Apache 2.2.3
- **GEOSERVER** versión 2.0.2, con la máquina virtual Java jdk1.6.0\_16 y el servidor Jetty Servlet 6.1.8

### 3.3.3. RESULTADOS

El Gráfico3 muestra los resultados de las pruebas realizadas.

Se observa que las peticiones a archivos locales (formato shapefile) tienen un tiempo de respuesta menor que las realizadas a los mismos datos almacenados en base de datos. El comportamiento se mantiene tanto desde Mapserver como desde Geoserver y sin importar la carga de concurrencia. Este resultado es el esperado, si consideramos que toda consulta a una base de datos tiene tiempos asociados a la conexión, autenticación de usuario, verificación de permisos, etc, que no se requieren al acceder a shapefiles.

Se efectuaron simulaciones de peticiones simultáneas a 50, 200, 500 y 1000. Es decir, que se plantean escenarios de hasta 1000 peticiones de consultas realizándose en el mismo instante para medir los tiempos de respuesta de cada servidor de mapas. Este

número es considerablemente alto si se tiene en cuenta que la cantidad promedio de visitas diarias es de aproximadamente 1500, por lo el 67% de las mismas deberían ser realizadas en el mismo momento.

Se observa que los tiempos de respuesta de Mapserver para cargas de 50 hasta 200 conexiones simultáneas, son considerablemente inferiores que los de Geoserver.

Cuando la carga del servidor aumenta a 500 conexiones los tiempos de respuestas se equilibran, siendo levemente inferior Geoserver.

Al aumentarse aún más la carga, a 1000 conexiones simultáneas, se observa una sensible mejora en el tiempo de respuesta de Geoserver ante Mapserver. Este resultado evidencia la ventaja de utilización del webcache, que mejora la eficiencia en situaciones de alta exigencia.

## 4. GRÁFICOS

### VISITAS MENSUALES SITIO DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA IDEM

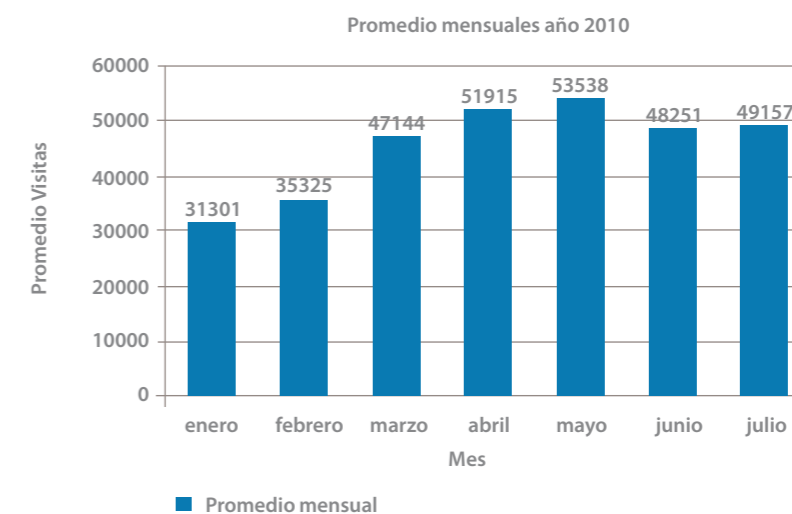


Gráfico1: Promedio de visitas mensuales

## VISITAS DIARIAS SITIO DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA IDEM

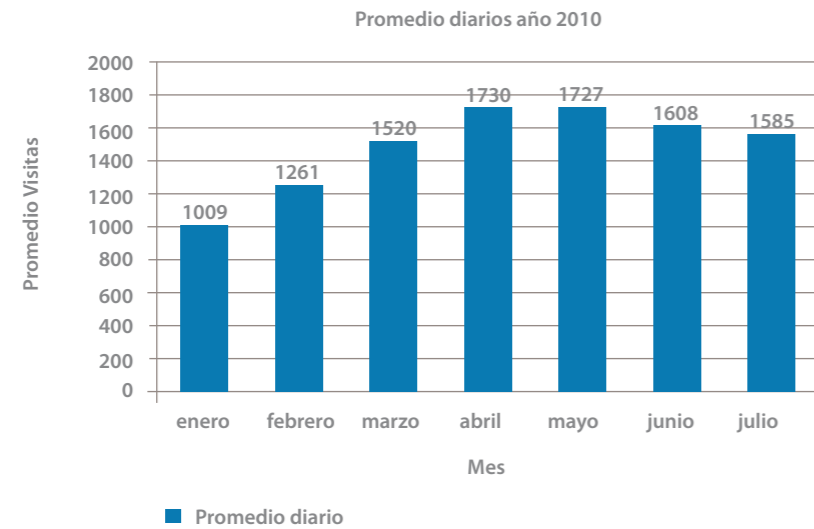


Gráfico2: Promedio de visitas diarias

## MAPSERVER - GEOSERVER

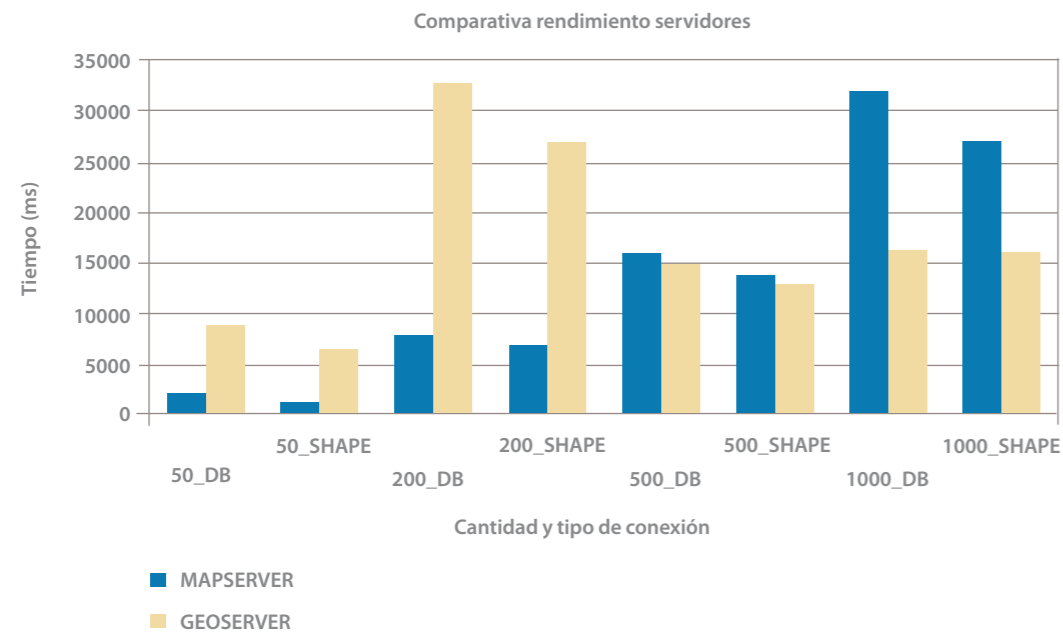


Gráfico3: Mapserver – Geoserver

## 5.BIBLIOGRAFÍA

- MAPSERVER, <http://mapserver.org/>, 03-09-2010  
 GEOSERVER, <http://geoserver.org/>, 03-09-2010  
 OGC, <http://www.opengeospatial.org/>, 03-09-2010  
 ARCIMS, <http://www.esri.com/software/arcgis/arcims/index.html>, 03-09-2010  
 INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE ESPAÑA, <http://www.idee.es>, 03-09-2010  
 CATALOGO Y METADATOS GEOGRAFICOS, <http://www.fao.org/geonetwork>, 03-09-2010  
 EXTENSIBLE MARKUP LANGUAGE (XML), <http://www.w3.org/XML/>, 03-09-2010  
 PHP, <http://www.php.net/>, 03-09-2010  
 JAVA, <http://www.sun.com/java/>, 03-09-2010  
 POSTGRES, <http://www.postgresql.org/>, 03-09-2010  
 POSTGIS, <http://postgis.refrations.net/>, 03-09-2010

## 6.RESEÑA BIOGRÁFICA

### Richard Camejo

Técnico Prevencionista, Consejo de Educación Técnico Profesional 2006  
 Técnico geomático del Servicio de Geomática de la Intendencia de Montevideo.  
 Docente asistente de GIS de la Facultad de Ingeniería de Universidad ORT.

### Ma. Victoria Alvarez

Licenciada en Sistemas de Información, Universidad ORT 2004.  
 Actualmente cursando la Maestría de Ingeniería en Sistemas de Información Geográfica.  
 Analista informático del Servicio de Geomática de la Intendencia de Montevideo.  
 Docente de Algoritmos y Estructuras de Datos, Tutora y Correctora de proyectos de grado de la Facultad de Ingeniería de Universidad ORT.

# IIDEVS.UY UNA PROPUESTA DE INTEGRACIÓN SEMÁNTICA DE CONOCIMIENTO E INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES

Enrique Latorres  
enrique@latorres.org  
elatorres@mtop.gub.uy

Universidad ORT del Uruguay, Ministerio de Transporte y Obras Públicas

## RESUMEN

El presente trabajo propone desarrollar un sistema de Infraestructura de Información y Datos Espaciales con Vinculación Semántica "IIDEVS.UY" para gestión de conocimiento e información espacial, que brindaría servicios al Estado, Empresas y Ciudadanía, y con una política de promoción que haga atractiva la participación y el uso de los recursos. Se sugiere que un sistema con funciones semánticas (Ontologías) de información promoverá el uso de información geográfica dentro de la sociedad y el Estado.

**Palabras Clave:** Ontologías para Información geográfica y Espacial, Ontologías de Dominio de Conocimiento, Gestión del Conocimiento, Sistemas de Información Geográfica, Infraestructura de Datos Espaciales

## 1. DESCRIPCIÓN

La gestión de la información espacial en el Estado Uruguayo está dividida entre varias entidades y organismos que tienen responsabilidad en partes del conjunto total de la información espacial. Hay esfuerzos importantes orientados a integrar esta información a través de servicios de Clearinghouse coordinados por el Grupo IDE, Y hay un proyecto de desarrollo de nodo central de información geográfica; pero los esfuerzos tienden al uso clásico de los sistemas de información espacial, y no hay propuestas orientadas a productos con servicios semánticos, ni una propuesta orientada al ciudadano, la empresa y a los diferentes tipos del consumidor de esta información. Si bien Uruguay está a la vanguardia en muchos aspectos (Cartografía completa del territorio, Clearinghouse nacional, etc.) el impacto en la ciudadanía, empresas y organismos estatales es muy menor. Esta situación vemos que se repite en otros países de América Latina y el Caribe (Delgado Fernández, 2008).

Se sugiere que un sistema con funciones semánticas de información promoverá el uso de información geográfica. El presente trabajo propone desarrollar un sistema de Infraestructura de Información y Datos Espaciales con Vinculación Semántica "IIDEVS.UY", para gestión de conocimiento e información espacial, que brindará

servicios al Estado, Empresas y Ciudadanía, y con una política de promoción que haga atractiva la participación y el uso de los recursos, al resolver problemáticas de compartir información entre diversas áreas.

El Sistema utilizará la información espacial existente como vínculo para el uso de conocimiento por los diferentes participantes del proyecto. El sistema tendrá tres niveles de servicios y múltiples áreas de conocimiento. 1) Nivel de Servicios Web: El sistema permitirá que otras organizaciones, tanto Estatales como Empresariales puedan utilizar los sistemas de información y conocimiento desarrollados, eliminando la duplicación de esfuerzos, desarrollo de sistemas, costos de compra de licencias, mantenimiento y gestión de infraestructura y datos de sistemas de conocimiento e información geográfica y espacial. 2) Nivel de Servicios Semánticos: Los expertos en diferentes áreas pueden utilizar las herramientas de gestión y consulta de conocimiento para evaluar consultas e información para la toma de decisiones. Dispondrá de sistemas de consultas avanzadas dentro de las bases de conocimiento basadas en ontologías, disponibles para aquellos expertos de las Organizaciones que tanto agregan contenido como lo consumen. 3) Nivel de Servicios Básicos: Se brindarán servicios para el público, centros educativos, la ciudadanía, empresas, oficinas del estado y funcionarios, que no precisen de un entrenamiento especial. Los usuarios del sistema podrán acceder vía Web y descargarán información lista para consumir, adecuada a su nivel. Áreas de Conocimiento: El conocimiento se registrará por parte de Organismos y Entidades en forma Vertical. Se elaborarán Ontologías separadas que cada organización, se asegurará la coherencia y consistencia vertical, pero sus componentes de conocimiento podrán ser reutilizados por los usuarios de otros. Se diseñaron estrategias de involucramiento de los socios, que fomenten el uso y a la vez la generación de contenido, de manera que la herramienta se convierta en un pilar de gobierno electrónico, que abarque y aplique en todas las áreas del Estado.

## 2. ANTECEDENTES

La gestión de la información geográfica en el Uruguay está subdividida en gran cantidad de entidades y organismos que tienen responsabilidad en partes del conjunto total de la información geográfica y espacial. Para citar algunos de los ejemplos, tenemos además de la Dirección Nacional de Topografía (DNTop), que es la oficina que nos interesa, las 19 municipalidades, la Dirección Nacional de Catastro, El Servicio Geográfico Militar, Dirección Nacional de Minería y Geología, otros Organismos y Empresas estatales como OSE, UTE, ANTEL (planos urbanos relacionados con la infraestructura y distribución de servicios), ANCAP (estudios geológicos de explotaciones mineras), entre otros.

Esto se trató de resolver en su momento con el desarrollo de la empresa "Clearinghouse" la cual administraba una base de información con algunos documentos geográficos y espaciales de acceso libre, alguna otra información paga, y variada referencia (metadata) a otros "productos" de los organismos y empresas participantes. La falta de una concepción adecuada de su estrategia, su falta de vinculación clara con otros actores, y otros vicios de gestión y organización hicieron que su impacto fuera muchísimo menor al esperado. El impacto real que el proyecto produjo en la sociedad y en particular en la

colectividad productiva y empresarial fue muy escaso y relativo.

Esta problemática tiene diferentes razones, entre las que podemos citar: Falta de una visión estratégica del servicio. Falta de concebir al servicio como estratégico para el país. Falta de completitud en la información. Falta de actualización. Falta de servicios de valor agregado. Dificultades en la obtención de la información. Dificultades para el uso. Dependencia de herramientas y formatos propietarios. Falta de formación, habilidades y competencias para utilizar la información de los potenciales usuarios, etc. Falta de vinculación con información relevante pero que no necesariamente es información geográfica.

Estas causalidades complejas sin embargo tienen en algún contexto fuentes menos divergentes. Una de las razones para esto es la falta de cultura en la población y en particular entre los profesionales para usar sistemas de información geográfica vinculados a la información empresarial, de gestión de servicios, de gobierno y de contralor. Esto se puede deber en parte a la carencia de formación en estos sistemas en las aulas profesionales y técnicas, en especial de aquellas que no están directamente conectadas con los sistemas de información geográfica. A modo de ejemplo hay muy poca formación en este tipo de herramientas entre las carreras de informática, por lo que no solo es difícil conseguir informáticos, sino que es mucho más difícil conseguir informáticos especializados en información geográfica, con las consecuencias que es posible prever.

También afectan: La falta de sistemas de costo bajo o gratuitos para el uso de esa información al menos dentro del estado; La falta de uso y aplicación formatos estándar para el intercambio de información geográfica vinculada a datos, y otros factores, atentan contra la popularización de este tipo de información y que esta información sea consultada por diferentes niveles de público, técnicos y directivos. Hay un gran desconocimiento tanto a nivel de las oficinas de gobierno como a nivel de las empresas del valor de la información. Y también de la existencia de estas fuentes de información. Actualmente la Dirección Nacional de Topografía gestiona junto con AGESIC el nodo provisorio de la IDEuy (Anon., 2010). Pero este tiene muy poca publicidad, hay poca presencia en la web y la información disponible es escasa. Quizás lo más grave es que aún hay dudas sobre las condiciones de licencias sobre las que se brinda la información, por lo cual el particular que las utilice difícilmente pueda arriesgarse a publicar o brindar a terceros información basada en esta. Esto es una fuente de limitaciones a la expansión y popularización de la información espacial y geográfica del Uruguay.

El proyecto propone resolver muchos de los problemas anteriormente enumerados, pero por razones de espacio no se incluyen aquí.

### 3. FUNDAMENTACIÓN DE LA ELECCIÓN DEL PROYECTO

Originalmente el proyecto fue pensado para incorporarlo a la Dirección Nacional de Topografía. Si embargo sería posible de desarrollarlo en otras instituciones. Si bien el objetivo de la IDEuy es generar una Infraestructura de Información Espacial y Geográfica del Uruguay, el Objetivo de nuestro proyecto es generar una Infraestructura

de Información Semántica con Vinculación a los objetos espaciales y geográficos de la IDEuy y otras que se vinculen.

La importancia de un servicio como el propuesto para la sociedad se comprende al pensar en el aporte de una entidad que brinde acceso directo o indirecto a toda la información sobre entidades geográficas del Uruguay, necesaria para planificación y gestión. Ejemplos de esta información vinculada a información geográfica y espacial son: riesgo ambiental, resolución de emergencias, planificación de explotación sustentable de suelos, minería, identificación de objetos geológicos, gestión de medio ambiente, demografía, planificación urbana, entre muchos otros.

Este proyecto quiere estar al nivel de las tendencias avanzadas en gestión de información geográfica y semántica (Delgado Fernández, 2008). La idea del presente proyecto proviene de discusiones realizadas en el marco de las Jornadas Iberoamericanas sobre "Desarrollo Sostenible desde un Enfoque Semántico" (Anon., 2007). En las mencionadas Jornadas se intercambiaron ideas y experiencias relativas a sistemas híbridos de información geográfica e información funcional, en particular relacionadas con el apoyo al desarrollo sostenible. En esa oportunidad el Ing. Enrique Latorres aporta con una presentación "Ontologías: ¿Balas de Plata para la Gestión del Conocimiento?" de la que luego resulta en un artículo para la Revista Mapping, Revista Internacional de Ciencias de la Tierra (Latorres, 2008). En ese artículo se expresan los riesgos relacionados con el desarrollo de sistemas semánticos complejos y la conveniencia de obtener socios de negocios con proveedores de tecnología.

La propuesta es entonces abrir un abanico de socios-proveedores y buscar como socios a otras organizaciones que obtengan resultados y beneficios con los sistemas de información y el conocimiento desarrollado, de forma que colaboren al crecimiento de la infraestructura y de los servicios que esta sea capaz de brindar, buscando estrategias ganar-ganar entre los participantes en relación al proyecto. Esta información claramente debe ir más allá de simplemente mapas con sus metadatos directos.

En particular creemos que es fundamental el aporte de las Universidades, con su experiencia y apoyo para la elaboración de esta infraestructura. Estas infraestructuras son complejas y necesitan experiencia avanzada para implementarlas y operarlas (Latorres, 2008). A modo de ejemplo está la experiencia que en su momento describió el Dr. Fedro S. Zazueta en su exposición del 3 de agosto de 2007 (Zazueta, 2007). Entre otras cosas el Dr. Zazueta muestra los resultados del EDIS (Anon., 2010), un sistema de información basado en ontologías, desarrollado por la Universidad del Florida, financiado que brinda información gratuita para productores agrícolas, investigadores agrónomos, gestores estatales y federales. El programa recibe fondos del programa de Extensión (Extensión) el cual es una asociación entre los gobiernos federal, estatal y de los condados para proveer conocimiento científico y expertise al público y en particular al productor rural. Este proyecto ha brindado excelentes resultados administrando expertise y conocimiento a los productores agropecuarios, muchas veces brindando información a tiempo, por ejemplo sugerencias sobre como alterar la siembra para disminuir los riesgos sobre la base de las predicciones meteorológicas esperadas para la temporada, o soluciones rápidas y efectivas ante invasiones sorpresivas de plagas. La idea es generar un sistema que brinde servicios semánticos como el referido pero



incluyendo la información geográfica como vínculo, y que en diferentes dominios permita brindar información en áreas especializadas, no solo la agrícola.

El proyecto todo es de una dimensión que no sería posible de desarrollar sin grandes apoyos a nivel político. La intención es realizar algo mucho más humilde y acotado. El objetivo de este proyecto es desarrollar la primera infraestructura de un sistema de información geográfica y de datos vinculados a datos espaciales. A su vez se espera desarrollar una infraestructura de servicios semánticos que permitan vincular otros sistemas que utilicen los servicios de este.

Como se dijo antes existen antecedentes en otros países de proyectos en el área de Infraestructuras de datos espaciales, por un lado, y de sistemas de información y gestión de conocimiento, por otro. Los que incluyen ambos aspectos en general están orientados a una única área de conocimiento, obligando a repetir información a lo largo de las administraciones que hacen actividades similares pero en dominios o giros diferentes. En este planteamos la posibilidad de vincular ambos aspectos para múltiples dominios en formas prometedoras por los resultados a los que son posibles de alcanzar. El sistema incorporará conocimiento en diferentes dominios. Estos dominios tendrán contenidos generados por las diferentes oficinas del Estado, Empresas y Organismos que participen en el proyecto.

Supongamos el caso del Instituto de Geología y Paleontología (INGEPA) de Facultad de Ciencias de UdelaR. Los investigadores y docentes podrían incorporar la información de sus estudios y análisis vinculándolos a los cuerpos geológicos identificados. En la información semántica pondrían los resultados de sus investigaciones, análisis y modelos. Para los docentes la publicación en el sistema se considerará como una publicación de una revista o similar. La información sería revisada por pares para verificar la calidad científica y técnica del contenido.

Por otra parte una oficina del estado por ejemplo la Dirección Nacional de Recursos Naturales Renovables (DNRNR) del MGAP generaría información sobre suelos y plantaciones, vinculado a la información geográfica, que a su vez se puede vincular a la información geológica generada por la otra organización (INGEPA).

Las bases de conocimiento basadas en ontologías permitirán a los usuarios avanzados hacer consultas de alto nivel al sistema para consumir información y conocimiento sobre los dominios registrados tanto por el propio actor como otros participantes del proyecto.

A su vez el sistema dispondrá de servicios web semánticos para la integración con aplicaciones de las organizaciones participantes a efectos que no tengan que duplicar la información ni los sistemas, economizando en infraestructura y multiplicando la información disponible.

Por otro lado para brindar servicios al público en general, se desarrollarán interfases simples que permitan navegar la información al estilo similar de lo que hoy hace Googleearth, pero con contenido especializado para diferentes dominios de usuarios de las organizaciones participantes o de grupos de interés en la ciudadanía. Por ejemplo el contenido de la DNRNR se puede publicar en formato de documentos generados

dinámicamente para informar a los productores rurales sobre aspectos técnicos y reglamentaciones respecto a la explotación agrícola. Para el sistema educativo a diferentes niveles se puede generar información adecuada lista para consumir, incluso con sugerencias de discusión y talleres a realizar.

En el caso de Google Earth, donde se combina fotos satelitales con otros tipos de información geográfica, principalmente para el consumidor global. Es de notar que hay además otras propuestas menos conocidas y en general menos globales que Google Earth. De esta manera el proyecto pretende cubrir a largo plazo todos los frentes, tanto G2G, G2B, G2C y G2E.

El sistema debe combinar las posibilidades de consultar no solo metadatos de la información geográfica, sino ser capaz de vincular dominios de conocimiento a la información geográfica y viceversa, y entre sí. Se desea desarrollar una infraestructura basada en Arquitectura Orientada a Servicios (SOA), que mediante WebServices se pueda conectar a otros sistemas del Estado, de las Universidades, de las Empresas, de los Productores Rurales, para vincular información de diferentes fuentes entre sí, y con la información geográfica y espacial como vínculo natural.

El proyecto es muy ambicioso, por lo que se plantea comenzar con un núcleo de servicios, y con algún dominio de conocimiento en particular.

Es necesaria la cooperación de las universidades para comenzar la construcción de la infraestructura de conocimiento vinculada a la información geográfica debido a su complejidad y a su calidad de experimental (Latorres, 2008).

El objetivo es sentar las bases de una infraestructura que combine ambos aspectos (Datos Espaciales y Conocimiento de Dominio), para dar servicios al Estado, con apoyo y vinculación de las Universidades, sobre la base de la información existente en el IDEuy. El sistema tendrá tres niveles de servicios y múltiples áreas de conocimiento.

Nivel de Servicios Web: En este nivel, la infraestructura de la Dirección Nacional de Topografía permitirá que otras organizaciones, tanto Estatales como Empresariales puedan utilizar los sistemas de información y conocimiento desarrollados, eliminando la duplicación de esfuerzos, desarrollo de sistemas, costos de compra de licencias, mantenimiento y gestión de infraestructura y datos de sistemas de conocimiento e información geográfica y espacial. Esto es posible de ser logrado debido a los avances en telecomunicaciones que se han logrado a nivel nacional. Estos servicios ya fueron reclamados por diferentes organizaciones y empresas pero la Dirección Nacional de Topografía no está en condiciones de brindarlos. Estas organizaciones no necesitarán desarrollar estos servicios ni adquirir las bases de datos ni gestionar la información geográfica que será brindada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas a través de la Dirección Nacional de Topografía. A modo de ejemplo, un organismo o una empresa puede querer desarrollar un sistema para dar un servicio pero que necesita de información geográfica actualizada. No sería necesario que desarrolle y mantenga esa información. Su sistema simplemente consumiría los servicios del sistema de la Dirección Nacional de Topografía, agregando el valor que interesa a su giro.

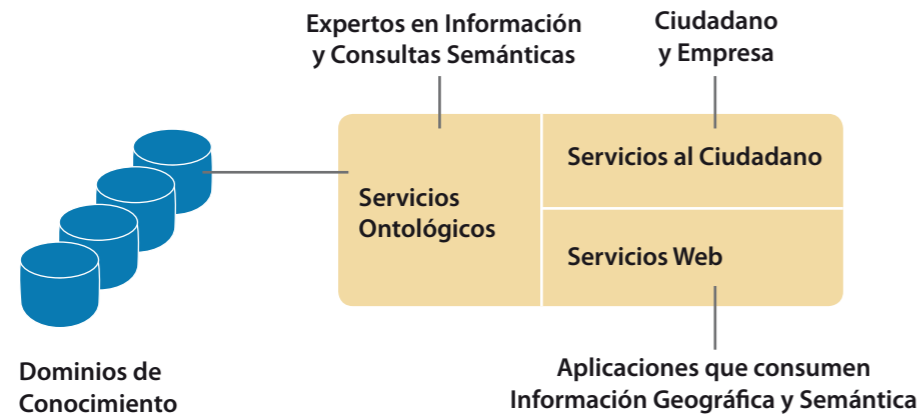


Figura 1.

Se brinda servicios para reutilización de los recursos por parte de las organizaciones participantes para que puedan desarrollar sistemas de valor agregado privados o públicos que utilicen los recursos y servicios disponibles. Estos serán servicios Web que los participantes podrán usar para integrar sus sistemas de información y reutilizar el conocimiento del sistema. Esto exige que los servicios sean de diferentes niveles para que los participantes se puedan acoplar tanto a servicios de alto nivel, como a información cruda, o a diferentes variaciones entre estos. Estos servicios serán evolutivos y se versionarán en las diferentes etapas de su desarrollo. Exigirá eventualmente una cierta integración de información con los usuarios desarrolladores de las soluciones de los participantes.

#### **Nivel de Servicios Semánticos u Ontológicos:**

En este nivel los expertos en diferentes áreas pueden utilizar las herramientas de gestión y consulta de conocimiento para evaluar consultas e información para la toma de decisiones. Esto sería una herramienta muy valiosa para los directivos de gobierno y para las empresas, en la medida que haya conocimiento útil en el sistema para esos dominios y giros de actividad. Este tipo de sistemas es para expertos en el dominio que a su vez están capacitados en la herramienta de gestión de conocimiento. Para las áreas docentes y de investigación el aporte a este proyecto se consideraría como una publicación científica. La aceptación de la información sería mediante la revisión por pares. Para los funcionarios públicos el sistema permitiría registrar el conocimiento de la organización en trámites y procedimientos. El aporte al sistema se puede considerar como un elemento objetivo de valoración para la evaluación de desempeño. El particular brindar información que redunde en valor para la ciudadanía disponible a través del sistema. Para Empresas el aporte de información (validada) se puede equivaler a pagos por el uso de la infraestructura, y los diferentes organismos que participan podrían definir formas de promover que las empresas introduzcan información que esté disponible para el Estado y para el público de diferentes formas y dependiendo de cual es su interés. Por ejemplo en el contexto anterior, sería importante que cuando una empresa de explotación minera ingrese al sistema sus hallazgos de los muestreos

obtenidos para que estos estén disponibles en el sistema tanto para el área científica (por ejemplo Facultad de Ciencias, Instituto de Geología y Paleontología) y al Gobierno (DINAMIGE o DNRNR). Estos a su vez podrían desarrollar modelos o teorías que expliquen alguna situación o problemática al disponer de múltiples fuentes de información en un sistema común.

Estos Servicios Semánticos consistirán en sistemas de consultas avanzadas dentro de las bases de conocimiento basadas en ontologías. Estas consultas estarán disponibles para aquellos expertos de las Organizaciones vinculadas que tanto agregan contenido como lo consumen. Una de las opciones es utilizar la generación de contenido como una forma de medir la participación y el compromiso de las organizaciones y como forma de garantizar mayores niveles de servicio a aquellas que brinden más información como forma de estimular la participación y el aporte. En el caso del ESDI, se considera que el sistema es una publicación válida para los investigadores y el ingreso de información está controlado por pares que revisan la calidad del contenido ingresado. Además expertos del conocimiento verifican la calidad de la codificación en el sistema de forma de asegurar la mayor reutilización al maximizar la vinculación con otro conocimiento relevante.

#### **Nivel de Servicios Básicos o al Ciudadano:**

En este nivel se brindarán servicios para el público, centros educativos, la ciudadanía, empresas, oficinas del estado y funcionarios pero que no precisen de un entrenamiento especial. Los usuarios del sistema podrán acceder via web y descargarán información lista para consumir adecuada a su nivel. También podrán interactuar ingresando consultas o solicitando información que no encuentran o que no está presente en el sistema. Este tipo de sistemas se ha probado muy valioso para permitir el acceso a nuevos conceptos y soluciones para grupos de ciudadanos. Por ejemplo el caso de los productores rurales en el ejemplo del Dr. Zazueta.

Se buscan servicios para el público en general, de fácil acceso, interfase intuitiva que permita el uso de personas no expertas para acceder a información y conocimiento sobre los diferentes dominios que hayan sido registrados. Esto es servicios de acceso tanto a mapas, fotos como a la información relacionada, documentos, material educativo, descriptivo, etc. Debe permitir acceso fácil, de forma que el usuario obtenga documentos cerrados para leer y consumir.

#### **Áreas de Conocimiento:**

Los niveles anteriores son horizontales. El conocimiento se registrará por parte de Organismos y Entidades en forma Vertical. Por ejemplo el Instituto de Geología y Paleontología podría agregar en forma vertical su conocimiento en información geológica, vinculando sus hallazgos y teorías a los elementos geográficos del GIS del sistema. Otros organismos pueden comenzar otras áreas de conocimiento, pero al mismo tiempo puede referenciar y reutilizar el conocimiento proveniente de otros dominios ingresados por otras organizaciones.

Si bien es posible que se cobre por alguno de los servicios, por ejemplo en uso de

servicios web para aplicaciones, la idea principal es permitir que toda la población acceda a una infraestructura de servicios de información brindados por el Estado en conjunto y asociación con las Entidades Participantes. La propuesta es convertir al conocimiento en un commodity que permite sobre esta base construir servicios, información y educación para toda la ciudadanía. Con esto se pretende dar visibilidad y valor en los resultados y servicios que el Estado brinda.

Por otra parte la estrategia planteada de una infraestructura reutilizable de recursos permitirá economizar recursos al estado a poder reutilizar servicios electrónicos, información y conocimiento. Implica hacer uso de los recursos humanos técnicos, científicos, datos, información y conocimientos existentes, que están subutilizados dentro de las organizaciones para que estén disponibles y sean capaces de ser cruzados y referenciados entre sí, mediante una infraestructura común y abierta. En este contexto, esta herramienta informática da valor y utilidad a dichos recursos inexplorados. Esta herramienta apunta a convertirse en un pilar del gobierno digital (electrónico) que abarca y aplica en todas las áreas del estado.

#### 4. ÁMBITO DE ACCIÓN - LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

Si bien el sistema está pensado para ser controlado y gestionado en un único organismo, es la base de un sistema distribuido que va a extender en subsistemas en múltiples organismos y empresas que consumirán y aportarán recursos al sistema central.

##### 4.1 ATENCIÓN AL CIUDADANO, G2C

El sistema permitirá que haya, eventualmente, sistemas más sencillos, más potentes y amigables para brindar información sobre los más diversos temas sobre una referencia común dada por la información geográfica.

Dependiendo del dominio que se considere, este generará información orientada a uno o más grupos de interés. Claramente uno de los grupos que se beneficiará fácilmente de todos los sistemas es el educativo, ya que se podría generar conocimiento preparado para los diferentes niveles educativos.

Un subproducto de los sistemas de los diferentes niveles es brindar información adecuada para la educación. De esta forma se puede generar información para tareas de extensión educativa en primaria, Información actualizada para la educación técnica y profesional, etc.

##### 4.2 BUEN GOBIERNO, GESTIÓN INTERNA, G2G, G2E

El principal cliente de este sistema es el propio Estado. La intención es que las propias

reparticiones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas sean las primeras en ingresar la información y ser sus usuarios. Un área de conocimiento podría ser la de trámites y servicios al ciudadano. Un sistema basado en Ontologías podría permitir hacer consultas sofisticadas y dar mejores respuestas en las búsquedas de los ciudadanos por información.

Al mismo tiempo el sistema permite brindar servicios web para las empresas y entidades de gobiernos de forma de facilitar el acceso a la información y disminuir los costos de propiedad de disponer sistemas de información geográfica.

##### 4.3 DESARROLLO Y FORTALECIMIENTO DE LA CIUDADANÍA Y DEMOCRACIA, G3E G2C

El sistema permitirá brindar información actualizada de los diferentes dominios adecuada a los problemas de la ciudadanía en sus diferentes grupos de interés. Por ejemplo el Dominio de Producción Rural podría brindar información sobre prácticas recomendadas para resolver problemas de plagas o de riego en épocas de sequía o prever problemas que devendrán a partir de previsiones de clima y meteorológicas a corto o mediano plazo.

La Sociedad se beneficia al existir fuentes de información confiable y actualizada que puede ser consultada en forma gratuita.

Los sistemas de Servicios Web pueden tener un cierto costo para la Empresa que los use. Pero la idea es que el Estado brinde servicios de alto valor agregado para la sociedad y el sector productivo, transformando a la información en un commodity sobre el que la Industria y los Servicios podrán construir dando mayor valor agregado.

##### 4.4 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Se ha presentado en otras oportunidades, como ser los fondos concursables, la estrategia a desarrollar con el "Proyecto de Infraestructura de Información y Datos Espaciales con Vinculación Semántica IIDEV.S.UY; Desarrollo de una Infraestructura Multidisciplinaria de Información para la Gestión del País aplicando Gestión de Conocimiento." Esta Planificación fue desarrollada siguiendo la metodología de Marco Lógico.

Un aspecto fundamental es lograr la autosustentabilidad del proyecto. Esto es que eventualmente y preferiblemente a corto plazo, el proyecto se pueda mantener por sus propios medios sin necesidad de partidas ni apoyos especiales, más que los financiamientos normales de cualquier ejecución pública.

Uno de los focos es lograr que el Estado utilice los recursos tecnológicos y sea promotor de su aplicación y uso en la sociedad. Para ello el Estado debe liderar en materia de gestión y aplicación de TIC lo que exige mejorar el nivel del personal para diseñar, gestionar, administrar, tercerizar y controlar los servicios electrónicos que se desarrollen.

## 5. ASPECTOS RELEVANTES Y CONCLUSIONES.

La aplicación de sistemas semánticos combinados con información SIG no es nuevo (Fonseca, 2000; Fonseca et al., 2002). Tampoco es una tecnología que tenga todo resuelto (Schuurman, 2006). Pero su aplicación en general está orientada a que se registren en sistemas semánticos (ontologías) a las entidades geográficas descritas en la información geográfica (Fonseca et al., 2000). Hay varias propuestas de incorporar otros tipos de información para que los sistemas de información geográfica sean realmente útiles al usuario final, por ejemplo tareas (Timpf, 2002).

La propuesta del presente trabajo es ingresar la información que los usuarios de la información geográfica y espacial realmente necesitan, que es la información de su propio negocio, y que nadie mejor que ellos para agregarla y enriquecer el valor de la información geográfica disponible. La concepción es del estilo de generación de información comunitaria como OpenStreetMap, pero con productos más ricos en información y servicios.

Hay propuestas de soluciones similares en otros países, por ejemplo (Heydari et al., 2009), Aunque la arquitectura sugerida es diferente y el objetivo de este proyecto y otros similares es mucho más acotado.

El proyecto propone entonces que cada uno de los clientes, se transforme en actores agregando su propia meta-información de negocio sobre la estructura de objetos geográficos documentados, agregando contenido al sistema con información mucho más rica que simplemente mapas, dimensiones, posiciones y tamaños.

El presente proyecto intenta transformar al servicio cambiando incluso la definición de sus cometidos, y cambiando la visión de lo que representa brindar servicios de información geoespacial en el Uruguay.

## 6. REFERENCIAS

**Anon.** (2007) "Jornadas Iberoamericanas sobre Desarrollo Sostenible desde un Enfoque Semántico", Organizada por CYTED Organización de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sostenible, financiado por la Agencia Internacional Española AEI y la Organización de Las Naciones Unidas ONU, Centro de Formación de la Cooperación Española, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, del 10 al 14 de septiembre del 2007. URL=<http://www.aeci.org.bo/> 11-10-2010

**Anon.** (2010) "EDIS; Electronic Data Information Source of UF/IFAS" <http://edis.ifas.ufl.edu/index.html> 11-10-2010

**Anon.** (2010) <http://www.agesic.gub.uy/innovaportal/v/665/1/agesic/IDE.html> 11-10-2010

**Delgado Fernández, Tatiana** (2008) Infraestructuras de Datos Espaciales y Semántica en

Apoyo al Desarrollo Sostenible. En Revista MAPPING, Edición Especial "Infraestructuras de Datos Espaciales, Semántica y Desarrollo Sostenible", N 125, Abril 2008. ISSN: 1.131-9.100 URL= [http://www.mappinginteractivo.com/plantilla.asp?id\\_articulo=1478](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla.asp?id_articulo=1478) 11-10-2010

**Fonseca F.T.; Egenhofer M.J.; Davis C.A.; Borges K.A.V.** (2000) "Ontologies and knowledge sharing in urban GIS" Computers, Environment and Urban Systems, 24, 3, 31 May 2000 , pp. 251-272

**Fonseca, F.** (2000) "GIS\_Ontology.com in GIScience 2000.

**Fonseca, Fred; Egenhofer, Max; Agouris, Peggy and Câmara, Gilberto** (2002) "Using Ontologies for Integrated Geographic Information Systems", Transactions in GIS 6, 3, pp 231-257, 2002.

**Heydari, Nafise; Mansourian, Ali; Toosi, K.N.; Fallahi, Gholam Reza and Taleai, Mohammad** (2009) "Ontology-based GIS web service for increasing semantic interoperability among organizations involving drilling in city of Tehran", Spatial Data Infrastructure Convergence: Building SDI Bridges to Address Global Challenges. Rotterdam, The Netherlands, 15-19 June 2009

**Latorres, Enrique** (2008) "Ontologías: ¿Balas de Plata para la Gestión del Conocimiento?", En Revista MAPPING , Edición Especial "Infraestructuras de Datos Espaciales, Semántica y Desarrollo Sostenible", N 125, Abril 2008. ISSN: 1.131-9.100 [http://www.mappinginteractivo.com/plantilla.asp?id\\_articulo=1482](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla.asp?id_articulo=1482) 01-09-2010

**Schuurman, N.** (2006) "Formalization matters: critical GIScience and ontology research. The Annals of the Association of American Geographers 96, 4, pp 726-739.

**Timpf, Sabine** (2002) "The need for task ontologies in interoperable GIS" University of Zurich, Department of Geography (2002). doi:10.3929/ethz-a-004370508.

**Zazueta, Fedro S.** (2007) "Gestión del Conocimiento"; 1era jornada del 4to Ciclo de Conferencias Políticas de Estado: El Agro en los Tiempos que Vienen. Recursos Estratégicos para un Desarrollo Sostenible; Organizado por IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), viernes 3 de agosto de 2007 de 10 a 13 horas en el Salón Principal del Edificio Mercosur. URL=<http://www.iica.org.uy/online/verinforme.asp?id=1340> 11-10-2010

## BIOGRAFÍA DE ENRIQUE LATORRES

Magister en Ingeniería en Computación, 2002, Ingeniero en Computación, 1998 Universidad de la República Oriental de Uruguay (Facultad de Ingeniería). Gerente de Informática, Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Profesor Adjunto, Laboratorio de Investigación en Sistemas de Información (LISI) y LatinGeo, Universidad ORT del Uruguay. Presidente de la Asociación Uruguaya de Profesionales en Informática (AUDEPI). Consejero en CONICYT desde el 2008. [enrique@latorres.org](mailto:enrique@latorres.org), [elatorres@mtop.gub.uy](mailto:elatorres@mtop.gub.uy)

## LA CONFLACIÓN GEOMÉTRICA BAJO LA LUPA DEL SISTEMA VISUAL HUMANO

Carlos H. González  
ch.gonzalez@alumnos.upm.es

LatinGEO.  
ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía  
Universidad Politécnica de Madrid.  
Campus SUR E 28031 Madrid, España.

### RESUMEN

El desarrollo de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) ha resaltado la importancia de resolver el problema pendiente de la confluencia, consistente en la alineación geométrica, semántica y topológica entre datos de fuentes diferentes. Este trabajo se restringe a la confluencia geométrica. A diferencia de las aplicaciones tradicionales de cartografía aquí se trabaja en la hipótesis de un uso efímero de los productos resultantes, visualizando resultados en dispositivos de consulta rápida (ordenadores de pantallas normales; móviles con iluminación quizá poco adecuada, etc.). Las métricas geométricas habituales (del tipo Error Medio Cuadrático) no son necesariamente representativas para caracterizar el efecto exclusivamente visual del producto. En esta línea de trabajo se intenta relacionar cuantitativamente el resultado de la confluencia con los principios fisiológicos y psicofísicos humanos que inciden en la valoración del proceso de alineación de las cartografías. Se propone considerar las limitaciones del sistema visual humano (SVH) para elaborar nuevas métricas específicas, así como un experimento para establecer una relación funcional para medir su impacto desde la perspectiva subjetiva de éste

Palabras claves: confluencia, IDE, cartografía, imagen, sistema visual humano, JND, confluencia efímera.

### 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), el incremento y disponibilidad creciente de datos espaciales de múltiples orígenes y fuentes, la popularización de la geografía en Internet, etc. presionan para encontrar soluciones al problema pendiente de la confluencia. Saalfeld, (1993); Casado (2006).

El caso típico de confluencia de datos geoespaciales implica la reconciliación de dos diferentes conjuntos de datos que comparten un área común, para ser manipulados

conjuntamente. El nuevo conjunto unido tiene mayor información que no puede obtenerse de ninguna de las dos por separado. Sin embargo, la confluencia de diferentes cartografías por lo general no genera una tercera sin problemas o errores. Saalfeld (1993).

El Proyecto de España Virtual (EV) pretende investigar y desarrollar la representación del mundo físico en un entorno virtual, vía Internet, y en tiempo real. Para esto se considera potencialmente toda la información geográfica existente: Base Cartografía Numérica (BCN), cartografía de diferentes orígenes (Nacional y Comunidades Autónomas (CC.AA.), Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), etc.)

Una de las líneas de trabajo de EV pretende buscar e investigar algoritmos y procedimientos de confluencia (geométrica y semántica), en las hipótesis de un uso efímero de las imágenes. En este contexto esto significa que el usuario busca un fin utilitario, o inmediato, o resolver una consulta puntual, etc., únicamente con la información que se despliega en la pantalla. Esta búsqueda de información se realiza en muy diversos contextos como por ejemplo al aire libre, o con iluminación poco adecuada, o en recintos cerrados, de día o de noche, o eventualmente en modo de reserva de batería del dispositivo, etc., y es evaluada al ojo del usuario. Por oposición podría hablarse de usos permanentes, en los cuales la confluencia resulta en un producto que persistirá en el tiempo, el cual podrá estar sujeto a un escrutinio y análisis fino y sin prisas. Esta última es la hipótesis en la que se producen la inmensa mayoría de los productos cartográficos oficiales. Nótese que para esta aplicación, la confluencia de cualquier tipo de dato (vector, raster, etc.) se concreta siempre en una imagen representable en un dispositivo.

En López-Vázquez y González (2009), se han aplicado diferentes algoritmos de confluencia geométrica a un área urbana en España, usando como métrica de éxito el estadístico tradicional de exactitud descrito en Anon (1998). El mismo, utiliza puntos de control de coordenadas conocidas y los compara con las coordenadas de los mismos puntos en la cartografía. Para evaluar la bondad de la confluencia se hace algo parecido: se separan los puntos de control disponibles en dos grupos, el primero de los cuales es suministrado a los diferentes métodos de confluencia para realizar el cálculo. Los otros son utilizados como testigos de la exactitud de la transformación, ya que sus desplazamientos son también conocidos. En lo que sigue, se denominará al estadístico de exactitud tradicional como métrica dura (strong metric).

Cuando un usuario visualiza y valora el resultado de la confluencia geométrica, no suele tomarse en consideración su percepción. Como señala López-Vázquez y González, (2009): "Sin embargo, el impacto visual de la confluencia que se logra no está siempre en relación directa con el valor de la métrica." Constatado el efecto, correspondería determinar si la subjetividad del proceso cognoscitivo es relevante.

### 2. ¿LA SUBJETIVIDAD DEL PROCESO COGNOSCITIVO ES RELEVANTE?

Una vez aplicados los distintos métodos de confluencia y evaluados con las métricas tradicionales, es posible establecer un orden basado en los mejores y peores resultados

obtenidos. Sin embargo esta precedencia no coincide necesariamente con la evaluación que realiza el usuario al visualizar los diferentes resultados.

En este trabajo se intenta abordar la pertinencia de vincular modelos y técnicas del sistema visual humano (SVH) con la experiencia de visualización de la imagen final de la confluencia geométrica. Para usos efímeros se entiende válido incorporar la evaluación subjetiva del usuario como consecuencia de esta visualización. Se intentará buscar en los procedimientos y/o técnicas que contemplen la experiencia del usuario, otros criterios de una métrica débil (que se denominará weak metric) complementarios para valorar el éxito de la confluencia geométrica. Para esto se tomará en consideración los principios fisiológicos y psicofísicos humanos para medir la no-alineación de las cartografías, en lugar de utilizar exclusivamente métricas tradicionales de exactitud (métricas fuertes -strong metric).

La visualización es un proceso difícil de modelar, y hay pocos antecedentes. Un ejemplo de esto puede ser el estudio de las ilusiones ópticas. Se conoce que las líneas verticales son tomadas en cuenta más que las horizontales, pero ese resultado es específico para las líneas rectas y no para las onduladas. Un modelo exitoso del SVH es el denominado Modelo de Discriminación Visual (Visual Discrimination Model, VDM) de Sarnoff. Lubin y Sarnoff (1997). Ha sido probado para realizar predicciones de visión y de calidad de imágenes en diferentes aplicaciones. El autor afirma que no es suficiente con especificar el hardware y el software que manipulan imágenes en términos de los parámetros físicos corrientes (brillo, contraste, etc.) sino que es necesario realizar la conexión con el SVH, y expresarlo también en términos de rendimiento visual del usuario (detección, discriminación, etc.). Lubin (1997).

Otro caso crítico, citado en la literatura médica, es el tratamiento y reconocimiento de imágenes de tumores. Interesa saber en qué situaciones si un tumor es visible en un film lo es también en la pantalla del dispositivo en un ambiente dado, más allá de las especificaciones que materializan las métricas de los equipos. Jackson et al. (1997). En estos casos es crítico considerar la experiencia subjetiva del usuario. No sólo importan las propiedades y métricas del dispositivo que despliega la pantalla (derecha de la figura 1), sino también las referidas al usuario (izquierda de la figura 1).

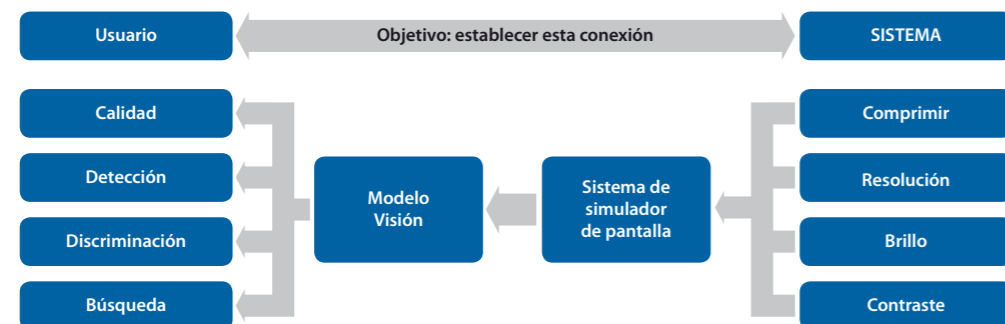


Figura 1. Los modelos SVH y Pantalla, cada uno con sus atributos. ¿Como conectar los atributos de la derecha con los de la izquierda?

(Figura tomada de Lubin y Sarnoff (1997))

Es posible imaginar escenarios de uso más próximo a las geociencias. En el caso de un desastre natural (i.e. incendio forestal) importa considerar una métrica que tome en cuenta al SVH para interpretar con la precisión y velocidad necesarias las cartografías confluenciadas que se visualizan. Por ejemplo, el usuario busca combinar sobre la cartografía de los bosques, una actualizada de los caminos existentes que le permita rápidamente elaborar una estrategia de combate del fuego. Lo que importa en este caso, es si el usuario, a su juicio, obtiene la información necesaria con el detalle suficiente para tomar una decisión. Casos como éste justifican la importancia para estas situaciones de vincular el estudio de la confluencia geométrica y el SVH en las cartografía.

Se puede reducir el problema de la confluencia a la resolución de conflictos entre diferentes datos. Si la estrategia para resolver conflictos está vinculada fuertemente al contexto y al objetivo, parece interesante establecer un marco más amplio que uno estrictamente cuantitativo. Algunas veces es necesario tomar decisiones basadas en los aspectos visuales; en estos casos se suele utilizar atributos no-espaciales, así como conocimiento tácito implícito sobre la tarea y datos que no se explicitan. Kovalerchuk (2004).

### 3. ALGUNOS EJEMPLOS

En López-Vázquez y González (2009) se propone un marco para evaluar las métricas de los diferentes algoritmos de confluencia de las geometrías de dos conjuntos de datos espaciales (raster y vectorial). En los ejemplos mencionados, las imágenes de las ortofotos se usan como las referencias a la realidad. Eligiendo aleatoriamente puntos de control tomándolos de un conjunto dado, se aplicaron varios métodos de confluencia. En las figuras 2 y 3 se muestran una porción de la zona urbana de Gandía, Valencia, España. La ortofoto aérea pertenece a la colección PNOA, la cartografía vectorial de las líneas rojas corresponde a la BCN, y en amarillo las líneas corregidas por dos métodos de confluencia (figuras 2 y 3 respectivamente): los que arrojaron el mejor y peor resultado respectivamente.

El experimento se realiza con la técnica de Monte Carlo, Jaeckel (2002). En la figura 2 se muestra un evento cualquiera (el número 123) de la simulación realizada corregida con el que resultó ser el mejor método (para este evento GRIDDATA\_V4), y en la figura 3 el mismo evento corregido con el que resultó ser el peor método (para este evento IDW\_2).

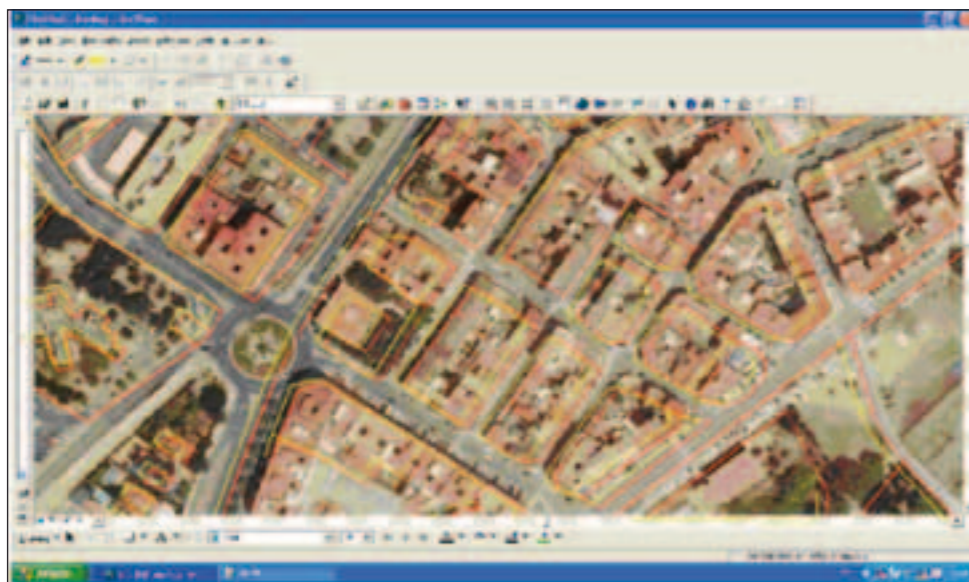


Figura 2. Aspecto del mejor resultado (de acuerdo al NSSDA) para el evento 123 de la simulación. En rojo el dato vectorial correcto; en amarillo el mejor resultado obtenido entre los métodos de confluencia utilizados.

(Figura tomada de López-Vázquez (2009))



Figura 3. Aspecto del peor resultado (de acuerdo al NSSDA) para el evento 123 de la simulación. En amarillo el peor resultado obtenido entre los métodos de confluencia utilizados.

(Figura tomada de López-Vázquez (2009))

El carácter de mejor y peor es en relación a las métricas duras. Una de las observaciones de los resultados obtenidos, a la luz del presente trabajo, es que con los datos y para la cartografía concreta, el orden entre métodos derivada de la métrica establecida por los estándares tradicionales no es significativa para el usuario. La distancia entre la mejor y la peor, de acuerdo a la métrica dura, no es percibida en forma similar por el usuario, que observa que ambas confluencias son igualmente malas.

Las diferencias entre la precedencia dada por la métrica dura y la impresión que causa en el observador no son exclusivas de la cartografía, como se ilustra con el siguiente ejemplo.

En la figura 4 se comparan dos imágenes transformadas, generadas ambas a partir de una original. Los usuarios al compararlas tienden a elegir la de la izquierda como la más cercana al original, en oposición a lo que resulta de una métrica dura tradicional (RMSE) que señalaría a la de la derecha como la más parecida. Lubin (1997).

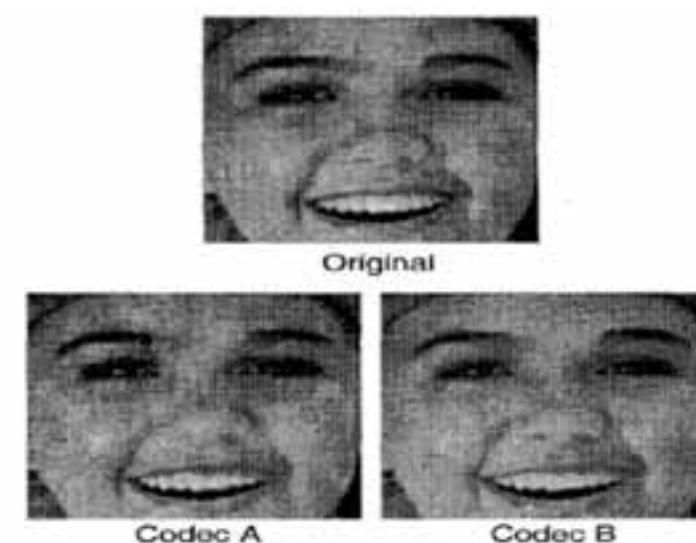


Figura 4. Ejemplo de no coincidencias de una métrica fuerte (strong metric) vs. métrica débil (weak metric)

(Figura tomada de Lubin (1997))

De acuerdo a lo expuesto, se ha llegado a la conclusión de que las métricas tradicionales son insuficientes en determinados contextos para caracterizar los resultados. En una situación crítica, las diferencias entre el mejor y el peor resultado (a criterio de la métrica dura) es tan irrelevante para el ojo (y seguramente para el aparato que se usa para visualizarlo) que es intrascendente tomar una u otra solución. Lo anterior, ha conducido a la idea de tomar también en consideración la satisfacción del usuario en la evaluación final del resultado.

#### 4. MODELOS Y TÉCNICAS DEL SVH PARA LA CONFLACIÓN EVALUADA AL OJO.

Las imágenes que se proyectan en las pantallas de los cines se valen de las limitaciones del SVH para generar la ilusión de movimiento. De igual modo, se busca en modelos y técnicas del SVH las bases de una métrica débil (weak metric), y mejorar la visualización de la conflación en el contexto descrito (uso efímero, etc.). Estos modelos y técnicas originalmente han sido desarrollados con otros propósitos, típicamente aplicaciones médicas. La búsqueda, de la cual aquí se presentan solo algunos ejemplos, implícitamente contiene la visión de que no es suficiente un solo método para mejorar o medir la experiencia del usuario al visualizar la cartografía. Por el contrario, probablemente sea necesario recurrir a una batería de éstos. De ahí la diversidad de los ejemplos que se exponen a continuación.

- En las figuras 5 y 6 se consideran dos vistas a diferente escala de la misma conflación de cartografías raster-vector, correspondientes a datos del IGN de Gandía, España. Cualquiera que sea la métrica tradicional (métrica fuerte-strong metric) seleccionada, es numéricamente idéntica para ambas imágenes, ya que la exactitud métrica tradicional se aplica al dato crudo (sin considerar la escala de visualización) y teóricamente no está asociado a zonas o sectores del mismo. En este caso lo que es relevante es el área de visualización. Sin embargo la experiencia de la visualización de ambas figuras es notoriamente diferente. En el primer caso se puede aceptar que el usuario al visualizar la imagen queda satisfecho sin mayores ajustes. En el otro caso no existe certeza de cual es la verdadera posición de los objetos espaciales. El presente ejemplo además se puede considerar para ilustrar los comentarios del numeral 3.



Figura 5. Una visualización de conflación raster-vector. Para muchos contextos y usuarios la imagen desplegada puede ser considerada aceptable.

- En Kovalerchuk (2004) se describe el modelo visual humano denominado Oracle el cual se usa para predecir respuestas ante determinados estímulos. Un elemento interesante es la descripción de la detección y reconocimiento de componentes de la imagen como función de los parámetros de escena tales como la iluminación de fondo. Se afirma que si un estímulo está bien caracterizado, entonces el SVH responde y es capaz de representar el grado de funcionamiento visual independientemente del dispositivo. Este modelo intenta representar el nivel de "Discrepancias Apenas Detectables" (Just Noticeable Differences, JND) de la respuesta del SVH en función del tamaño de la pantalla, y de la iluminación de fondo.

- Según Lubin (1997), se afirma que el modelo del simulador de pantalla y el modelo de SVH de la figura 1 pueden ser conectados mediante el VDM. Es interesante investigar, a la luz de este modelo, su adaptación para el caso en que el dato de entrada al modelo sea una imagen del monitor (i.e.: la imagen final producto de la conflación) y de salida una predicción del desempeño del SVH.



Figura 6. Otra detalle de la misma conflación de la figura 5. Obsérvese las líneas rojas (vectorial) y el desplazamiento de los objetos homólogos en la cartografía raster. La percepción (en este caso) es bastante incómoda.

- En la figura 7, usando el modelo VDM, se muestra cómo se pueden medir las diferencias que percibe un usuario entre un par de imágenes. El modelo tiene de entrada las imágenes (a) y (b), y de salida (c) un mapa JND. Este mapa muestra la probabilidad de detectar las diferencias en función de la posición en la imagen. El propio mapa JND es una imagen con niveles de grises, y corresponde a la probabilidad más alta de discriminar entre dos imágenes. Los mapas de JND se calibran en unidades JNDs, donde 1 corresponde a una probabilidad de 75% de que un observador mirando las dos imágenes repetidas veces sea capaz de ver las diferencias. El mapa JND se construye en forma similar a los juegos de "Encuentre las 7 diferencias" que aparecen en las revistas de pasatiempos.



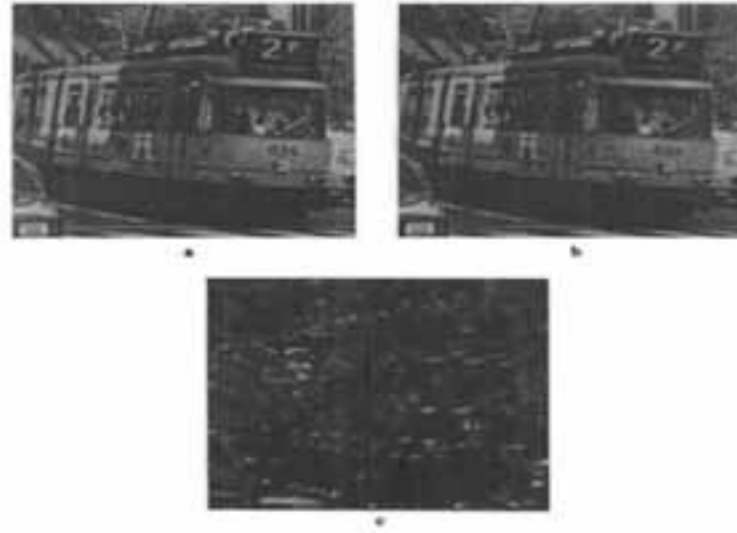


Figura 7. El mapa (c) JND de grises muestra las diferencias entre a y b en función de la posición para un observador.  
(Figura tomada de Lubin (1997))

El observador en ambas fotografías compara las zonas similares, y donde encuentra una diferencia apreciable según su percepción, establece un valor de gris. Las zonas más claras del mapa JND corresponden a las mayores diferencias entre ambas fotografías. Inversamente, una zona oscura en el mapa JND indica que el usuario no logra percibir diferencias entre ambas imágenes.

- En la figura 8 se muestra un ejemplo diferente al anterior. Este permite comparar dos imágenes transformadas a partir de un original. Son dos mapas JND para mostrar las diferencias entre dos imágenes de acuerdo a la percepción del usuario. Se utiliza el modelo VDM para realizar las comparaciones, en donde un menor valor del error medio cuadrático (MSE, mean square error) indica más cercanía al original. La imagen de la izquierda tiene una métrica de valor menor, y más aceptable en términos de las especificaciones propias del sistema. Sin embargo los mapas de JND, muestra la situación contraria, indicando que para el usuario la imagen de la derecha es la preferida. El valor numérico de cada una, indica un resultado opuesto a la percepción que surge de una inspección visual. Este ejemplo no solo ilustra al numeral 2 de este trabajo, sino que además permitiría establecer métricas de la satisfacción del usuario a través de los mapas JND. Según Lubin (1997) hay otros modelos, que también predicen el comportamiento del rendimiento humano en tareas psicofísicas tales como la detección de contraste.



Figura 8. Dos mapas JND para medir las diferencias de dos imágenes generadas a partir de una original. Al ojo aparentemente son iguales (métrica débil-weak metric), sin embargo son diferentes (métrica fuerte-strong metric) (Figura tomada de Lubin (1997))

- En Crawford (1973) se presentan los resultados de los valores mínimos de tamaño en cartografía necesarios para que un usuario perciba una diferencia (ver figura 9). El autor encuentra que el tamaño mínimo perceptible por el SVH en el diámetro de los puntos es de aproximadamente 0.2 milímetros. Los valores en la imagen correspondientes a estímulos menores a este umbral no son notados por el usuario. A la luz de esto, se puede pensar en una aplicación de este resultado para la confluencia efímera que primero identifique pares de puntos homólogos que se despliegan en la pantalla, segundo calcule sus distancia euclidiana sobre la superficie física de la pantalla, tercero realice una evaluación del conjunto de distancias computadas, y finalmente en función del resultado anterior, apoye la toma de decisiones.

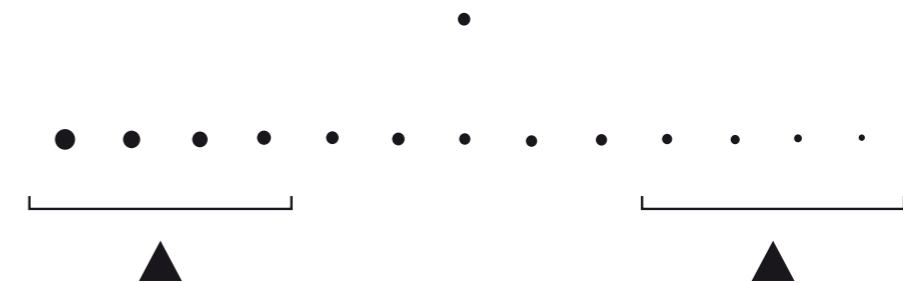


Figura 9. El punto superior es la referencia visual. En los experimentos los sujetos únicamente podían distinguir diferencias de tamaño entre la referencia, y los puntos señalados por las flechas.  
(Figura tomada de Crawford (1973))

- Cuando un observador enfoca su atención en un objeto, se torna menos sensible al resto de la escena visible y sus detalles de contorno. Este hecho es utilizado en forma eficiente en las técnicas de tratamiento y transmisión de imágenes Kimerling (1975). Es posible pensar en aprovechar este resultado para las aplicaciones de confluencia efímera, limitando el foco a un área específica de la desplegada en la pantalla. Dicha área puede estar definida por algoritmos que tomen en cuenta por ejemplo las zonas más claras de un mapa JND.
- En Tai-Hsiang et al. (2008) se presenta la calidad de la imagen con diferentes intensidades de luz. El autor propone un algoritmo que permite mejorar la calidad de ésta. En la figura 10, a la izquierda se presenta la imagen original, y a la derecha la imagen mejorada como consecuencia del algoritmo propuesto. Quizá sea posible utilizar este resultado para mejorar una imagen de confluencia efímera sin tener que modificar las condiciones de iluminación de la pantalla, mejorando la experiencia de visualización del usuario.

## 5. DISEÑO DE UN EXPERIMENTO.

En el presente numeral, se presenta el diseño de un experimento para determinar una métrica débil (weak metric) representativa del SVH en función de los valores de las diferentes métricas fuertes (strong metric).

La función buscada deberá fijar el contexto de visualización (CV) que sean relevantes al SVH, de los cuales se han mencionados algunos ejemplos más arriba. Se deben fijar el entorno de los valores de los parámetros cuantificables así definidos de dichas variables. Se han identificado los siguientes:

**Medio de visualización:** Se ha seleccionado una pantalla de una computadora móvil, que típicamente es entre 14 y 15 pulgadas.

**Características del observador:** Se deben fijar las características de un observador así como de un ambiente, y compararlos todos bajo esa hipótesis. En este caso se ha definido un usuario medio de ordenador, edad entre 18-65 años, con educación media, sin conocimientos específicos de informática, ni de Sistemas de Información Geográfica, que es capaz de usar las funciones básicas de un ordenador, navegar por Internet en busca de información geográfica relevante para resolver una consulta de su interés. El sujeto deberá distinguir, con anteojos o sin ellos, los elementos desplegados en la pantalla.

**Ambiente:** El observador estará ubicado en un ambiente cerrado (interior: oficina, hogar, etc.), con una iluminación cómoda a juicio de este, con luz natural y/o artificial, a la misma distancia de la pantalla que suele usar para otros usos.



Figura 10. Una imagen original (izquierda) y la misma mejorada por software (derecha)  
(Figura tomada de Tai-Hsiang et al. (2008))

**Entorno psicológico:** La forma, formulación, ambiente, expresiones, consignas, etc., que se desarrollaran al interactuar con el sujeto, comparten en forma y fondo elementos comunes con los test psicométricos. Por este motivo, dentro del marco funcional donde se desarrollará el experimento se adoptará los fundamentos y técnicas de esta disciplina. Datos y formas evaluables: A los efectos del experimento se definen una colección de formas tipos o canónicas. Ellas son porciones de poligonales homólogas (una perteneciente al vectorial, otra al raster). A esta colección de formas se la denominará formas canónicas de la confluencia efímera (FCCE). El procedimiento de determinación de las FCCE se desarrolla en un documento separado (González, C. H. (2010)).

Los insumos (las formas a ser evaluadas) provienen de las imágenes que se seleccionarán, las cuales son la que se generan en la pantalla como producto de una confluencia de una imagen raster, (en este caso una PNOA de una zona urbana), con una vectorial correspondiente a la misma área geográfica.

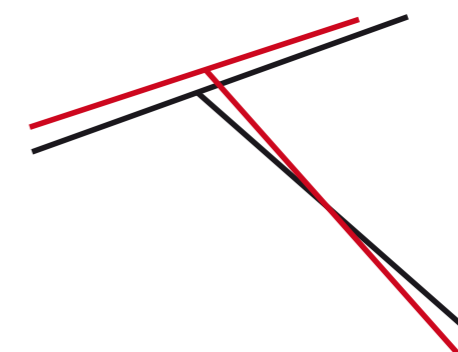


Figura 11. Una FCCE (rojo vectorial, negro raster) representando un cruce de camino típico, en este caso en forma de T.

El experimento: Consiste en exhibir a cada sujeto la colección de FCCE, una por una, y solicitarle a este su valoración subjetiva en una escala del 1 al 10. Dado que el zoom con que se despliegan las imágenes es crítico, se adoptará uno tal, que el resultado del valor de la métrica dura sea constante para todas las FCCE. Al finalizar este proceso con todos los sujetos seleccionados, se obtendrá una tabla de valores constituida por los valores numéricos correspondientes a la valoración subjetiva del sujeto para cada FCCE.

Para cada FCCE se obtiene por un lado una colección de valores resultado de la valoración de los diferentes sujetos, y por otro se dispone de los valores de varias métricas duras. Con este conjunto de valores se realizará un tratamiento estadístico, buscando establecer la relación del tipo:

$$FCV = f(NSSDA, strongmetric1, strongmetric2, strongmetric3, \dots) + incertidumbre$$

La función FCV() es lo que se denominará métrica débil (weak metric); las diferentes métricas fuertes (strong metric) están recogidas en la literatura (distancia de Fréchet, distancia de Hausdorff, NSSDA, etc.) y pueden constituir una lista abierta. De la lista se eliminará aquella cuyo valor fue fijado para el experimento, igualándolo para todas las FCCE. El término de incertidumbre se derivará del experimento, y servirá para valorar la calidad de la función FCV() así como para definir la utilidad de la misma al momento de discriminar entre métodos de confluencia.

## 6. CONCLUSIONES.

En el presente trabajo se ha expuesto el problema que surge al evaluar diferentes cartografías de una misma área geográfica confluenciadas con diferentes métodos. Las métricas duras existentes tales como el NSSDA, Anon (1998), no son representativas de la percepción o de la experiencia de visualización del observador. Las métricas duras tradicionales dan resultados intrínsecos a los datos, sin tener en cuenta las limitaciones del sistema visual humano ni el dispositivo en que se desplegarán los mismos.

Se ha ejemplificado cómo la percepción del usuario difiere de estas métricas tradicionales. Se han expuesto algunos casos de modelos y técnicas del SVH, típicamente originadas en aplicaciones en otras áreas. Se propone implementar una batería de diferentes modelos y técnicas, en la hipótesis de que no es suficiente uno solo, para vincular los procesos subjetivos de visualización del usuario con la confluencia efímera. Con éstos se propone lograr un doble objetivo: mejorar la percepción del usuario al visualizar una imagen de confluencia, y medir su impacto desde la perspectiva subjetiva de éste. Para medir esto último y generar una expresión matemática objetiva, se presenta el diseño de un experimento.

## 7. AGRADECIMIENTOS.

Estos resultados son parte del trabajo del proyecto CENIT España Virtual, cofinanciado

por el CDTI dentro del programa Ingenio 2010 y por el CNIG. Se agradece a los Dres. Miguel Ángel Bernabé y Carlos López-Vázquez del LatinGEO, ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), España, por sus valiosos aportes y observaciones durante el desarrollo del presente trabajo.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

**Anon.** (1998), Geospatial Positioning Accuracy Standards; Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy, Federal Geographic Data Committee, FGDC-STD-007.3, Washington, D.C., 28 pp.

**Barbara G. S., and Robert B. W.,** (1980), Are we asking the right questions? Comments on instructions in cartographic psychophysical studies, *The American Cartographer*, 7(1), pp.19-23.

**Casado, M L.,** (2006), Some Basic Mathematical Constraints for the Geometric Conflation Problem, In *Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences*, M. Caetano and M. Painho (eds.), pp.264-274.

**Cooke, K.J., Stanley, P.A., Hinton, J.L.,** (1995), Oracle approach to target acquisition and search modelling in TheVision Models for target detection and recognition. In *Memory of Arthur Menendez*, (páginas 131-171), Editor Eli Peli, Word Scientific Publishing Co. Pte Ltd., ISBN 981-02-2149-5.

**Crawford, P. V.,** (1973) The perception of graduated squares as cartographic symbols, *The Cartographic Journal*, Volume 10, Number 2, December 1973 pp. 85-88(4).

**Delaigle, J.F., Devleeschouwer, C., Macq, B., Langendijk, I.,** (2002), Human visual system features enabling watermarking J. *Proceedings of the IEEE Paper, Int. Conf. Multimedia Expo*, 5 pp.

**González, C.H.,** (2010), Experimento para la determinación de las formas de la confluencia efímera, en preparación.

**Jackson W.B., Said M.R., Jared D.A., Larimer, J.O., Gille, J.L., Lubind J.,** (1997), Evaluation of human vision models for predicting human-observer performance. *Medical Imaging*.

**Jaeckel, Peter,** (2002), *Monte Carlo Methods in Finance*; Wiley, 304p. ISBN-10:047149741X.  
**Kimerling, A. J.,** (1975), A cartographic study of equal value gray scales for use with screened gray areas. *The American Cartographer*, 2(2), 119-127.

**Kovalerchuk**, (2004), Visual and spatial analysis. Advances in Data Mining, Reasoning, and Problem Solving, Edited by B. Kovalerchuk and James Schwing , Springer,ISBN 1-4020-2939-X(HB) , 570 pp.

**López-Vázquez**, C. (2009), Comunicación personal.

**López-Vázquez, C. y González, C.H.** (2009), The need of a framework to compare Geometric Conflation Algorithms. 12th AGILE International Conference on Geographic Information Science, Hannover.

**López-Vázquez, C. y González, C. H.**,(2009), Comparación de algoritmos para la confluencia geométrica de información vectorial, VI Jornadas Técnicas de la IDE de España, 4-6, noviembre de 2009, Murcia, España.

**Lubin, J., Sarnoff**, (1997) JND vision model, Editor: Dr. J Lubin, Visual Information Systems Research Group Information Sciences Laboratory, Sarnoff Corporation pp 97-612.

**Lubin, J.**,(1997), A human vision system model for objective picture quality measurements, International Broadcasting Convention, 12-16 September 1997 Conference Publication n.44, 498.

**Miller, J.G.**, (1939), Discrimination without Awareness, The American Journal of Psychology, Vol. 52, No. 4, pp. 562-578

**Saalfeld, A.** (1993), Conflation: Automated Map Compilation, PhD thesis, University of Maryland College Park, Center for Automation Research Computer Vision Laboratory. CS-TR-3066, pp. 1-133.

**Tai-Hsiang H., Chia-Kai L., Su-Ling Y., & Homer H. Chen.**, (2008) JND-based enhancement of perceptibility for dim images, ICIP 2008. 15th IEEE International Conference on Image Processing, 2008, pp. 1752-1755.

### **BIOGRAFÍA DE CARLOS HUMBERTO GONZÁLEZ.**

Tiene títulos universitarios de Licenciado en Informática y de Ingeniero Agrimensor. Trabajó como docente en el Instituto de Agrimensura, Facultad de Ingeniería (Uruguay), como asistente en proyectos de investigación en geociencias en la Universidad O.S.U., Oregón, USA, y con la Misión Geofísica Alemana en Dinamige, MIEM, Uruguay.

Tuvo actividad profesional en la Dirección Nacional de Catastro, Dirección Nacional de Minería y Geología, en la Industria Forestal, en la División Informática en la I.M.M., y como consultor particular.

Actualmente trabaja en el Departamento de Información Geográfica de la Dirección Nacional de Topografía del MTOP, Uruguay. (Rincón 575 3er. piso, Montevideo, Uruguay - Tel: (+598)29157933,- Fax:(+598)29152673, Departamento Sistema de Información Geográfica, correo: carloshgonzalez@adinet.com.uy <http://www.dntopografia.gub.uy>) Ha realizado estudios de posgrado tanto en Sistemas de Información en la Facultad

de Ingeniería del Universitario Autónomo del Sur (Uruguay), como en Geociencias y Geofísica en el Observatorio Nacional de Río de Janeiro y Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil. También ha realizado estudios de posgrado en geofísica en el ITC-Instituto de Ciencias de la Tierra, Delft, Holanda; en el Instituto de Geociencias BGR de Hannover, Alemania, así como en la Universidad del Litoral, Santa Fe, Argentina.

Actualmente está doctorando en Ingeniería Geográfica por la Universidad Politécnica de Madrid (U.P.M.) supervisado por los Dres. Miguel Ángel Bernabé y Carlos López-Vázquez, y pertenece al Grupo Mercator del LatinGEO, UPM.

## REQUERIMIENTOS DE UN PROGRAMA DE MEJORA DE EXACTITUD POSICIONAL

Carlos López-Vázquez  
carlos.lopez@thedigitalmap.com

The Digital Map Ltda.

### RESUMEN

Un Programa de Mejora de Exactitud Posicional (ProMEP, equivalente a PAI por su sigla en inglés: Positional Accuracy Improvement) es un proceso sistemático en que se intenta mejorar la exactitud geométrica de una cartografía digital en una única operación. El objetivo final es hacerla compatible con información generada por terceras partes con tecnología GNSS corriente o avanzada. A nivel europeo se pueden citar la experiencia británica del Ordnance Survey (2001-2006) así como algo similar limitado a empresas en Alemania. A nivel internacional hay experiencias similares con archivos TIGER en los EEUU.

Las razones para un impulsar un ProMEP son similares a las de una IDE: si las coordenadas son suficientemente exactas, los datos de diferentes proveedores pasan a ser geoméricamente compatibles entre sí, bajando costos de integración para los potenciales usuarios y aumentando tácitamente la oferta de información. Las empresas pequeñas son las más beneficiadas: pueden desarrollar o generar aplicaciones de última generación basadas en GNSS y tecnologías avanzadas sin necesidad de encarar ellos mismos un ajuste de cartografía de base para que la misma sea interoperable.

En este trabajo se bosquejan los requerimientos que deberían especificarse para un ProMEP, incluyendo funcionalidad y otras características técnicas. Se establece la necesidad de disponer de abundantes datos de mayor exactitud, y se sugiere obtenerlos en forma combinada con trabajo de campo y ortoimágenes de exactitud adecuada.

**Palabras clave:** exactitud planimétrica, exactitud posicional, cartografía numérica, PAI

### 1. INTRODUCCIÓN

Los cambios tecnológicos recientes han afectado significativamente y en más de un sentido la hasta hace unas décadas relativamente estable industria de la información geográfica. De entre esas innovaciones es posible destacar la aparición en la década del 60 de los primeros Sistemas de Información Geográfica (SIG), capaces de realizar operaciones entre capas de información rápida y eficaz. El primer SIG (canadiense) es de

1963; ESRI e Intergraph fueron fundadas en 1969. Con los SIG pasa a ser técnicamente posible generar combinaciones de datos en la computadora que no fueron previstas por un cartógrafo profesional, cuyo producto típicamente se representaba sobre papel. La masificación del acceso a las computadoras ocurridas a partir de los años 80, en particular con la aparición del IBM PC en 1981, más el desarrollo de software de dominio público (desde GRASS en 1982 a GvSIG en 2006, entre otros) facilitó la actividad de investigación y popularizaron el acceso a estas tecnologías. El impacto fundamental está en que mucha más gente (con preparación adecuada o no) quedó en condiciones de procesar información geográfica y actuar en consecuencia.

Las diferentes iniciativas IDE se han justificado en parte por el desarrollo acelerado de las tecnologías de comunicaciones con la Internet y sus predecesoras que, desde 1969, permiten el acceso remoto a información en general y a información geográfica en particular.

El cambio tecnológico más significativo (en relación a este trabajo) ocurrió con la popularización del GNSS (creado a fines de los 60's con objetivos militares, y puesto progresivamente en uso público a partir de 1983 con el nombre de GPS). Este instrumento permite que cualquier técnico con capacitación suficiente esté en condiciones de a) recoger directamente coordenadas absolutas sobre el terreno y b) auditar la exactitud de la cartografía existente, desnudando sus limitaciones.

La capacidad para el usuario de combinar capas de información obtenidas de diferentes orígenes, la (desagradable) sorpresa de descubrir que la geometría no es coherente, y la confirmación (con instrumental adecuado) que los niveles de exactitud geométrica declarados por los productores no son los esperados ha provocado la necesidad de explorar soluciones técnicas para disimularlos o resolverlos.

La primera (y más obvia) es intentar operar con los datos como están, ignorando el problema (Timms et al. 2003). Para algunas aplicaciones y escalas ello puede ser tolerable, pero no lo es cuando el dato de base será actualizado frecuentemente con información de campo recogida con GNSS, ni cuando debe utilizarse en forma simultánea con información de terceras partes que tenga una exactitud planimétrica muy superior.

La segunda alternativa es intentar reparar manualmente caso a caso la información propia o de terceros, intentando disimular las discrepancias más evidentes. Hay varios comentarios y objeciones que se pueden plantear a esta estrategia. La primera es que efectivamente esta alternativa puede resultar en alguna medida efectiva en el corto plazo. Desafortunadamente es poco eficiente: si se esperan actualizaciones de la cobertura A, todo cambio que se le haga deberá repetirse cuando llegue la nueva versión. Aún cuando no se actualice con frecuencia, cada usuario de la cobertura A tendrá el mismo problema, y si lo resuelve manualmente se generarán tantas instancias geoméricamente incompatibles entre sí de A como usuarios existan. Si además la cobertura A se usa como referencia geométrica para construir una cobertura B, las modificaciones geométricas que se realicen en A deberán replicarse (manualmente...) también en B. Esta alternativa, si bien factible, tiene demasiadas consecuencias negativas. Más adelante se propondrán otras opciones.

Es pertinente analizar lo que se ha hecho en otras latitudes en relación a estos problemas. A la fecha se pueden encontrar al menos antecedentes en Alemania, Reino Unido y EEUU (aunque Rönnsdorf, 2004 ya menciona también Australia, Francia, Suiza e Irlanda). En un primer ejemplo alemán (descrito por Rönnsdorf, 2003a) se trataba de compatibilizar una cartografía propia con la información catastral pública (base geométrica típica de la cartografía en Alemania). Rönnsdorf (2003b) describe otro ejemplo alemán de una empresa creada tras la fusión de una eléctrica y otra de gas y agua. La cartografía catastral de ambas era geoméricamente incompatible, por lo que fue necesario realizar un proceso de conciliación interno. Ambas referencias dan pocos detalles de los algoritmos utilizados, los problemas encontrados y el enfoque general utilizado, pero en ambos casos se trata de trabajos de alcance interno y por lo tanto de impacto acotado.

En el caso inglés<sup>1</sup> y americano<sup>2</sup>, la mejora fue planteada con objetivos más generales; si ciertos datos se recogen con tecnología GNSS o similar, y deben integrarse con información ya existente, la misma debe ser de una exactitud comparable. El proceso (que se describirá en detalle más adelante) incluye una modificación masiva de la geometría de la cartografía oficial (con algún trabajo de actualización realizado en simultáneo) más el suministro al público de información suficiente para modificar internamente otras coberturas que estuvieran asociadas a la cartografía oficial. La modificación era de una única etapa y contó con el concurso de proveedores privados de software para llevarla adelante.

La mejora de exactitud del dato base fue sustantiva. Para ilustrar con algunos números: Ordnance Survey redujo el error medio cuadrático de datos rurales 1:2.500 desde 2.8 m a 1.1 m. Los desplazamientos típicamente fueron menores a 2.5 m, aunque hubo casos de 10 m. En EEUU la reducción llevó a 3.8 m datos que ocasionalmente tenían errores planimétricos de 150 m (Broome et al., 2003).

Llamativamente el problema del desplazamiento masivo de los objetos geográficos en una cartografía no parece haber despertado el interés de la academia. La consulta en Google Académico con los términos "positional accuracy improvement" da sólo 74 referencias (con comillas y una vez que se retiran aquellas relacionadas con robótica). Podría pensarse que los académicos consideran el de calidad de los datos como un problema "meramente técnico", y se concentran en el uso de los datos y no en su recolección.

Otra razón es que quizá esas no sean las palabras clave correctas; existe una línea de investigación que compartiendo aspectos científicos con un ProMEP tiene una formulación de problema diferente. La Conflación (Saalfeld, 1988) es el proceso según el cual se disminuyen las discrepancias (geométricas, semánticas, topológicas, etc.) entre dos juegos de datos de forma de poder utilizarlos conjuntamente. Ello implica transformar coordenadas, atributos, conectividad, etc. según corresponda. Bajo esa óptica, un ProMEP podría considerarse como un caso particular de Conflación, en que la realidad del terreno es uno de los juegos de datos involucrados. La consulta a Google Académico por geographic conflation geometric -robot arroja ahora casi 1400

<sup>1</sup> <http://www.ordnancesurvey.co.uk/oswebsite/pai/>

<sup>2</sup> <http://www.census.gov/geo/mod/maftiger.html>

resultados. Sin perjuicio de ello pocos de esos trabajos abordan el caso particular de un ProMEP, entendido como una tarea masiva y universal de transformación de las coordenadas de una cartografía.

Si bien el tema a nivel internacional ha sido poco tratado, existen antecedentes nacionales en la materia. Por ejemplo, Pérez-Rodino (2000) analizó el caso de la cartografía papel 1:50.000 del Servicio Geográfico Militar una vez que había sido vectorizada, y propuso un método para reducir el error planimétrico encontrado. Sus resultados y procedimientos se comentarán más adelante.

## 2. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS

En su momento Saalfeld (1988) consideró el problema de vincular en forma armónica la información digital vectorial producida por el Servicio Geológico de los Estados Unidos con los datos de la Oficina del Censo. La calidad o exactitud geométrica era muy diferente, por lo que se debía modificar el más inexacto de forma que se alinearan sus objetos con los homólogos de mayor exactitud. Para ello Saalfeld sugirió dividir el proceso en dos etapas:

- a) identificar los objetos homólogos (en su propuesta eran puntos)
- b) realizar la transformación geométrica (en su propuesta, basada en triángulos)

Según Hope (2008) esta propuesta metodológica de Saalfeld ha tenido gran aceptación. Los trabajos posteriores en su gran mayoría se enfocan en una u otra de las etapas por él definidas. Sin embargo, en un informe reciente (Kucera y Clarke, 2005) y evaluando con algo más de perspectiva lo que los usuarios requieren de este proceso, los autores sugieren separar las etapas requeridas en tres:

- a) identificar objetos homólogos
- b) reseñar las diferencias encontradas (de delecteo, de atributos, etc.)
- c) realizar la transformación geométrica

Ellos recomiendan que las tres etapas no tienen por qué ir juntas; hay aplicaciones que requieren sólo la primera y la segunda.

La formulación tradicional de Saalfeld está basada en la geometría, y redactada en términos de dos mapas. Analizando la misma es posible distinguir varios requisitos:

- criterios de medida de exactitud, para priorizar un mapa sobre otro menos exacto
- identificar objetos geográficos homólogos
- establecer transformaciones matemáticas que logren el resultado deseado
- establecer criterios de éxito en el resultado deseado

Con la definición de Saalfeld el problema a resolver está formulado en términos de interpolación. Por interpolación se entenderá que la transformación debe replicar exactamente las coordenadas de los puntos homólogos. A pesar de ser muy popular, este enfoque olvida considerar la exactitud original de cada mapa. Así, si ambos mapas tienen exactitud comparable, no sería razonable imponerle a uno la geometría del otro si no es necesariamente más correcta. Parece más razonable el enfoque que defiende Hope (2008) en el que trabaja con el concepto de aproximación: la transformación matemática se realiza de forma que minimiza las discrepancias. Una posibilidad sería minimizar la suma de cuadrados de las discrepancias, lo que nos llevaría al método homónimo. No es la única opción, y hay literatura abundante en estadística y matemática sobre otras alternativas para el tema. La formulación de Saalfeld es un caso particular, en el que se elige la transformación matemática de forma que la discrepancia final es nula. Como se verá más adelante, el criterio definido por el Ordnance Survey tiene puntos de contacto con el anterior. Con algún procedimiento (no detallado) se identifica una gran cantidad de puntos y sus homólogos entre las dos encarnaciones de la cartografía. Para fijar ideas: en área urbana, en una zona cuadrada de 1km de lado se reportan más de 10.000 puntos homólogos. Con esos puntos como dato, y una transformación matemática (no detallada) se presume que se logra la reducción esperada de las discrepancias. Hay aspectos poco claros del proceso que se comentarán luego.

Por el interés específico se analizará con algún detalle el trabajo de Pérez-Rodino (2000), ya que parece ser el primer intento de corrección sistemática de las coordenadas de una cartografía uruguaya. El punto de partida eran las versiones vectorizadas de la cartografía papel 1:50.000 del Servicio Geográfico Militar (SGM), obtenidas como parte del proyecto SIGNAC del MTOP. El proceso de transformación de coordenadas de imagen a coordenadas geográficas está sujeto, en opinión del autor, a varias premisas: a) mantener (si corresponde) la relación entre entidades con bases de datos antes y después de la transformación b) conservar las relaciones geométricas de cada entidad y c) respetar las relaciones de ligazón entre entidades. El autor propone tomar ventaja de características de software de procesamiento de GNSS para realizar estas transformaciones.

Una vez identificados puntos homólogos en campo y en la cartografía transformada, y estando ambos expresados en el mismo sistema de referencia, las discrepancias o desplazamientos observados son lo que justifica el ProMEP (ver fig. 1 y 2). De su análisis el autor considera la presencia de desplazamientos sistemáticos, que él atribuye a errores en los parámetros de transformación aplicados. Asumiendo que las deformaciones son uniformes en cada carta, aplicó una transformación de Helmert optimizando sus parámetros y reduciendo efectivamente las discrepancias. Es oportuno señalar que otros autores (Timms et al. 2003) señalan que salvo regiones muy específicas, los desplazamientos no parecen seguir un patrón sistemático en que regiones de tamaño significativo parezcan haber sido transformados con la misma regla. Su conclusión es que la transformación matemática no es simple ni sencilla. Ellos distinguen además dos situaciones diferentes: a) los objetos ingresados por los usuarios tienen coordenadas absolutas (i.e. fueron leídos directamente con GNSS) b) los objetos fueron tomados total o parcialmente directamente de la cartografía de base, y en parte fueron digitalizados tomándola como referencia. En el primer caso, la función de transformación podría ser suave, mientras que en aquellos casos en que hubo un snap la función podría tener discontinuidades.

Es bien sabido que la elección de la transformación matemática no es única. Casado (2006) plantea (al igual que esboza Pérez-Rodino, 2000) una serie de condiciones matemáticas a la transformación buscada. Entre ellas están la preservación (exacta o aproximada) de: 1) los ángulos entre entidades 2) la proporcionalidad entre segmentos 3) la colinealidad de algunas entidades entre sí, como frentes de edificios 4) las relaciones topológicas (orientación del mapa, posición relativa entre entidades, continuidad de poligonales) 5) la orientación de las curvas y 6) la continuidad en la frontera entre láminas adyacentes. Estas condiciones no definen unívocamente la transformación. Si se asume una forma funcional concreta (transformación de Helmert por ejemplo) entonces puede encontrarse la misma para un cierto número pequeño de puntos de control, pero si hay puntos adicionales la relación no podrá satisfacer los desplazamientos en todos. En la práctica Timms et al. (2003) señalan que la transformación tiene mucho detalle, por lo que además de la dificultad en la elección de la forma de la función, el número de puntos de control deberá ser grande para poderla aproximar.



Figura 1 Datos catastrales antes y después del PROMEP. En rojo los desplazamientos disponibles en el link file. Tomado de Anon, 2005

Una vez definida la cartografía de base a modificar será necesario priorizar áreas geográficas. Se realizarán levantamientos de puntos de control, o utilizarán aquellos disponibles (si son adecuados) para cuantificar la situación presente, y servir de base a las transformaciones matemáticas a realizar. Las mismas requerirán de investigaciones específicas. El procedimiento adecuado para ello incluye seleccionar una o varias regiones como testigo, aplicar las técnicas y evaluar los resultados. En este artículo no se abundará sobre las herramientas de transformación, sino que se hará foco en el proceso y los requerimientos formales (y prácticos) del mismo.

### 3. EXPERIENCIAS PREVIAS

El proceso de adopción de un ProMEP va más allá de los aspectos técnicos, ya que desde el punto de vista del usuario hay que hacer un balance entre los costos y los beneficios, así como considerar la oportunidad. En este aspecto la experiencia británica es la más documentada (Timms et al., 2003; Rönnsdorf, 2004; Anon, 2005). Ante la necesidad de adaptar las coordenadas absolutas de la cartografía 1:2.500 a los requerimientos de datos GNSS se propuso en 2001 un plan masivo de corrección de la cartografía comercializada por el Ordnance Survey. Cada cliente recibiría una versión actualizada a medida que la producción se completara. Aunque la actualización estaba incluida en el mantenimiento (o sea: no había que pagar extra por ella) el cliente tenía varias decisiones a tomar que dependían a su vez de su propio contexto.



Figura 2 Datos catastrales antes y después del PROMEP. En celeste los datos propios y en rojo los desplazamientos disponibles en el link file. Tomado de Anon, 2005

Por ejemplo, incluso si utilizaba en su operativa únicamente información oficial, debía decidir si iba a migrar progresivamente a la nueva cartografía o no (Timms et al. 2003). No hacerlo implicaba que su cartografía oficial no sería actualizada hasta que terminara el ProMEP (cinco años). Por el contrario: hacerlo a medida que se avanzaba implicaba que habría durante un período largo inconsistencias geométricas en los bordes de algunas cartas. Pero el caso más problemático se daba cuando el usuario tenía simultáneamente información oficial y propia (o de terceras partes), cuya actualización no estaba necesariamente sincronizada con el avance del ProMEP. En ese caso, la actualización de la cartografía oficial hacía que se rompieran las relaciones topológicas existentes, como se ilustra en la figura 3. Fue claro que había que facilitar mecanismos para que los clientes pudieran transformar ellos mismos las coberturas propias, haciéndolas (idealmente) consistentes con la cartografía oficial.

Luego de algunos arranques en falso, se decidió suministrar junto con la cartografía de base modificada un conjunto significativo de parejas de puntos homólogos (en archivos

denominados link files) con el objetivo que cada cliente pudiera (si así lo deseara) transformar sus propias coberturas de forma de hacerla coherente con la información oficial actualizada. Tal transformación se podía realizar con diversos software, existiendo una lista abierta de posibles proveedores.

Nótese que, implícitamente, se está asumiendo con este esquema que la transformación matemática requerida queda bien definida con la información del link file, pero (paradójicamente) también se admite que la misma no es única, ya que existen distintos proveedores de software para ella. No se conoce ningún trabajo comparativo evaluando las prestaciones de esos softwares para esa tarea en términos de exactitud. Sí en cambio hay indicaciones relativas a la capacidad de procesamiento de los mismos (en términos de números de vértices procesados por hora) lo cual es significativo cuando hay que transformar masivamente juegos de datos.



Figura 3 Geometría antes (izq) y después (der) de la aplicación del ProMEP.  
(Tomado de Jones (2005))

De acuerdo con las conclusiones de Scheu et al. (2005) hay varias características significativas en el diseño de un PROMEP exitoso. La planificación previa es crucial, especialmente atendiendo a las necesidades y expectativas de los usuarios. El ProMEP no es mágico: si los datos de partida tienen problemas previos de calidad la transformación matemática los preservará y requerirán un esfuerzo significativo de edición manual. Es por ello que se recomienda acondicionar los datos antes de encarar la migración.

Típicamente no hay en las organizaciones expertos capaces de comprender (y resolver) todos los desafíos que la aplicación de un ProMEP plantea. En ese sentido puede anticiparse que se necesitará el concurso de expertos externos, lo cual puede también ser costoso y habrá que valorar. El esfuerzo de adoptar un ProMEP es grande, y la realización de sus ganancias será en muchos casos sólo notoria en el mediano y largo plazo. Ello es especialmente así en aquellas organizaciones que harán mantenimiento de datos con equipos GNSS. Un ProMEP exitoso es aquel que logra una adhesión importante, pero para convencer a los tomadores de decisión los autores recomiendan que sería conveniente la existencia de Casos de éxito, así como realizar un análisis de Costo/Beneficio en cada organización antes de comenzar.



#### 4. SITUACIÓN EN URUGUAY

Paradójicamente en algunas ocasiones la falta de recursos evita cometer errores, o al menos amplificarlos. En Uruguay existe desde hace una década suficiente cartografía digital y en su linaje (i.e. las fuentes originales) pueden distinguirse sólo dos ramas. La cartografía rural oficial, producida en papel por el Servicio Geográfico Militar en varias escalas, cuenta con cobertura nacional completa a escala 1:50.000 y menores (1:100.000, 1:250.000, etc.) y parcial a escalas mayores (1:25.000). Esa cartografía está basada en gran parte en el vuelo aerofotogramétrico de 1966-67 (!) de cobertura nacional aunque por cierto las actualizaciones (parciales) se han realizado con vuelos posteriores. La exactitud geométrica de esta cartografía ha sido evaluada parcialmente (Pérez-Rodino, 2000; Barbato, 2002, Méndez y López-Vázquez, 2010, etc.) tras su vectorización a fines de la década del 90. La versión digital de esa cartografía tradicional ha sido distribuida desde el ClearingHouse<sup>1</sup> en la última década, y está en uso activo aunque no se la ha actualizado. Por otra parte, con la misma base fotogramétrica de 1966-1967 se construyó independientemente una cartografía catastral sin mayores pretensiones dimensionales, que ha servido de base a varios productos derivados, que aún está en uso y actualizada, y que ha sido evaluada recientemente (Barreto et al. 2010).

En el área urbana las actualizaciones han sido más frecuentes, existiendo cartografía oficial relativamente reciente a escala 1:10.000 con exactitud adecuada para uso de GNSS y que además está en amplio uso. No parece haber allí un problema prioritario para considerar en un ProMEP.

Por lo expuesto, una estrategia factible de corrección para los datos rurales de Uruguay requeriría la recolección de datos de campo, la identificación de objetos presentes en las dos familias principales (ClearingHouse+Catastro) y la implementación de dos ProMEP separados para atender a cada rama por separado. Al terminar el proceso ambas familias serían interoperables (en los aspectos geométricos) permitiendo así su integración, hoy imposible.

#### 5. REQUERIMIENTOS DE UN PROMEP

Teniendo en cuenta la experiencia existente y las objeciones metodológicas que pueden plantearse, es posible establecer requerimientos para un ProMEP en términos de resultados y servicios. Un ProMEP debería lucir como un servicio WEB público que, ingresando un archivo pre-ProMEP (con un linaje bien identificado), fuera capaz de procesarlo moviendo todos los puntos y objetos geográficos con una función de transformación única. Al ser única y centralizada se facilitaría además la aplicación de ulteriores transformaciones en el futuro, con nueva información de coordenadas aún más exactas si las hubiere. En la experiencia inglesa ello no fue así, quizá debido a que se hicieron simultáneamente una transformación geométrica y una actualización, conjunto que claramente no podía ser modelado simplemente como una transformación. Para la

<sup>1</sup> <http://www.clearinghouse.gub.uy>

correcta operativa podría ser además importante poder “marcar” el archivo indicando que ya ha sido transformado, evitando así errores.

El ProMEP debería producir datos con una reducción sensible del error en relación al GNSS. Ello podría estar medido con métricas estándar del estilo de las descritas por el FGDC (1998) o en función de otras no estándar (desplazamiento máximo, percentil 95%, etc.). La transformación matemática debería ser ampliamente publicitada con fines de auditoría y para eventualmente habilitar el concurso de múltiples proveedores de software que la implementen. No tiene porqué tomar ninguna expresión en particular; podría ser analítica o derivarse de una solución numérica. Su caracterización debería ser objeto de investigación específica.

Al igual que en el caso inglés, para definir la transformación debería (en la medida de lo posible) suministrarse las coordenadas de un conjunto grande de objetos y sus homólogos, convenientemente catalogado con metadatos estandarizados. Estos objetos podrían ser puntos (como en el caso inglés) o incluir también poligonales o polígonos. En la descripción de linaje debería estar indicado el procedimiento de captura o generación, el nivel de exactitud que se espera de las coordenadas finales así como toda otra información que se requiera en el estándar. En el caso de Uruguay, para la obtención de los miles de puntos homólogos será conveniente utilizar ortofotos de alta exactitud y escala adecuada, hoy no disponibles. Será necesario también investigar algoritmos para la generación de puntos pseudo-homólogos en aquellas zonas rurales o suburbanas en que la presencia de objetos geográficos discernibles simultáneamente en campo y en cartografía no es suficiente.

Según indica Hope et al. (2006), siguiendo la línea de la norma ISO19113, el sistema debería además ser capaz de producir también una cobertura que describa la variación espacial esperada de la exactitud geométrica, con el fin de orientar al usuario sobre las limitaciones de la transformación aplicada. Timms et al. (2003) señala lo útil que hubiera sido disponer de información relativa al error de las coordenadas del objeto de partida, ya que ello afecta a la función de transformación local. Es por ello que una etapa temprana del trabajo debería ser una caracterización fina del error inicial existente en la cartografía de referencia, del estilo de lo descrito para Montevideo por Barbato (2004).

#### 5. CONCLUSIONES

En un proceso de implementación de una IDE del siglo XXI hay que considerar mecanismos para acondicionar los datos existentes de forma de permitir la completa interoperabilidad. Los problemas geométricos son uno de los más notorios, pero también existen otros. En la práctica no hay alternativas mágicas: no es posible descartar toda la información existente y recopilar otra nueva, ni tampoco es posible ignorar la existencia de instrumental GNSS capaz de dar coordenadas absolutas con errores sólo reservado en el pasado a expediciones geodésicas. Tampoco la corrección manual caso a caso es una alternativa, ya que debe mantenerse la consistencia entre las coberturas. Son escasas las experiencias internacionales, y la documentación existente es poco profunda. Hay muy poca investigación específica. Sin perjuicio de ello puede establecerse que: a) hay que proveer mecanismos para que los usuarios tomen decisiones informadas

b) hay que ofrecer información y asistencia técnica para la migración de las coberturas propias c) es necesario el concurso de expertos en la organización d) no deben subestimarse las dificultades. Numerosos aspectos del proyecto requerirán el concurso de expertos de fuera del área (matemáticos, estadísticos, etc.) y de investigaciones específicas lo que tomará tiempo y deberá planificarse.

Tomando ventaja de la experiencia previa, parece imprescindible ofrecer servicios públicos gratuitos para asistir a la aplicación de la transformación geométrica, uniformizando así los resultados. Ello permitirá además ulteriores ajustes y refinamientos. El ProMEP debe diseñarse en etapas, abordando primero la caracterización de las coberturas de referencia básica (errores, fecha de actualización, linaje, etc.), la generación previa de una cobertura de ortoimágenes de alta exactitud (con "alta" en relación a la cartografía de referencia), la generación de los link files o equivalentes con poligonales y polígonos, la investigación en la forma funcional de la transformación matemática, la capacitación y difusión del proyecto y finalmente la implementación de los servicios web.

## 6. REFERENCIAS

**Anon**, 2005 "Interactive PAI demo" Presented at the EuroSDR workshop Achieving Geometric Interoperability of Spatial Data, 8-9 June 2005, Munich. 923 Kb. ([http://www.eurosd.net/km\\_pub/no49/html/PAI2/pai.htm](http://www.eurosd.net/km_pub/no49/html/PAI2/pai.htm), accedido 12-08-2010)

**Barbato, F.** 2002 "Error analysis in Cartographic Data with Application to the Geographic Information Systems" ISPRS Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, 2002, 12 pp.

**Barbato, F.** 2004 "Control de precisión posicional de la Cartografía Base de la Intendencia Municipal de Montevideo – Uruguay" Presentado en la 4ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Figueira da Foz (Portugal) ([http://intgis.montevideo.gub.uy/sit/data/otros\\_doc\\_y\\_proy/MRGMVD2004\\_barbato\\_qc\\_cartog.pdf](http://intgis.montevideo.gub.uy/sit/data/otros_doc_y_proy/MRGMVD2004_barbato_qc_cartog.pdf) accedido 10-09-2010)

**Barreto, L.; Bermúdez, H.; Blanco, D.; Di Leoni, A.; Faure, J.; Méndez, R.; Pérez Rodino, R. y Sánchez, M.** 2010 "Evaluación de la calidad de la exactitud geométrica absoluta del parcelario rural digital vectorial del Departamento de Lavalleja". I Congreso Uruguayo de Infraestructura de Datos Espaciales, 25-26 Oct. 2010, 10pp.

**Broome, F.R., La Macchia, R.A. and Trainor, T.F.**, 2003 "Enhancing the U.S. Census Bureau's MAF/TIGER Database" In Proceedings of the 21st International Cartographic Conference (ICC) Durban, South Africa, 10 - 16 August 2003, ISBN: 0-958-46093-0, pp 676-685

**Casado, M. L.** 2006, "Some Basic Mathematical Constraints for the Geometric Conflation Problem", In Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, M. Caetano and M. Painho (eds), 264-274

**FGDC** 1998, "Geospatial Positioning Accuracy Standards; Part 3: National Standard

for Spatial Data Accuracy", Federal Geographic Data Committee, FGDC-STD-007.3, Washington, D.C. 28 pp. (<http://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects/accuracy/part3/chapter3> accedido 10-09-2010)

**Hope S** 2008, 'Integration of Vector Datasets', PhD Thesis, Dept. of Geomatics. University of Melbourne, Australia, pp. 1-314

**Hope, S;** Kealy A., and Hunter, G. 2006 "Improving positional accuracy and preserving topology through spatial data fusion" 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences. Edited by M. Caetano and M. Painho. 10 pp.

**Jones, M.** 2005 "The Impact of Ordnance Survey's Positional Accuracy Improvement Programme on Local Government Authorities". Personal communication.  
**Kucera, G and Clarke, B** 2005, "Accelerating Conflation Capability for the US government", National Technology Alliance TR-001-120804-128, 53 pp.

**Méndez, R. y López-Vázquez, C.** 2010 "Evaluación de exactitud posicional horizontal y vertical de la Cartografía Oficial a escala 1:50000" I Congreso Uruguayo de Infraestructura de Datos Espaciales, 25-26 Oct. 2010, 10pp.

**Pérez-Rodino, R** 2000. 'Métodos Sencillos de transformación y ajuste de cartografía digital vectorial', COBRAC 2000 - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, UFSC, Florianópolis, 15-19 de Octubre (<http://www.fing.edu.uy/ia/deptogeo/proyectos/Metodos.pdf> accedido 10-09-2010)

**Rönsdorf**, 2004, "Positional Integration of Geodata" 8pp. EuroSDR publication No 48  
**Rönsdorf, C.** 2003a "German experience with PAI: E-On Bayern AG example" ([http://www.ordnancesurvey.co.uk/pai/pdfs/German\\_experience\\_E-on\\_Bayern.pdf](http://www.ordnancesurvey.co.uk/pai/pdfs/German_experience_E-on_Bayern.pdf) accedido 02-09-2010)

**Rönsdorf, C.** 2003b "German experience with PAI: DEW example" ([http://www.ordnancesurvey.co.uk/pai/pdfs/german\\_experience\\_DEW.pdf](http://www.ordnancesurvey.co.uk/pai/pdfs/german_experience_DEW.pdf) accedido 02-09-2010)  
**Saalfeld, A** 1988, 'Conflation: Automated Map compilation', International Journal of Geographical Information Systems, vol. 2, pp. 217-28.

**Scheu, M.; Stößel, W.; Bray, C. and Rönsdorf, C.** 2005 "Workshop Report" The EuroSDR workshop Achieving Geometric Interoperability of Spatial Data, 8-9 June 2005, Munich. ([http://www.eurosd.net/km\\_pub/no49/html/PAI2/report.htm](http://www.eurosd.net/km_pub/no49/html/PAI2/report.htm), accedido 02-09-2010)  
**Timms, T.; D'Souza, G. and Kalra, R.** 2003 "Positional Accuracy Improvement: what it means and what to do" GI News January/February 2003. pp. 52-56

## RESEÑA BIOGRÁFICA:

**Carlos López** nació en Montevideo en 1961, habiéndose graduado en Ingeniería Industrial en 1987 por la Universidad de la República (Uruguay). Su formación académica

se complementa con un título de maestría en Mecánica de los Fluidos Aplicada (1993), y uno de doctorado relativo al control de calidad de datos geográficos, obtenido en 1997 en Estocolmo, Suecia.

Es Docente Estable del programa de Doctorado en Agrimensura de la Universidad de Catamarca desde 2004, y del programa de Doctorado en Topografía de la Universidad Politécnica de Madrid también desde 2004. En su actividad profesional ha tenido a cargo la implementación del ClearingHouse Nacional de Datos Geográficos (Uruguay) así como la formulación del proyecto de la IDE de Uruguay para 2010-2020. En su actividad académica trabajó en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República desde 1986 hasta agosto del 2000 donde dictó cursos y dirigió varios proyectos (académicos y de investigación) así como grupos de trabajo.

Fue director del Centro de Cálculo entre 1997 y 1999. Fue catedrático de Cálculo Numérico en el Universitario Autónomo del Sur desde 1998 hasta 2010.

Actualmente está a cargo de la dirección del Laboratorio de Geomática en la Universidad ORT del Uruguay. Es Investigador Nivel I de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación de Uruguay, y director de la empresa The Digital Map Ltda.

El CV completo, forma de contacto así como copia de sus tesis y la mayoría de sus publicaciones puede encontrarse en <http://www.thedigitalmap.com/~carlos>

## GEOINFORMACIÓN DINÁMICA PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE INCENDIO FORESTAL

Virginia Fernández Ramos

vivi@fcien.edu.uy

Andrés Caffaro

andres.caffaro@gmail.com

Bruno Guigou

brunoguigou@yahoo.com

**Laboratorio de Técnicas Aplicadas al Análisis del Territorio  
Departamento de Geografía - Facultad de Ciencias  
Universidad de la República, Uruguay**

### RESUMEN

Los eventos catastróficos de origen natural o antropológico son un potencial peligro para las comunidades, infraestructuras y el ambiente. Los incendios forestales, siniestros que están ocurriendo con mayor frecuencia y dimensión territorial afectando especialmente a la zona costera de alto valor turístico en Uruguay, no escapan a esta realidad. La gestión de incendios forestales requiere manejar información proveniente de diferentes fuentes, lo que implica la necesidad de acceder y consultar datos actualizados integrándolos en una plataforma única capaz de producir información útil para tal cometido.

En la sociedad de la información, los avances tecnológicos permiten llevar adelante la gestión del riesgo apelando a nuevas herramientas. Estos instrumentos informáticos, así como específicamente los Sistemas de Información Geográficos y el Sensoramiento Remoto ayudan a la actualización permanente de los datos, particularidad fundamental de las Infraestructuras de Datos Espaciales.

El desafío que se instaura es poner al alcance de los gestores, los técnicos involucrados directamente y también a la sociedad en su conjunto, un acceso útil y sencillo para planificar y actuar a tiempo en defensa los valores socioterritoriales. El proyecto en desarrollo busca contribuir a un objetivo de alcance nacional y sectorial con el fin de resolver las necesidades operativas del día a día, mediante los servicios de acceso a los datos, descarga de datos e implementación de servicios de mapas, WMS (Web Map Service), uno de los servicios de OGC (Open GIS Consortium) que más ha proliferado en el paradigma de las Infraestructura de Datos Espaciales.

La presente investigación se orienta a construir una cartografía automatizada diariamente que contenga un índice potencial de riesgo de incendio forestal en base a imágenes

satelitales, datos meteorológicos y modelos de combustibles forestales. El trabajo incluye la definición y adaptación de un índice de riesgo que asocia variables altamente dinámicas como humedad, temperatura y verdor de la vegetación, así como otras menos cambiantes como los modelos de combustibles vegetales que serán también adecuados a nuestro país. Para ello se recurrirá a información que cumple con estándares internacionales, se adaptará la información nacional y se utilizarán protocolos de intercambio. La metodología involucra la reclasificación de la cobertura la Tierra según el estándar LCCS de FAO (Sistema de Clasificación de la Cobertura Terrestre), en base a imágenes Landsat, la adaptación y aplicación de los modelos de combustibles forestales de Burgan y Rothermel, la normalización del Índice de Verdor según valores de NDVI para las imágenes MODIS.

Conjuntamente con esta investigación se está desarrollando una aplicación para software de SIG. El trabajo se está realizando con lenguaje de código abierto tanto para el desarrollo informático como para su visualización, y respetando estándares abiertos e interoperables dentro de los sistemas de información geográfica y de conexión por Internet. Formará parte de un geoportal, con una arquitectura basada en servicios, además de servir de repositorio y enlace de datos geográficos.

**Palabras clave:** geoinformación – gestión de riesgo – sensoramiento remoto

## EL RIESGO EN URUGUAY

El concepto de riesgo, así como el de emergencias ambientales, aplicado al territorio uruguayo no ha sido frecuente hasta hace pocos años. Las características de un país sin eventos de tipo catastrófico hicieron que esta temática quedara en un plano relegado. Pero este escenario, con ausencia de amenazas en zonas vulnerables, no se corresponde con la realidad. Uruguay cuenta con un importante listado de fenómenos que han desencadenado daños tanto en el aspecto humano, como en el ambiental y el económico. Eventos como las sequías de 1999 y 2008 – 2009, el tornado de 2005, las inundaciones de 1959, 2007, 2009 – 2010, los incendios forestales de 2004, 2005, 2008, son algunos ejemplos de los riesgos a los que se enfrenta el país con cierta regularidad. Lejos de considerarlos eventos esporádicos, y teniendo en cuenta los anuncios sobre los efectos del cambio climático, estas situaciones se presenta cada vez con mayor asiduidad. Por ello es necesario poder pronosticar a tiempo estas situaciones a los efectos de estar preparados para que sus secuelas sean lo menos nocivas posibles y no lleguen a transformarse en desastres.

La creación del Sistema Nacional de Emergencia (SNE) mediante decreto del Poder Ejecutivo evidencia una mayor preocupación y un cambio a nivel de gestión institucional, con el fin de atender las emergencias de carácter excepcional que pudieran afectar en forma significativa al país. En su comienzo el SNE realizaba las tareas de coordinación necesarias, para brindar las ayudas en una determinada situación, una vez desencadenado el evento. Si bien sus cometidos han evolucionado en el tiempo es recién en 2009 que se produce un cambio sustancial en su institucionalidad. Mediante la aprobación de la ley, el SNE pasa a ser un sistema público de carácter permanente. Este nuevo marco brinda derechos y responsabilidades a los ciudadanos e instituciones y sus acciones son de orden

público con cumplimiento obligatorio; define su propósito enfocado a la protección de las personas, bienes de significación y el medio ambiente ante eventuales o reales situaciones de desastres. La misión de este sistema es definir una estrategia que coordine integralmente los recursos existentes ante un determinado problema y se le encomienda a actuar preventivamente. Es decir, ya no opera una vez sucedido el evento sino que su trabajo comienza desde la prevención. Otros elementos novedosos que recoge la normativa es considerar el principio la responsabilidad compartida y diferenciada en la generación de riesgos promoviéndose una gestión integral de los mismos y estableciendo a la planificación como un importante instrumento.

## HERRAMIENTAS IDE PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO

Las tecnologías de la información han revolucionado la forma de gestión del riesgo y la capacidad de respuesta y prevención frente a las diversas amenazas. Cuando se consideran los eventos de incendios forestales, estos pueden ser analizados de diversas perspectivas del conocimiento, pero en sí mismos se trata de fenómenos geográficos ya que sus orígenes se basan en factores territoriales y sus efectos tienen incidencia sobre el paisaje (Salas y Chuvieco, 1995).

Las diferentes disciplinas utilizan sus diversas herramientas para abordar esta problemática, una de las que más ha incrementado su uso son las Tecnología de la Información Geográfica (TIG). Se puede considerar a las TIG como “todas aquellas disciplinas que permiten generar, procesar o representar información geográfica, entendiendo por información geográfica cualquier variable que está, o es susceptible de estar, georeferenciada en el espacio (mediante coordenadas x,y,z)” (Chuvieco et al., 2005:37). Esta definición incluye muy particularmente a los Sistemas de Información Geográfica y la Teledetección. Estas tecnologías permiten capturar información espacial, realizar análisis avanzados y desarrollar aplicaciones para la gestión sobre el territorio. Utilizando las TIG es posible combinar informaciones de diversas fuentes y analizar las interacciones entre distintas variables y elaborar modelos preventivos, producir información casi en tiempo real y con relativo bajo costo. Otro beneficio que aportan este tipo de herramientas es que presentan cierta facilidad para la generación y producción de datos e informaciones apropiadas para estudios de riesgos ya que éstos son fenómenos que poseen una gran dinámica, como por ejemplo los incendios forestales.

La gestión de incendios forestales requiere manejar una gran cantidad de datos del territorio, lo que implica la necesidad de acceder, consultar y actualizar dichos datos, integrándolos en una plataforma única capaz de producir información útil. En Europa son conocidas las iniciativas que bajo el marco de INSPIRE de la Comisión Europea, se han desarrollado asociadas a la Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), accesibles a través de geoportales en Internet, cuyo objetivo fundamental es facilitar el acceso a los geodatos, así como disponer de una serie de geoservicios básicos (De Vicente y Poyatos, 2007).

El Laboratorio de Técnicas Aplicadas al Análisis del Territorio del Departamento de Geografía de la Facultad de Ciencias (Universidad de la República, Uruguay) ha desarrollado una serie de investigaciones en este campo. Estos estudios han involucrado no sólo indagar en los

procesos que actualmente se utilizan en los países más adelantados en estas técnicas, sino que también generar conocimiento propio en base a la realidad nacional. Este proyecto surge para dotar a los técnicos de una herramienta de análisis del escenario de riesgo, que sirva de apoyo en la toma de decisiones frente a los incendios forestales. Su meta es crear un geoportal que contenga los principales geoservicios, como servicios de mapas (WMS), descarga de datos, búsqueda y localización de información geográfica, y otras herramientas geomáticas específicas.

## LOS INCENDIOS FORESTALES EN URUGUAY

Si bien desde la segunda mitad del siglo pasado hubo varios intentos para desarrollar la forestación en Uruguay es en 1987 cuando realmente estos impulsos tienen impacto mediante la sanción de la ley forestal, la formulación del Plan Nacional Forestal y el establecimiento de incentivos económicos. Estas políticas produjeron cambios drásticos en el campo uruguayo ya que se desarrolló un modelo forestal en un país prácticamente sin tradición en esta área. Las metas de siembra fijadas en el primer plan quinquenal fueron rápidamente superadas y el ritmo de plantación fue en aumento hasta fines de la década de 1990. Actualmente la superficie forestada cubre unas 800.000 hectáreas, lo que representa 25% de los suelos de prioridad forestal (aquellos que poseen estímulos para esta producción) y 5% de la superficie agropecuaria nacional (Alvarado, 2009).

No obstante en estas áreas forestadas, si bien ha habido algunos focos ígneos, no se han presentado las principales situaciones de emergencias en cuanto a incendios. Probablemente esto se deba al cuidado que se tiene sobre estos montes no permitiendo la acumulación de material fino, principal elemento para el comienzo de los siniestros, y a otro tipo de controles que se efectúa sobre las plantaciones.

En el caso de la forestación costera (no productiva), cuyos orígenes se remontan a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX, la situación es diferente. Esta se trata de plantaciones sobre los médanos costeros con el objetivo de fijar las arenas, generando un paisaje construido apto para las actividades turísticas de aquella época. Aquí no hay un control sobre los bosques, en particular de los materiales finos que ellos producen. Tampoco existen inspecciones regulares sobre estas áreas forestadas en cuanto a otro tipo de residuos que puedan contribuir a generar situaciones críticas, ni tampoco referidas a las actividades humanas que puedan realizarse. La complejidad de esta situación se ve incrementada por las grandes cantidades de turistas que se desplazan a esta zona en época estival.

Los departamentos donde se han desarrollado los principales incendios forestales de los últimos años son los ubicados al sur-este del país: Canelones, Maldonado y Rocha. En esta zona uno de los rubros económicos con mayor incidencia es el turismo. Según datos del Ministerio de Turismo para el año 2008 estos departamentos son elegidos por más del 40% de los turistas que visitan Uruguay. Esta cifra asciende a más del 60% si se considera solamente los meses de verano. Por otro lado si se analiza los ingresos económicos que esta actividad reporta para el país la importancia de esta zona es aún mayor. Aquí se genera más del 57% de las divisas que se producen en el país por este concepto, y si se

considera exclusivamente la temporada estival esta cifra ronda el 80%.

Este marco hace que el área se presente como muy crítica en cuanto a los incendios forestales. Los factores generadores de un siniestro son múltiples y las secuelas tanto en aspectos sociales, económicos como ambientales serían significativos.

## NUEVOS ABORDAJES

En Uruguay el cálculo de riesgo actual de incendio forestal está basado en el Índice de Nesterov. Este fue desarrollado en la antigua Unión Soviética y aún es frecuentemente utilizado como un índice de ignición en el área de cobertura de una determinada estación meteorológica y que se generaliza para una zona aledaña. En su ecuación básica intervienen como variables el déficit de saturación del aire y la temperatura del aire.

Actualmente, el Laboratorio de Técnicas Aplicadas al Análisis del Territorio está investigando para generar un índice de riesgo de incendio forestal adecuando una relación de variables y apelando a herramientas que permitan integrar nuevas fuentes de información (imágenes satelitales, datos provenientes de modelos meteorológicos, datos topográficos y modelos de combustibles vegetales). El propósito es generar una metodología y un instrumento que brinde la posibilidad de conocer con un detalle espacial mayor el peligro de generarse un incendio.

Entre los desafíos que enfrenta la investigación se puede señalar como altamente significativos la necesidad de definir y adecuar un nuevo índice más complejo y la creación de un mapa de combustibles vegetales para el territorio uruguayo. En este sentido se debe atender a los comentarios de Salas y Chuvieco (1995) cuando afirman "La Cartografía de los modelos de combustible entraña importantes problemas, ya que las características del material combustible son enormemente dinámicas y exigen un nivel de detalle difícilmente abordable con la periodicidad requerida. Por otro lado, la cobertura global y periódica facilitada por los satélites de observación de la tierra, ofrece las condiciones temporales adecuadas para este tipo de cartografía. Además la homogeneidad en la toma de datos, así como la información sobre regiones no visibles del espectro, (infrarrojos medio y térmico y microondas) suponen una importante ventaja de esta técnica sobre la fotografía aérea".

Entre los trabajos pioneros que han empleado la teledetección para la cartografía de modelos de combustible se destacan el realizado en la provincia de Quebec (Canadá) en los años 70 (Kourtz, 1977), el que corresponde al Crater Lake National Park de Oregon (Rabii, 1979) y el proyecto ARESCOPE que constituyó un hito importante en esta línea de investigación desarrollado por un equipo de investigadores de la Universidad de California en Santa Bárbara, bajo el patrocinio del U.S. Forest Service (Consentino y Estes, 1981; Yool et al., 1984).

Algunos trabajos se centran sobre pequeñas zonas, en cambio otros son de aplicación a nivel global ya que trabajan con imágenes de baja resolución espacial, (McKinley, et al., 1985), (Werth, et al., 1985), (Miller, et al., 1986), teniendo todos ellos distinto porcentaje de precisión para la prevención y control de incendios forestales.

Es importante señalar las ventajas que ofrece la teledetección frente a otros medios de observación más convencionales. Se pueden recordar: cobertura global y exhaustiva de la superficie terrestre, observación multiescala, información sobre regiones no visibles del espectro (detección de tipos de energías que no son visibles al ojo humano y que proporcionan una valiosa información para estudios medio ambientales), cobertura repetitiva, transmisión inmediata de la información, adquisición en formato digital, costo accesible o imágenes gratuitas.

## INTEGRANDO EL USO DE IMÁGENES SATELITALES AL ANÁLISIS

El trabajo con regiones no visibles del espectro es el aspecto más importante para detectar zonas quemadas. Estudios de laboratorio y trabajo en campo sobre la reflectividad de las hojas han demostrado cuales son los factores que explican tales comportamientos. Se puede afirmar que la reflectividad en el espectro visible se debe mayormente a la actividad de los pigmentos, mientras que en el rango del infrarrojo cercano los niveles de reflectividad está dada por la estructura celular; a partir de los 1.4 micrómetros en el rango del infrarrojo de onda corta (SWIR Short-wavelength infrared) el contenido de agua es el factor que más influye en la reflectividad de la hoja. Asumido el supuesto previo se considera que el procesamiento de diferentes bandas de imágenes satelitales permite distinguir con precisión las áreas quemadas de su entorno.

El análisis digital de las imágenes, para este estudio, se realizó a través de dos procedimientos: composiciones de bandas y elaboración de índices.

En primera instancia el trabajo incluyó una fase exploratoria con la elaboración de distintas composiciones de bandas del sensor a los efectos de determinar cuál sería la más útil para una futura clasificación de la imagen en función de los modelos de combustibles forestales. Posteriormente se optó por una composición de bandas 345, que en la codificación Landsat corresponden a las bandas del rojo, infrarrojo cercano e infrarrojo medio respectivamente. En conjunto estas tres bandas obtienen información de tres aspectos relevantes de la vegetación y en particular de la hoja: pigmentos, estructura celular y contenido de agua.

En el caso de los índices se trabajó con el Índice infrarrojo de Diferencia Normalizada (NDII Normalized Difference Infrared Index). Este índice evalúa el contenido de agua, ya que remarca el contraste entre el infrarrojo cercano y el del infrarrojo de onda corta (SWIR Short-wavelength infrared). Por tanto, es considerado más adecuado que el más conocido Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI Normalized Difference Vegetation Index) para estimar contenido de agua en vegetación y más eficaz para la detección de áreas quemadas.

Por último, en función de los comportamientos de la hoja detallados anteriormente, y considerando que el mismo no es suficiente para explicar una reflectividad que es producto del conjunto, se seleccionó una composición de bandas que abarcara las tres regiones que explican la reflectividad de las hojas, eligiendo por tanto una banda en el

visible, una en el infrarrojo cercano (NIR Near Infrared) y otra en el infrarrojo de onda corta (SWIR Short-wavelength infrared).

Finalmente del trabajo comparado de estos dos productos se evidenció que el que mejor resalta las áreas quemadas es la composición de bandas, aunque, en zonas arenosas de menor densidad de vegetación la respuesta puede estar distorsionada por la reflectividad del suelo. En principio estos trabajos se han realizado con imágenes Landsat 5 TM ya que la resolución espectral del sensor es apropiada para los objetivos de identificación de áreas quemadas y cartografía de combustibles vegetales. Si bien esta fuente de información posee una resolución adecuada para trabajos de media escala a nivel de Uruguay, puede no ser la ideal para trabajos de mayor precisión o de mayor cobertura, por ejemplo nacional. En este sentido el equipo de investigación se encuentra en la exploración del uso de otros satélites como el MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) para realizar estudios a nivel de todo el país.

## ÍNDICES DE PELIGRO DE INCENDIOS

Otro aspecto de la investigación estuvo dirigido a conocer los diversos índices de peligro de incendio utilizados a nivel mundial y evaluar la posibilidad de escoger uno que se pudiera adaptar mejor a las situaciones locales.

Los índices analizados se pueden agrupar en tres categorías según las fuentes de datos que utilizan:

### 1. Índices que utilizan mayoritariamente variables meteorológicas

Estos índices utilizan datos meteorológicos diarios para estimar la posibilidad de incendio. Algunos sólo estiman el peligro de iniciarse un incendio, mientras que otros más complejos, estiman no solo la posibilidad de ignición sino también la de propagación. Algunos son relativamente simples, tienen en cuenta ciertas variables físicas en relación a la humedad y su difusión en los combustibles. Entre los más conocidos encontramos en este grupo al ya mencionado Índice de Nesterov y también el de Telicyn, el cual fue desarrollado en la antigua Unión Soviética, y es un índice logarítmico.

Otros índices más complejos relacionan modelos teóricos y desarrollos empíricos, variables meteorológicas, tipos de combustible y comportamiento del fuego. Entre ellos se pueden mencionar:

- **Sistema Nacional de Clasificación de Peligro de Incendios (NFDRS):** desarrollado en EEUU, a partir de una fuerte fundamentación teórica de matemáticas y física para analizar la humedad de los combustibles, y la utilización de experimentos de laboratorio para estudiar el comportamiento del fuego en relación con los tipos de combustible y los factores meteorológicos. Estima tanto la posibilidad de ignición como la de propagación del fuego.
- **Sistema Canadiense FWI (Índice Meteorológico de Incendios Forestales):**

este sistema integra variables de manera compleja, siendo uno de los índices de mayor desarrollo. Es utilizado en todo el territorio canadiense y estima tanto la posibilidad de ignición como la de propagación del fuego. Utiliza los datos meteorológicos diarios de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y lluvias. El índice está integrado por seis componentes que estiman por un lado el contenido de humedad en el combustible (en la hojarasca y otros combustibles finos, de las capas orgánicas poco profundas y combustible de tamaño medio, de las capas orgánicas profundas y grandes troncos) y por otro lado componentes asociados al comportamiento del fuego. Estos son: Índice de Propagación Inicial, el Índice de Acumulación que estima la cantidad de combustible disponible para la combustión y el Índice Meteorológico de Incendios que considera la intensidad del fuego.

## II. Índices que combinan datos de imágenes satelitales y meteorológicos

Algunos índices de riesgo de incendio incorporan el resultado del análisis de imágenes satelitales. Tal es el caso del Índice de Potencial de Incendios (FPI Fire Potential Index). Este índice fue desarrollado por Burgan para la región mediterránea de los Estados Unidos y posteriormente ha sido adaptado para las regiones bioclimáticas del sur de Europa. Es un índice que considera el estado del combustible fino muerto y el contenido de vegetación viva; además utiliza variables meteorológicas como la temperatura y humedad relativa, a la vez que estima el vigor de la vegetación a partir del análisis de imágenes satelitales asociado con los valores del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI Normalized Difference Vegetation Index) y del Índice infrarrojo de Diferencia Normalizada (NDII Normalized Difference Infrared Index).

## III. Índices de peligro de incendios por condiciones humanas

El análisis de la probabilidad de ocurrencia de incendios vinculado a la acción humana resulta trascendente desde el momento en que en la mayoría de los países con larga trayectoria en estudios sobre incendios se comprueba el alto porcentaje de correlación entre los incendios y la causalidad humana. Desde esta óptica autores como Vilar del Hoyo et al. (2008) resaltan para el caso europeo cinco grupos de factores de riesgo: accidentes o negligencias, transformaciones socioeconómicas, actividades tradicionales en áreas rurales, conflictos y factores de disuasión de la ignición.

### ADECUACIÓN DE UN ÍNDICE PARA EL TERRITORIO URUGUAYO

Atendiendo a la necesidad de seleccionar un índice que integre nuevos datos y con distribución espacial, que se pueda calcular con una alta frecuencia a partir de información accesible, se está trabajando con el Índice de Potencial de Incendios (FPI Fire Potential Index)

Los componentes del Índice de Potencial de Incendios (FPI Fire Potential Index) son:

- un mapa de combustible – información relativamente estática, factible de ser

actualizada una o dos veces al año y del cual se puede obtener un mapa de humedad de extinción;

- un mapa del estado de la vegetación viva; éste puede ser actualizado diariamente ó para períodos más largos (por ejemplo semanal), el cual indica el vigor actual del de la vegetación comparándolo con los valores máximos y mínimos históricos; y
- un mapa de la humedad de los combustibles finos muertos.

La aplicación del índice permite obtener un mapa final con valores que están en el rango de 0 a 100. La fórmula matemática que propone el índice es:

$$FPI = 100 \times (1 - FMC10HRfrac) \times (1 - VC)$$

Donde FMC10HRfrac es la división entre la humedad del combustible fino muerto y el contenido de humedad para la extinción y VC es el porcentaje del contenido de vegetación que depende del máximo porcentaje de vegetación viva y el verdor relativo. El Verdor relativo (VR) se obtiene de los Índices de Diferencias de Vegetación Normalizados (NDVI en inglés) los cuales pueden ser calculados a partir de los datos obtenidos de un sensor como el MODIS abordo de los satélites Terra y Aqua. La base para calcular el VR son datos históricos de los NDVI los cuales definen los valores máximo y mínimo observados en cada píxel. El VR indica que tan vigorosa es la vegetación actual en cada píxel con relación a su rango histórico.

A su vez es necesario conocer la proporción de vegetación viva. Esta permite establecer una relación del estado de la vegetación de cada píxel con los de toda el área de estudio. Al comparar los niveles máximos de NDVI en un píxel para un período con el máximo valor para toda el área se rectifican los valores en función de criterios espaciales. Tanto para estimar el verdor relativo como para la proporción de vegetación viva se puede utilizar el NDVI como el NDII.

En cuanto a los combustibles finos, se debe atender a que los sistema de índices de riesgo de incendio clasifican los combustibles forestales muertos en tiempos de retardo de 1, 10, 100 y 1000 horas. Esto significa que su contenido de humedad puede cambiar en un 66% de su condición inicial al estado final durante el lapso de tiempo correspondiente, teniendo esto relación con el diámetro del material. Considerando que los comienzos de los incendios en su mayoría son derivados de los combustibles finos, para la aplicación del FPI se toma en cuenta los combustibles de hasta 10hs. La humedad de los combustibles se calcula considerando los datos diarios del día anterior de temperatura máxima y de mínima humedad relativa.

En este punto es necesario definir y adecuar modelos de combustibles para la generación de un mapa del territorio involucrado. Los modelos de combustible describen características físicas de la vegetación en su conjunto y no el tipo de especie que se encuentra presente. Las tipologías están integradas por distintas características de la vegetación: carga de biomasa, la altura de la vegetación o de los diferentes estratos que la componen, la humedad promedio, etc. Es a partir de los modelos de combustible y su identificación en

el territorio que se produce una cartografía de combustibles para su mejor utilización en las aplicaciones ya comentadas.

La clasificación más difundida es la desarrollada por Albini en 1976, basada en la propuesta por Rothermel en 1972, utilizada en el programa de simulación del comportamiento del fuego Behave. Esta clasificación está basada en cuatro grupos de combustible, dependiendo de cuál es el elemento por donde se propaga el fuego, que luego se subdividen en trece categorías. Tres del subgrupo de pastos, cuatro del de matorral, tres de hojarasca bajo el arbolado y tres de residuos de corta (Ver tabla 1).

En cada categoría se detallan: la carga de combustible muerto (expresado en kg/m<sup>2</sup>) de 1, 10 y 100 horas de retardo, la carga de combustible vivo, el espesor del estrato combustible y la humedad de extinción. Entre las características más importantes que se tiene en cuenta a la hora de la decidir su elección, es la de detallar la humedad de extinción de cada una de las categorías que presenta, imprescindible para la instrumentación Índice de Potencial de Incendios (FPI Fire Potencial Index).

<b>Modelo 1 (grupo pastos):</b> pasto fino, seco y bajo (por debajo de la rodilla, hasta 30 cm), que recubre totalmente el suelo. El matorral o arbolado, si hay, se encuentra disperso cubriendo menos de un tercio de la superficie. Humedad de extinción = 12%.
<b>Modelo 2 (grupo pastos):</b> similar al modelo 1 pero donde el matorral o arbolado cubre de uno a dos tercios de la superficie. Humedad de extinción = 15%.
<b>Modelo 3 (grupo pastos):</b> pasto grueso, espeso, seco y alto (alrededor de un metro). Los campos de cereales son representativos de este modelo. Humedad de extinción = 25%.
<b>Modelo 4 (grupo matorral):</b> matorral o arbolado joven muy denso (de unos 2 metros de altura). Continuidad horizontal y vertical del combustible. La humedad del combustible vivo tiene gran influencia en el comportamiento del fuego. Humedad de extinción = 20%.
<b>Modelo 5 (grupo matorral):</b> matorral denso y joven, pero bajo (según algunos artículos hasta un metros de altura y según otros hasta 0,6 metros). Poca presencia de material leñoso muerto. Humedad de extinción = 20%.
<b>Modelo 6 (grupo matorral):</b> matorral similar al modelo 5 pero más alto (según algunos artículos más de un metros de altura y según otros de 0,6 hasta 1,2 metros). Con menos combustible vivo que en el modelo 5, el conjunto es más inflamable que dicho modelo. Humedad de extinción = 25%.
<b>Modelo 7 (grupo matorral):</b> matorral muy inflamable, de hasta 2 metros de altura, o pinares de sotobosque. El incendio se desarrolla con mayores contenidos de humedad del combustible muerto que en otros modelos. Humedad de extinción = 40%.
<b>Modelo 8 (grupo hojarasca bajo el arbolado):</b> la hojarasca forma una capa compacta, integrada por acículas cortas (5cm o menos) o por hojas planas no muy grandes. Poca o nula presencia de matorral. Humedad de extinción = 30%.
<b>Modelo 9 (grupo hojarasca bajo el arbolado):</b> similar al modelo 8, pero donde la capa de hojarasca es menos compacta, más esponjosa y con mucho aire interpuesto. La capa está integrada por acículas largas o por hojas grandes y rizadas. Humedad de extinción = 25%.
<b>Modelo 10 (grupo hojarasca bajo el arbolado):</b> bosque con material leñoso caído naturalmente como consecuencia de vientos, plagas, madurez de la masa vegetal, etc. Presencia de vegetación herbácea y matorral que crece entre los restos leñosos. Humedad de extinción = 25%.
<b>Modelo 11 (grupo restos de corta):</b> restos ligeros (con diámetros menores a los 76mm) recientes, restos de poda y zonas aclaradas con plantas herbáceas rebrotando. Los restos forman una capa poco compacta de hasta 30 cm de alto. Humedad de extinción = 15%.
<b>Modelo 12 (grupo restos de corta):</b> restos más pesados que en el modelo 11 (de diámetros menores a los 76mm), predominan los restos sobre el arbolado, no hay combustibles vivos que influyan en el fuego. Los restos forman una capa poco compacta de hasta de 60 cm de alto. Humedad de extinción = 20%.
<b>Modelo 13 (grupo restos de corta):</b> grandes acumulaciones de restos gruesos (de diámetros. Mayores a los 76mm), cubriendo todo el suelo. Humedad de extinción = 25%.

Tabla 1: Categorías de modelos de combustibles

## PRÓXIMOS PASOS

Actualmente los esfuerzos del grupo de investigación se orientan a desarrollar una aplicación informática que permita integrar diferentes variables para generar automáticamente el índice seleccionado. Conjuntamente con el Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería (Universidad de la República) se está creando una herramienta para el estudio del inicio y propagación de incendios forestales. Para esta tarea se seleccionó como Sistema de Información Geográfica (SIG) el programa gvSIG. Dicha elección se basó en las capacidades que tiene este software y a su carácter de libre y gratuito. El aplicativo desarrollado, denominado "SIGNEO", se utiliza como parte del modulo Sextante de gvSIG. Actualmente otros grupos del mismo instituto están mejorando el ingreso de los nuevos índices de riesgo, perfeccionando la interfase y adaptándolo a la nueva versión de gvSIG.

Esta herramienta tecnológica se orientará a conjugar información estática la que corresponde a variables topográficas y que provienen de un modelo numérico de elevación que permita conocer las pendientes así como la orientación de la laderas; por otro lado deberá considerar variables más dinámicas que se vinculan al estado de la vegetación y su clasificación como modelo de combustible vegetal, y por ultimo variables de alto dinamismo como son las meteorológicas y que deberán actualizarse como suma frecuencia. La aplicación integrará datos provenientes del Modelo Weather Research and Forecast (WRF), que es un modelo numérico de mesoescala, construido para ser aplicado tanto en pronóstico operativo de tiempo, como también para la investigación de los fenómenos meteorológicos. El mismo fue desarrollado por el National Center of Atmospheric Research (NCAR) y se encuentra disponible de manera gratuita para la comunidad científica internacional.

El resultado de este estudio, producto de un análisis teórico, procura adaptar la experiencia y los parámetros internacionales a las realidades locales. Además se complementa con el desarrollo de una aplicación, que actualmente está en proceso de elaboración, para ser utilizado mediante los Sistemas de Información Geográfica. Se propone diseñar una herramienta flexible que permita incorporar los cambios en el uso del suelo pudiendo analizar mejor el peligro futuro y estudiar las interacciones que ocurren cuando se alteran los paisajes. Se visualiza como una herramienta de planificación, prevención y restauración.

## BIBLIOGRAFÍA

**Albini, F. A.** (1976). Estimating wildfire behavior and effects. Gen. Tech. Rep. INT-30. Ogden, Utah: Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.

**Alvarado, Raquel** (2009). La expansión forestal en el Cono Sur. Políticas públicas, intereses transnacionales y transformaciones territoriales, en revista Nueva Sociedad Nº 223, septiembre-octubre de 2009, ISSN: 0251-3552. Disponible en: [http://www.nuso.org/upload/articulos/3633\\_1.pdf](http://www.nuso.org/upload/articulos/3633_1.pdf). Accedido el 20 de enero de 2009.



**Castro, F Xavier; Tudela, Antoni; Montserrat, David; Canyameres; Esteve; Gabriel de Francisco, Eva** (2007). Aproximación a la modelización de la superficie afectada por los incendios forestales en Catalunya en función de variables meteorológicas e índices meteorológicos de riesgo. Disponible en: [http://www.fire.uni-freiburg.de/sevilla-2007/contributions/doc/SESIONES\\_Tematicas/ST1/castro\\_et\\_al\\_SPAIN\\_Catalunya.pdf](http://www.fire.uni-freiburg.de/sevilla-2007/contributions/doc/SESIONES_Tematicas/ST1/castro_et_al_SPAIN_Catalunya.pdf). Accedido el 12 de abril de 2009

**Chuvieco, E.; Salas, F. J.; Aguado, I; Cocero, D.; Riaño, D.** (2001): Estimación del estado hídrico de la vegetación a partir de sensores de alta y baja resolución, GeoFocus (Artículos), nº1, p. 1-16

**Chuvieco, Emilio y Martín, María del Pilar** (editores) (2004). Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales. Consejo Superior de Informaciones Científicas, Madrid.

**Chuvieco, Emilio; Bosque, Joaquín; Pons, Xavier; Conesa, Carmelo; Santos, José Miguel; Gutiérrez Puebla, Javier; Salado, María Jesús; Martín, María Pilar; de la Riva, Juan; Ojeda, José; Prados, María José** (2005). ¿Son las tecnologías de la información geográfica (TIG) parte del núcleo de la geografía? en Boletín de la A.G.E. N.º 40 - págs. 35-55. Disponible en: <http://www.ieg.csic.es/age/boletin/40/02-SON%20LAS%20TECNOLOGIAS.pdf>. Accedido el 18 de enero de 2007.

**Cosentino, M.J. y Estes, J.E.** (1981). Use of Landsat data to develop a fuels database for a wildland fire simulation model. Pecora VII Symposium. Sioux Falls.

**De Vicente López, F. y Poyatos Hernández, C.** (2007). IDE y geoportales aplicados a los incendios forestales: SIGIF, el caso de la Comunidad Valenciana. Disponible en: [www.fire.uni-freiburg.de/.../deVicente\\_Poyatos\\_SPAIN\\_Valencia.pdf](http://www.fire.uni-freiburg.de/.../deVicente_Poyatos_SPAIN_Valencia.pdf) Accedido el 13 de abril de 2009.

**Giglio, Louis** (2007). MODIS Collection 4 Active Fire Product User's Guide Versión 2.3, Science Systems and Applications, Inc. 28 February. Disponible en: [http://maps.geog.umd.edu/products/MODIS\\_Fire\\_Users\\_Guide\\_2.3.pdf](http://maps.geog.umd.edu/products/MODIS_Fire_Users_Guide_2.3.pdf). Accedido el 8 de febrero de 2009.

**Huesca Martinez, Margarita; Palacios-Orueta, Alicia; Montes, Fernando; Sebastián, Ana; Escribano, Paula**, (2007). Forest fire potencial index for Navarra autonomic community (Spain). Disponible en: [http://www.fire.uni-freiburg.de/sevilla-2007/contributions/doc/SESIONES\\_Tematicas/ST4/Huesca\\_et\\_al\\_SPAIN\\_UPM.pdf](http://www.fire.uni-freiburg.de/sevilla-2007/contributions/doc/SESIONES_Tematicas/ST4/Huesca_et_al_SPAIN_UPM.pdf). Accedido el 13 de abril de 2009.

**Kourtz, P.H.** (1977). An application of Landsat digital technology to forest fire fuel type mapping. 11th International Symposium on Remote Sensing of Environment. Ann Arbor.

**McKinley, R.A., Chine, E.P. y Werth, L.F.** (1985). Operational fire fuels mapping with NOAA-AVHRR data en: Pecora 10. Remote sensing in forest and range resource management Fort Collins.

**Miller, W.A., Howard, S.M. y Moore, D.G.** (1986). Use of AVHRR data in an information system for fire management in the Western United States. 20th International Symposium

on Remote Sensing of Environment. Nairobi, Kenya.

**Ministerio de Turismo y Deporte** (2009). Encuesta de Turismo Receptivo - Año 2008. Disponible en: <http://www.turismo.gub.uy> Accedido el 22 de enero de 2009.

**Rabii, H.A.** (1979). An investigation of the utility of Landsat-2 MSS data to the fire-danger rating area, and forest fuel analysis within Crater Lake National Park. Oregon State University.

**Rothermel, R.C.** (1972). A Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wildland Fuels: Research Paper INT-115. USDA, Forest Service. Ogden, Utah.

**Roy, David; Boschetti, Luigi** MODIS collection 5 burned area product MCD45 - user's guide, version 1.1, Sept., 2008a. Disponible en: [http://modisfire.umd.edu/documents/MODIS\\_Burned\\_Area\\_Users\\_Guide\\_1.1.pdf](http://modisfire.umd.edu/documents/MODIS_Burned_Area_Users_Guide_1.1.pdf). Accedido el 6 de mayo de 2009

**Salas, Javier; Chuvieco, Emilio** (1995). Aplicación de imágenes Landsat TM a la cartografía de modelos de combustibles. Revista de Teledetección, 5: 18-28

**Vilar del Hoyo, Lara; Martín Isabel; Mª Pilar y Martínez Vega, Javier**(2008). Empleo de técnicas de regresión logística para la obtención de modelos de riesgo humano de incendio forestal a escala regional en Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N.º 47

**Werth, L.F., McKinley, R.A. y Chine, E.P.** (1985). The use of wildland fire fuel maps produced with NOAA-AVHRR scanner data en: Pecora X Symposium Fort Collins.

**Yool, S.R., Eckhardt, D.W., Cosentino, M.J. y Estes, J.E.** (1984). A Geographic Information System approach to quantitative assessment of wildlife fuels. ACSM-ASPRS Annual Convention. Washington DC.

## RESEÑA BIOGRÁFICA

**Virginia Fernández Ramos** – MSc. en Sistemas de Información Geográfica y Licenciada en Geografía de la Universidad de la República. Es docente/investigadora de la Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Integrante del grupo GEORIESGOS Grupos de Investigación Comisión Sectorial de Investigación Científica.

**Andrés Caffaro** – Estudiante de la Licenciatura de Geografía. Ayudante de investigación del Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Integrante del grupo GEORIESGOS Grupos de Investigación Comisión Sectorial de Investigación Científica.

**Bruno Guigou** – Estudiante de la Licenciatura de Geografía. Ayudante de investigación del Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Integrante del grupo GEORIESGOS Grupos de Investigación Comisión Sectorial de Investigación Científica.

## SERVICIO DE CORRECCIÓN DIFERENCIAL DE POSICIONAMIENTO GLOBAL EN TIEMPO REAL A TRAVÉS DE CASTER-NTRIP, UNA HERRAMIENTA PARA EL PRESENTE Y FUTURO

Prof. Ing. Roberto Pérez Rodino  
rodino@fing.edu.uy

Instituto de Agrimensura - Facultad de Ingeniería  
UDELAR

Tte. Cnel. Norbertino Suárez  
norbertinosuarez@gmail.com

Servicio Geográfico Militar

### RESUMEN

La República Oriental del Uruguay cuenta actualmente con una importante Red de Estaciones GNSS (Global Navigation Satellite System) que en breve será una de las más densas de la región en virtud de que se están agregando nuevas estaciones. En la actualidad el país tiene una cobertura celular GPRS/3G de ANTEL que alcanza a más de un 90 % del Territorio Nacional en modalidad outdoor.

Este escenario propicia el desarrollo e implementación de un Servicio de Correcciones Diferenciales en Tiempo Real mediante la utilización de un Caster NTRIP (Networked Transport of RTCM vía Internet Protocol). A través del mismo los usuarios del GNSS podrán mejorar sensiblemente la exactitud posicional de las observaciones, según sus necesidades y acorde a la precisión de los instrumentos empleados, utilizando un solo equipo y las correcciones diferenciales en tiempo real proporcionadas por el Caster.

Entre las diversas ventajas competitivas que presenta esta tecnología, cabe destacar que las posiciones obtenidas, se generan automáticamente y de forma transparente para el usuario, en el Sistema de Referencia Nacional (SIRGAS-ROU98), asegurando la integración vertical de los datos, aspecto fundamental para la interoperabilidad. Desde mediados de 2009 en Uruguay se ha puesto en práctica un servicio Caster en modo experimental, implementado en conjunto por el Servicio Geográfico Militar (SGM) y el Instituto de Agrimensura de la FI-UDELAR.

Las Estaciones de la REGNA-ROU (Red Geodésica Nacional Activa) del SGM se conectan vía streaming a través de una VPN (Virtual Private Network), de forma inalámbrica mediante routers 3G. El Servidor del Caster ubicado en el SGM publica los Servicios en Internet utilizando el Software SPIDER de Leica Geosystems, que permite generar soluciones diferenciales de red (VPN, FKP, IMAX, etc.) para uso en tiempo real y capaz de administrar un sitio FTP de datos GNSS en formato Rinex, para postproceso.

En estos últimos años se han venido realizando pruebas en cuanto a precisiones y conectividad, obteniendo resultados excelentes y a muy bajo costo en comunicaciones, lo que significa que tanto usuarios de equipos básicos de navegación como aquellos que emplean equipos de mayores prestaciones se verán altamente beneficiados por un Servicio de las características antes mencionadas.

Las precisiones absolutas alcanzadas van desde el orden de 1.50 m para equipos elementales, pasando por soluciones submétricas en receptores utilizados para mapeo estándar o Gis Mobile, hasta precisiones centimétricas en equipamientos topográficos. Las aplicaciones son muy diversas como GIS, Gis Mobile, agricultura de precisión, cartografía, relevamientos topográficos, navegación precisa, etc. En definitiva entendemos que el servicio de correcciones diferenciales para GNSS por Internet es un servicio de gran valor estratégico para la determinación y uso de datos geoespaciales, debiendo ser afrontado como un servicio público, gratuito y continuo (24 horas por 365 días).

**Palabras Claves:** NTRIP GNSS, RTCM, DGPS, corrección diferencial, Posicionamiento

### INTRODUCCIÓN

Las aplicaciones y los usuarios de los sistemas de posicionamiento global -Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS en su acrónimo inglés) han crecido en forma exponencial en estos últimos años, exigiendo además mejores precisiones en las determinaciones geoespaciales. Es por eso que el método diferencial, en modo RTK (Real Time Kinematic) y DGPS (GPS Diferencial de Código), cada día presenta mayores demandas en aplicaciones como GIS, Gis Mobile, Agricultura de Precisión, Cartografía, Relevamientos Topográficos, etc.

El modo diferencial consiste básicamente -una forma muy simple y reducida de explicarlo- en calcular el vector tridimensional ( $dX$   $dY$   $dZ$ ) entre dos puntos ocupados en forma simultánea por dos receptores GNSS, uno considerado como base y el otro considerado como móvil. De esta forma, resolviendo el vector definido por ambos puntos y aplicando este vector, a las coordenadas del punto base podemos obtener las coordenadas del punto que ocupa el receptor móvil. La precisión en la posición relativa de estos puntos, es mucho más alta que la posición relativa de los mismos puntos medidos en forma absoluta entre sí. Y si se tienen coordenadas absolutas precisas del punto base, las coordenadas absolutas del punto móvil serán también de buena precisión, estas últimas solamente más degradadas en su precisión por la incertidumbre en el cálculo del vector. El equipo base puede ser un equipo propio del relevador (configuración típica de equipamiento topográfico), o puede ser una Estación de Referencia, o una red de Estaciones de Referencia.

El método de corrección diferencial se puede hacer de dos modalidades: Postproceso o en Tiempo Real. Las aplicaciones en postproceso están limitadas a que la posición precisa de los puntos relevados con el receptor móvil se logra con el cálculo posterior en la oficina, esto hace que el método diferencial en postproceso, en muchos casos no

sea aplicable, como por ejemplo en replanteo, en navegación precisa, etc. En cambio el GNSS diferencial en tiempo real permite obtener las posiciones precisas del equipo móvil, al momento del relevamiento, es decir directamente en el campo. Para hacer posible esto es necesario contar con un enlace (link) que transmita en tiempo real los datos del receptor base al receptor móvil. Opciones hay muchas, y todas generalmente tienen un costo extra para el usuario, y están limitadas a una región de alcance del link al receptor móvil.

Una solución de conectividad que se ha venido experimentando últimamente con un nivel de eficiencia considerable, es la distribución de correcciones diferenciales por Internet y logrando la conexión a la red desde el receptor en el campo, a través de telefonía móvil GPRS (General Packet Radio Services), o banda ancha 3G.

En mayo de 2008, en la Reunión de SIRGAS en Montevideo, se creó un Grupo de Trabajo llamado SIRGAS-RT con la finalidad de investigar los fundamentos y aplicaciones de la distribución de datos GNSS en Tiempo Real. Brasil, Venezuela y Uruguay han comenzado a trabajar con servicios Caster desde entonces. Los primeros resultados de los estudios que hemos venido realizando fueron presentados en la Reunión Científica de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG) en Buenos Aires, en setiembre de 2009.

### ¿ES POSIBLE ACTUALMENTE EN URUGUAY INSTALAR CON ÉXITO ESTE SERVICIO?

Se han instalado en Uruguay, por parte del Servicio Geográfico Militar (SGM), hasta el momento, seis Estaciones Permanentes, las que constituyen la REGNA-ROU, y una por la Dirección Nacional de Topografía del Ministerio de Transporte y Obras Pública (DNT-MTOP).

El SGM ha previsto continuar densificando la Red, hasta alcanzar una cobertura del territorio nacional de una Estación cada 100 Km. o menos, lo que significa un total de 18 Estaciones Permanentes, con un horizonte de un año aproximadamente.

Esta infraestructura, está constituida por receptores GNSS ubicados en diferentes puntos del país con los accesorios para conectividad (routers GPRS/3G) y seguridad física y lógica necesarios (habitáculo de protección, UPS, pararrayos, etc.) Estas Estaciones tienen la posibilidad además de conectarse a través de TCP/IP a una intranet o a Internet, a través de acceso telefónico punto a punto; o directamente, por cable serial, a un PC con acceso a Internet/intranet, etc.

Es importante destacar que las Estaciones de la REGNA-ROU gestionadas por el SGM, integran la Red del SIRGAS-CON; y por tanto las observaciones de cada una de ellas es procesada conjuntamente con las demás Estaciones del continente, obteniendo una solución semanal ajustada al sistema SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas), formando parte además del Marco de Referencia SIRGAS-ROU98, Marco de Referencia Oficial del Uruguay. Actualmente ANCEL - Servicio de Telefonía Móvil de la Administración Nacional de Telecomunicaciones (ANTEL) - cuenta con un servicio celular con una cobertura actual en exteriores del 90% del territorio nacional, y que seguirá

mejorando la cobertura, ya que se continúan instalando nuevas radiobases celulares.

Este escenario permite visualizar con optimismo la implementación definitiva, en breve, de un Servicio de Correcciones Diferenciales en Tiempo Real a las mediciones GNSS.

### ¿CÓMO SE REALIZA UN POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL EN TIEMPO REAL?

El esquema es bien sencillo, el equipo base recibe la señal de los satélites GNSS, calcula las observables y envía estos datos, por algún tipo de enlace, al equipo móvil, conjuntamente con las coordenadas de su estación.

El equipo móvil recibe los datos antes señalados de la base y al mismo tiempo la señal de los satélites GNSS; estos datos son procesados y con ellos se obtiene la posición diferencial del punto ocupado.

Los datos que envía la base al móvil pueden tener distintos formatos, en particular los podemos dividir en formatos propietario (raw data) o formato RTCM-SC 104 (Radio Technical Commission for Maritime Services, Special Committee 104) en sus distintas versiones 2.x y 3.

El formato datos propietario es particular de cada marca de equipo, y en general solo son usados por equipos de la misma marca. Al ser mensajes compactados son más cortos, siendo conocidos como "raw data".

El formato RTCM tiene distintos tipos de mensajes, el más simple, tipo 1 y 3 da solamente la corrección diferencial simple y los parámetros de la Estación de Referencia respectivamente; los tipo 18 y 19 envían los datos de la fase y código en L1 y L2 de la Estación de Referencia, así como los tipo 20 y tipo 21 envían las correcciones RTK (Real Time Kinematic) para L1 y L2, etc.

Evidentemente según el mensaje que necesite y dependiendo del tipo de receptor utilizado se conseguirá distinto volumen de tráfico de datos y diferentes precisiones; con los tipos 1 y 3 se logran precisiones del tipo submétrico y con mensajes de RTK precisiones centimétricas.

### ¿CÓMO SE TRANSMITEN LOS DATOS DE LA BASE AL MÓVIL?

En forma general las posibilidades pueden ser resumidas en: vía "beacon", vía radio-módem, vía satélite de comunicaciones, vía Internet

El "beacon" es una emisora que transmite las señales en la banda de radio con alcances del orden de los 400-500 Km. Por lo general se necesita un abono a la señal, y comúnmente ofrecen solamente correcciones del tipo submétrico o métrico.

El radio-módem es la solución del tipo particular (mono-usuario); en general es usada en trabajos topográficos. El usuario tiene dos equipos que los enlaza entre si por radio-módems los que transmiten en UHF; por lo tanto su radio de acción es limitado (se reduce a pocos kilómetros; en general se trabaja con precisión centimétrica).

Para el uso de Satélites de comunicaciones se debe contratar la señal, por ejemplo Omnistar. Estos sistemas proporcionan los datos de correcciones de distintas estaciones; el usuario debe elegir la mas cercana, por ejemplo en Uruguay la estación mas cercana de trabajo es una estación ubicada en Buenos Aires, en estas latitudes solo está disponible la corrección del tipo submétrico o métrico.

También cabe destacar que el WAAS en Norte America, EGNOS en Europa o MSAS en Japón, constituyen otro tipo de servicio de correcciones a través de satélites, pero no funciona correctamente para estas latitudes; el WAAS que es detectable en América del Sur, en general nos empeora el posicionamiento.

Finalmente tenemos la distribución por Internet. Esta solución hoy está disponible gracias a la transmisión de datos vía telefonía móvil. Actualmente en Uruguay se realiza vía GPRS o Banda Ancha 3G, destacándose el menor costo en la transmisión de datos frente a otras formas posibles. Las precisiones que se pueden alcanzar de esta forma son centimétricas, o submétricas, dependiendo de la distancia a la Estación de Referencia en soluciones punto a punto; si se dispone de una Red de Estaciones de Referencia, se pueden generar soluciones de red con los algoritmos del servidor, por ejemplo: los clásicos VRS (Virtual Reference Station), FKP (Flächen-Korrektur-Parameter), o más modernos como ser MAX (Master Auxiliary Corrections) o iMax (Individual Master Auxiliary Corrections. No debe olvidarse que estas precisiones dependen de las características del receptor móvil

### ¿CÓMO HACER LA DISTRIBUCIÓN DE CORRECCIÓN DIFERENCIAL POR INTERNET?

Como dijimos anteriormente la generación de correcciones diferenciales GNSS se realiza tanto directamente desde un receptor, como de una Red de Estaciones de Referencia. El flujo de datos es enviado a un servidor que hace posible el acceso de los mismos a través de Internet por medio del protocolo adecuado. El cliente o usuario móvil puede acceder al Servicio a través de Internet empleando un teléfono móvil y un programa cliente Ntrip para acceder a la dirección IP del servidor y proporcionar los datos al receptor GNSS.

La comunicación entre la Estación de Referencia y el cliente se divide en dos, una que conecta la estación GNSS con el Servidor y la otra que conecta a éste con el usuario. Los datos que proporciona el Servidor serán del tipo DGPS o del Tipo RTK, por lo que el cliente podrá optar a cual Servidor y a que "mount point" conectarse; según el tipo de datos que necesite. El usuario tiene la posibilidad de elegir de qué forma conectarse al servidor; en general será a través de GPRS, o a través de banda ancha 3G. Para este tipo de enlace no se necesita un gran ancho de banda ya que los paquetes que se transmiten son pequeños y por la misma razón el costo de transmisión de datos es muy bajo.

La transmisión de datos entre la Estación de Referencia y el receptor móvil (cliente),

puede hacerse utilizando distintos tipos de protocolos. El protocolo que se está usando actualmente es el NTRIP; este permite transmitir cualquier tipo de datos GNSS mediante Internet. El protocolo estándar NTRIP está basado en http como "capa de protocolo" en la parte más alta de TCP/IP.

El "Caster" que actúa entre el cliente y el Servidor de forma similar a Internet de radio duplica los flujos de datos entrantes de tal manera que puedan ser recibidos simultáneamente por varios usuarios. Este paso intermedio actúa a la vez como elemento de seguridad para los proveedores de datos.

La fuente de datos GNSS es generada por las Estaciones de Referencia, las que están conectadas a un Servidor Caster-NTRIP. El "Caster" es el repartidor y difusor de flujos de datos. El Cliente NTRIP transfiere los datos al equipo GNSS móvil. Los datos que se pueden transferir son mensajes RTCM o también "raw data". En resumen, en los servicios punto a punto lo que se genera es un streaming entre el receptor GNSS de la Estación Permanente y el receptor GNSS del usuario.

### SERVIDOR NTRIP PILOTO EN LA FI UDELAR – SGM MDN

Inicialmente en setiembre 2008 se instaló un Servicio Caster-NTRIP provisorio en la Facultad de Ingeniería de la UDELAR, con una estación de prueba. A los 3 meses, se aumentó a dos estaciones dicho servicio. En este caso la conectividad entre las estaciones y el servidor se realizaron por Internet.

Se trabajó con esas estaciones provisorias para detectar fallas, conectividades, volumen de tráfico, necesidades de ancho de banda, etc. Se realizaron salidas de campo donde se efectuaron mediciones con GPS L1 y L2 en Tiempo Real sobre puntos de los cuales se tenían posiciones post procesadas.

Posteriormente en abril de 2009 el Servidor se mudó al local del SGM. En ese momento las estaciones de la REGNA-ROU del SGM ya se enlazaban a través de una red VPN (Virtual Private Network) de ANCEL. La conectividad se realiza a través de un router 3G instalado en cada una de las Estaciones de la Red., estos routers y el servidor están en esta red privada. El Servicio Caster-NTRIP es publicado en Internet a través de un ADSL con IP fijo, con las medidas de seguridad y contingencia necesarias (firewall, etc.). La REGNA-ROU contaba inicialmente con 3 Estaciones GNSS, actualmente está integrada con 6 Estaciones funcionando activamente, y en breve (aproximadamente 2 meses) se instalarán 3 nuevas Estaciones.

La conectividad permite tener un streaming entre cada estación y el Servidor. El software utilizado para la implementación del Servidor es el SpiderNET de Leica Geosystems permite entre otras prestaciones, publicar el Servicio Caster-NTRIP, realizar la descarga de datos que se almacenan como respaldo en las memorias de cada Estación, ejecutar comandos a distancia, (p.e. cambios de configuración, apagado, reseteo del receptor) publicar datos para postproceso en un servidor FTP, etc. Cada receptor cuenta con dos puertos como mínimo, por lo que se puede conectar más de un servidor a cada receptor.

La conectividad TCP/IP permite acceder desde cualquier punto de la Red a la Estación GNSS seleccionada y al puerto adecuado, a través de "NATeo" desde Internet.

Es posible además conectar estaciones GNSS a este Servidor a través de Internet e inclusive acceder a otros Servicios Caster-NTRIP.

El Servicio Caster-NTRIP para distribución de correcciones diferenciales en Tiempo Real se encuentra en Fase Experimental, habiendo planificado su implementación definitiva para antes de finalizar el presente año.

### ¿QUÉ DATOS SE OBTIENEN?

El acceso al Servidor se realiza a través de una dirección IP y un puerto de comunicaciones determinado, en nuestro caso 200.40.69.58:8081; se necesita además un usuario y un "password".

Para determinar a que tipo de datos se quiere acceder, se hace a través de lo que se denomina "MOUNTPOINT". Por ejemplo, el MOUNTPOINT UYMO-RTCM, proporciona datos de la Estación UYMO de la REGNA-ROU y el tipo de datos es RTCM 2, frecuencias L1 L2, mensajes tipo 1, 3, 20 y 21. El MOUNTPOINT imax-Leica nos envía datos de solución de red iMAX (Individual Master Auxiliary Corrections) de la celda UYMO-001 (es una celda generada por las estaciones UYMO, UYRO, UYLP y UYDU), y el formato de datos es del tipo rawdata; etc. Actualmente tenemos 22 MOUNTPOINT.

### ¿CÓMO RECIBIMOS LOS DATOS DEL SERVIDOR?

¿Cuál es la forma mas sencilla es disponer de equipos que ya estén preparados para utilizar este Servicio? Las principales opciones disponibles son dos: una opción consiste en equipos que tienen conectividad Bluetooth, (en cuyo caso se debe tener un celular con esas características, que es el que facilita el acceso a la Internet) el discado a Internet; la conexión al Caster y al "MOUNTPOINT" se hacen desde el equipo GNSS que ya cuenta con dichas prestaciones. La otra opción consiste en equipos GNSS que tienen embebido el celular en el propio hardware y solo es necesario colocar la SIM en el slot correspondiente. Otra forma, es usar un equipo PC (Netbook o PDA) conectado a Internet a través de Módem 3G por la red celular. En dicho PC o PDA se hace correr un programa libre desarrollado por la BKG y el programa "GNSS Internet Radio" el que se puede descargar de <http://igs.bkg.bund.de>. Este programa posibilita la conexión al Caster y los datos recibidos los envían al puerto del PC o PDA; luego estos datos son transferidos al receptor ya sea por cable o Bluetooth. Existen también programas para algunos teléfonos móviles que pueden resolver la conectividad al Caster-NTRIP con toda su configuración, etc. sin necesidad de tener la PDA o PC; debe tenerse en cuenta que estos programas tienen un costo.

### ¿QUÉ EQUIPOS SON APTOS PARA RECIBIR ESTA CORRECCIÓN?

Existen en el mercado equipos con las características técnicas necesarias para hacer un uso efectivo de esta tecnología. También receptores comunes pueden ser utilizados, siempre que tengan la posibilidad de recibir a través de un puerto la corrección diferencial ya sea RTCM o cualquier formato propietario (Leica, CMR, CMR+, etc.)

Hemos realizado pruebas con un equipo Garmin Etrex conectándolo a una Netbook a través del puerto serial sin ningún tipo de inconvenientes. También lo hemos realizado con equipos doble frecuencias de generación antigua utilizando cable serial, con excelentes resultados.

Es importante resaltar que la precisión y el tipo de solución dependerá efectivamente del equipo con que se cuente y del Servicio Caster-NTRIP que se haya seleccionado a través del MOUNTPOINT. Por ejemplo, si se conecta un navegador que solo usa código C/A, aunque se acceda a un MOUNTPOINT de datos RTCM con mensajes 1, 3, 20 y 21, únicamente se tendrá correcciones de código, en el caso de un receptor GNSS doble frecuencia L1 y L2 conectado a un MOUNTPOINT que envíe datos RTCM solo con los mensajes 1,3, también se tendrá solución solamente de código.

### PRECISIONES ALCANZADAS EN ALGUNAS PRUEBAS REALIZADAS

Desde el año 2008 hemos venido realizando distintas pruebas a efectos de determinar las precisiones alcanzadas. Algunos de estos resultados ya fueron publicados en el Congreso de Agrimensura de 2007, en la Asamblea Científica de la Asociación Internacional de Geodesia IAG realizada en Buenos Aires, R. Argentina en setiembre de 2009.

Se llevaron a cabo varias salidas de campo para realizar distintas observaciones. La primera fue con el Caster instalado en forma provisoria en la UDELAR y con una estación GPS que no era parte de la Red de Estaciones del Uruguay. Las medidas se realizaron con un GPS L1 y L2 Leica 1230 sobre puntos cuyas posiciones fueron determinadas luego en postproceso; los resultados están en la Tabla 1. En el Test se determinaron además las performances de conectividad, trasmisión y volumen de datos.

En la segunda salida, el Caster ya estaba instalado con las Estaciones de la REGNA-ROU disponibles por NTRIP. Se realizaron observaciones con un receptor L1 L2 Leica 1230, sobre puntos de la Red Pasiva, y se realizaron determinaciones usando datos de las Estaciones UYMO y UYRO (ubicadas en la Fortaleza del Cerro de Montevideo y en Santa Teresa – Rocha respectivamente) para cada punto relevado. Los resultados figuran en la Tabla 2; y en la Tabla 3 se compara las determinaciones posicionales realizadas desde la UYMO y desde la UYRO.

Se realizó una tercera salida para la cual se empleó un equipo L1 y L2 Leica 900 y un equipo Leica SR 20, este último midiendo con código C/A. Se realizaron determinaciones desde la estación UYMO dejando a ploteo libre la navegación con corrección diferencial

Caster-NTRIP de cada equipo, por 5 minutos en cada ocupación. Los resultados de las determinaciones con código C/A en el vértice VI-1035 los podemos ver en el gráfico 1 y las determinaciones con el equipo midiendo en fase L1 y L2 los vemos en el gráfico 2. Se han realizado otras salidas trabajando ya en soluciones de red cuyos informes a la fecha se están procesando; en forma primaria podemos decir que hemos logrado con equipos L1 L2 trabajando en MAX, precisiones en el entorno de los 8 cm a distancias de 110 Km. de la base más cercana.

Destacamos que se aplicó esta tecnología en gran parte (80 % de los puntos relevados) del trabajo de relevamiento de los puntos de control del trabajo "Evaluación de la calidad de la exactitud geométrica absoluta del parcelario rural digital vectorial del Departamento de Lavalleja". Para el mismo cada Equipo de Trabajo usó un receptor Leica GS20 y un teléfono celular Nokia con una SIM de ANCEL empleando GPRS para la transmisión de datos, el enlace entre el receptor GS20 y el celular fue por Bluetooth.

De la totalidad de los puntos relevados con estos equipos, la conectividad se logró en el 73% de los puntos (111 puntos), obteniendo una precisión media del orden de los 44 cm con 1 minuto de ocupación y una dispersión típica de 11 cm. Para el otro 27% de los casos se utilizó post proceso dado que no se pudo obtener corrección diferencial en Tiempo Real. Los problemas que se presentaron fueron en el 20% de los casos ausencia de cobertura celular, el 7% debido a inconvenientes con el servidor Caster-NTRIP y un 3% restante referente a la configuración de los equipos. La precisión se comparó contra las coordenadas resueltas por postproceso contra tres de las bases de la REGNA-ROU

Se realizaron también pruebas con equipos navegadores, se usaron 2 Garmin Etrex, a uno se le aplicó la corrección diferencial en puntos conocidos y a otro no. Los resultados obtenidos en este test fue que el error presentado por el receptor que tenía corrección diferencial siempre fue menor a 1.60 m, en cambio el que no recibía corrección, el error fue en muchos de los casos mayor a los 5 metros

### ¿ES ÚTIL ESTE SERVICIO?

Entendemos que si, en la medida que las exigencias de las precisiones en la determinación de las posiciones sean superiores a los 5 o 6 metros, el método diferencial es imprescindible para lograrlo. Este método tiene la ventaja respecto a otros en varios aspectos; en aquellos casos que se necesitan precisiones centimétricas, la necesidad de salir al campo con dos receptores queda de lado, ya debe pensarse que un receptor es requerido, con la sensible disminución de costos que esto significa; en los casos de precisiones submétricas el problema del postproceso queda olvidado, así como también deja de ser imprescindible tener personas formadas en ese aspecto, siendo las soluciones transparentes para el usuario común. En los casos que se usan equipos navegadores para relevar áreas de potreros, montes, etc. se elimina la posibilidad de cometer errores por cambios de configuración satelital debido a obstáculos, como ser edificaciones árboles altos, etc.

Finalmente una de las ventajas mayores es la seguridad de que los datos recabados a

través de este Servicio, se encuentran en el Sistema de Referencia Oficial del país, en nuestro caso SIRGAS-ROU98, y de forma transparente para el usuario, asegurando la integración vertical de los datos relevados y su correspondiente estandarización en beneficio de la interoperabilidad de estos datos geoespaciales

### CONCLUSIONES

Creemos que este servicio es de gran valor estratégico, para el desarrollo nacional, dado el aumento de la demanda de información georreferenciada. Es un servicio público que debe ser incorporado a la IDE-Uruguay, iniciativa que está en etapa de desarrollo inicial. El uso de esta tecnología, en la medida que se masifique, asegura que los datos georreferenciados que se intercambien estén en el sistema de referencia adoptado, aun cuando sean capturados por personas inexpertas (soluciones transparentes al usuario).

Se asegura una mejora en las coordenadas absolutas de los datos capturados, con respecto a los coleccionados por métodos alternativos en las mismas condiciones.

Los Caster-NTRIP al permitir incluir estaciones provenientes de otros Servicios Caster-NTRIP, podrían generar mediante enlaces e intercambio, con facilidad y bajo costo, Caster regionales.

### TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 1: Categorías de modelos de combustibles

LÍNEA BASE	DISTANC.	SIGMA LATITUD	SIGMA LONGIT.	SIGMA H	FUJO AMBIG.	TIEMPO OCUP.	DIFER. POSIC. C/PP	DIFER. ALTURA C/PP	PDOP
FI - 001	15677	0.016	0.016	0.051	Si	20 s	0.021	0.035	3.2
FI - 002	20436	0.016	0.015	0.054	Si	20 s	0.020	0.033	2.2
FI - 003	26224	0.014	0.012	0.049	Si	35 s	0.018	0.025	2.0
FI - 004	31222	0.015	0.014	0.056	Si	40 s	0.030	0.041	2.1
FI - 005	40047	0.017	0.015	0.047	Si	40 s	0.035	0.050	3
FI - 006	52073	0.014	0.011	0.055	Si	50 s	0.030	0.060	2.5
FI - 007	70134	0.037	0.035	0.069	Si	70 s	0.049	0.072	2.7

Tabla 2 Estaciones de Referencia UYMO UYRO (en metros)

LÍNEA BASE	DISTANC.	SIGMA LATITUD	SIGMA LONGIT.	SIGMA H	FJO AMBIG.	TIEMPO OCUP.	DIFER. POSIC. UYMO-* VS UYRO-*	DIFER. POSIC. UYMO-* VS UYRO-*	PDOP
UYMO-001	35548	0.018	0.014	0.059	Si	20 s	0.242	0.272	2.3
UYRO-001	231851	0.116	0.094	0.365	no	30 s			2.3
UYMO-1036	47229	0.097	0.104	0.284	no	90 s *	0.408	0.362	3.4
UYRO-1036	220302	0.080	0.087	0.231	no	30 s			3.4
UYMO-1037	53228	0.015	0.016	0.054	Si	20 s	0.405	1.190	2.5
UYRO-1037	214314	0.118	0.129	0.410	no	30 s			2.5
UYMO-014	63627	0.017	0.017	0.063	Si	20 s	0.367	0.121	3.5
UYRO-014	204507	0.157	0.155	0.575	no	30 s			

Tabla 3 Estaciones de Referencia UYMO UYRO (en metros)

LÍNEA BASE	DISTANCIA	SIGMA LATITUD	SIGMA LONGITUD	SIGMA H	FJO AMBIG.	TIEMPO OCUPAC.	DIFER. POSICIÓN VS DATOS SGM
UYMO-1036	47229	0.097	0.104	0.284	no	90 s *	0.044
UYRO-1036	220302	0.080	0.087	0.231	no	30 s	0.417
UYMO-1037	53228	0.015	0.016	0.054	yes	20 s	0.032
UYRO-1037	214314	0.118	0.129	0.410	no	30 s	0.437

(\*) Problemas de comunicación

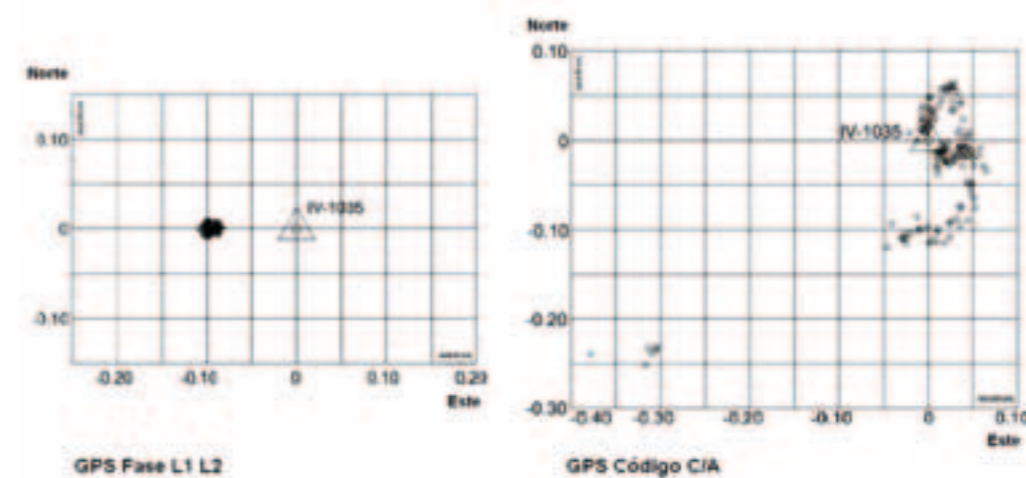


Figura 1

Figura 2



Figura 3. Red de estaciones de referencia REGNA-ROU

## BIBLIOGRAFÍA

**Dalda, A.; González Matesanz, J.; Quirós, R. y Cano, M.** (2009) "Posicionamiento GPS en tiempo real a través de Internet. EUREF-IP". Memorias Congreso Nacional de Topografía y Cartografía, Madrid, agosto 2004.

**Gebhard, H., Weber G.** (2003) "Networked Transport of RTCM via Internet Protocol", Design-Protocol-Software, published by Federal Agency for Cartography and Geodesy, June 2003.

**Melvin Hoyer, S. Alves Costa, G. Weber, E. Da Fonseca, C. Krueger, N. Junior, Pérez Rodino, R.** (2009) "NTRIP in South America through the SIRGAS -RT project" Geodesy for planet earth - Scientific Program IAG ISBN 978-987-252-9109

**Pérez Rodino, Roberto** (2007) "Acceso a datos de estaciones de referencia GPS para correcciones DGPS/RTK por la red celular/GPRS" Boletín No. 9 del Servicio Geográfico Militar ISSN 1688-2407

**Rovera, Héctor** (2007) "La nueva realidad: Red de Estaciones Satelitales Permanentes de Uruguay", Boletín No. 9 del Servicio Geográfico Militar ISSN 1688-2407

**Rovera, Héctor y Pérez Rodino, Roberto** (2009) "The Uruguayan SIRGAS present and future working in NTRIP" Geodesy for planet earth - Scientific Program IAG ISBN 978-987-252-9109

**Subiza, Walter; Pérez Rodino, Roberto; Barbato, Fabián y Alves Costa, Sonia** (1998) "The redefinition of the geodetic reference system of Uruguay into SIRGAS frame". Simposio IAG, No. 118, ISSN 217-222, Springer 1998

Internet:

<http://www.rtcn.org/orderinfo.php> 01-03-2007. Networked Transport of RTCM via Internet

Protocol (Ntrip) Version 1.0

[http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id\\_articulo=519](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=519) 01-03-2007. El proyecto EUREF-IP. Resultados con GPRS.

[http://igs.bkg.bund.de/index\\_ntrip.htm](http://igs.bkg.bund.de/index_ntrip.htm) 01-05-2010 Contenidos de dicho portal y software

## RESEÑA BIOGRÁFICA

Prof. Ing. **Roberto Pérez Rodino**,  
Ingeniero, Profesor Agregado Gr. 4 del Departamento de Geodesia del Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de la UDELAR. Director del Instituto

de Agrimensura, Facultad de Ingeniería UDELAR. Jefe de Unidad Ingeniero de la Administración Nacional de Telecomunicaciones. Integrante por Uruguay del Grupo de Trabajo SIRGAS-RT. Especialista en Sistemas de Posicionamiento Global y Cartografía Matemática. Ha realizado varios trabajos y publicaciones en la materia, presentadas en congresos y publicadas en revistas especializadas. rodino@fing.edu.uy, Teléfono móvil +(598)(0)99 62 52 64

Tte. Cnel. **Norbertino Suárez**

Jefe de la División Geodesia y Topografía del SGM. Instructor de Geografía en el Instituto Militar de Estudios Superiores. Instructor en el Curso Básico de Geomática del SGM. Operador Geógrafo. Estudiante de la Licenciatura de Geografía de la Facultad de Ciencias de la UDELAR. Encargado de la Planificación y Ejecución del levantamiento y procesamiento de datos geodésicos y geofísicos de la Red Geodésica Nacional y para apoyo a relevamientos aerofotogramétricos. Responsable del Desarrollo e Implementación de la GeoDataBase y del SIG de la Institución. Asesoramiento Técnico en Geomática. norbertinosuarez@gmail.com, Teléfono +(598) 2487 1810



## METODOLOGÍA PARA LA CATALOGACIÓN DE SERVICIOS WEB DE MAPAS

María del Mar Gamo Salas  
mar.gamo.salas@alumnos.upm.es

Laboratorio de Tecnologías de la Información Geográfica (LatinGEO),  
Universidad Politécnica de Madrid

### RESUMEN

Las Infraestructuras de Datos Espaciales disponen de un conjunto de servicios estandarizados accesibles, a través de Internet, por una comunidad de usuarios mediante un navegador web o un cliente ligero. Este conjunto de servicios es variable en número, y dispone cada uno de ellos de diferentes capacidades. La búsqueda y localización de los servicios proporcionados por la IDE y de sus capacidades, debe hacerse posible gracias a la descripción proporcionada por sus metadatos. Estos metadatos se encuentran disponibles en los catálogos de una IDE. La existencia de normas y estándares garantiza la compatibilidad e interoperabilidad de los componentes de una IDE y debido a esto, los metadatos deben estar normalizados y estandarizados. El objetivo de esta comunicación consiste en desarrollar una metodología para la catalogación, normalización y estandarización de metadatos de Servicios Web de Mapas (WMS). Para ello, se han identificado los requisitos que exigen las normativas vigentes, relativas a metadatos de servicio, y se ha analizado el grado de cumplimiento de estas normativas mediante una selección de WMS referenciados en la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE). A partir de este estudio se han extraído una serie de conclusiones y se han elaborado propuestas para su correcta descripción.

**Palabras clave:** WMS, metadatos, catálogo, INSPIRE, ISO 19119, OGC, Infraestructura de Datos Espaciales.

### 1. INTRODUCCIÓN

El concepto esencial de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) es el hecho de compartir información geográfica [11]. Esta información es múltiple y variada, y su acceso requiere de una exposición clara y sencilla a través de los denominados catálogos, cuyo potencial radica en facilitar y enriquecer las búsquedas. Sirva de analogía su extrapolación a los distintos ámbitos del mundo real como el siguiente ejemplo: Un restaurante comparte con sus clientes una variedad de platos a través de una carta; el éxito de su cocina no sólo consistirá en la calidad y estética de sus ágapes sino en una

exquisita presentación textual de su información que conduzca a los comensales a una elección segura. Ambas realidades, platos y carta, tienen un punto común: Metadatos.

De acuerdo a INSPIRE [3] se entiende por metadatos:

**“La información que describe los conjuntos y servicios de datos espaciales y que hace posible localizarlos, inventariarlos y utilizarlos”.**

Se pone de manifiesto la importancia de los metadatos de servicio como uno de los elementos necesarios en una IDE, que ayude a encontrar un servicio determinado, en un instante señalado, para un uso específico [5]. La idoneidad de un servicio web no se puede determinar sin metadatos [5]. No obstante, la edición de metadatos es una labor ardua lo que conduce a una inestabilidad en su generación y por siguiente, en su publicación [5]. Como resultado de lo anterior, cabe señalar la existencia de servicios estándares; sin embargo, los metadatos correspondientes que permiten su localización y evaluación, no son accesibles [5].

El disponer de metadatos de servicio, estandarizados, armonizados y de calidad es estratégico para facilitar la búsqueda de servicios en los catálogos y aumentar su utilización. Si estamos viendo en un visualizador una cartografía de una zona determinada y necesitamos complementar la información visualizada, no resulta nada sencillo averiguar qué otros servicios web que nos interesen existen en esa zona [4].

El objetivo de esta comunicación consiste en comprobar la normalización, armonización y estandarización de metadatos de Servicios Web de Mapas (WMS), correspondientes a un conjunto de servicios de la IDEE, y detectar posibles deficiencias en éstos. Para ello, se han analizado los metadatos, o descripción de los servicios, de una serie de WMS citados en el apartado 3 ‘Metodología propuesta’, y se ha estudiado el contenido cargado en los catálogos de servicios disponibles. Es decir, se ha abordado el problema de la evaluación de la estandarización y calidad de los metadatos de servicio, mediante la elección y análisis de un conjunto representativo de servicios, para poder extraer conclusiones.

El presente trabajo recopila en el apartado 2 ‘Revisión de las fuentes literarias’ las publicaciones correspondientes al tema de estudio, y muestra un análisis de normalización, estandarización y contenidos de un conjunto de WMS de la IDEE, así como la propuesta metodológica para una correcta catalogación de metadatos de WMS, todo ello recogido en el epígrafe 3 ‘Metodología propuesta’. Las soluciones de este análisis quedan reflejadas en el punto 4 ‘Resultados’, ofreciendo posteriormente el enunciado 5 una serie de ‘Conclusiones y desarrollos futuros’. Por último, el apartado ‘Referencias’ hace mención a la bibliografía utilizada.

### 2. REVISIÓN LAS FUENTES LITERARIAS

Los metadatos de servicio constituyen un elemento decisivo en el establecimiento de una Infraestructura de Datos Espaciales, donde su explotación resulta extraordinariamente

beneficiosa para una amplia comunidad de usuarios, y está destinada a diferentes ámbitos de aplicación. El punto de partida de este estudio aborda la búsqueda minuciosa de información relativa al tema planteado -normalización y estandarización de metadatos de servicio- y pone de manifiesto la escasa documentación existente.

El ensayo aquí planteado es el resultado de una ardua investigación contemplada en el Proyecto Fin de Carrera de Gamó-Salas [4]. Su elaboración acontece en el intervalo 2009-2010, finalizando su materialización y presentación en Febrero de 2010. Se ha estimado la impronta de su exposición divulgativa para colaborar en el progreso IDE europeo e internacional. Posterior a este estudio, se han encontrado dos publicaciones coetáneas: La primera de ellas corresponde a Béjar et ál. [1] que ofrecen una revisión de las Infraestructuras de Datos Espaciales, desde la retrospectiva hasta su estado actual, y deja abierto el campo a nuevas e interesantes líneas de investigación futura. A este respecto, y en relación con metadatos de servicio, indican su normativa y estandarización poniendo en énfasis su importancia como mecanismo de garantía de la interoperabilidad de una IDE. Asimismo, señalan el notable progreso de España, ocupando en la actualidad una posición ventajosa en el ámbito IDE europeo. En segundo lugar, el estudio de Řezník [10] destaca la importancia de los metadatos de datos y servicios espaciales de las Infraestructuras de Datos Espaciales, como una herramienta fundamental que permite abordar las amenazas después de su ocurrencia, lo que se conoce como gestión de crisis. La gestión de crisis desempeña un papel primordial para la búsqueda y establecimiento de soluciones ante un suceso de desastre o catástrofe acontecido y la información espacial es su pieza clave. Esta información debe estar perfectamente documentada en los catálogos de datos y servicios para que su búsqueda sea rápida y eficiente conforme a las necesidades requeridas. De esta forma, se pone de manifiesto la relevancia de las Infraestructuras de Datos Espaciales como uno de los pilares principales de cooperación nacional e internacional, siendo imprescindible su interoperabilidad. Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, Řezník [10] analiza la interoperabilidad de los metadatos de datos y servicios espaciales conforme a los estándares, normas e implementaciones de la actualidad, estudiando su compatibilidad mediante una serie de resultados obtenidos. Las conclusiones extraídas de su estudio confluyen en un mismo punto: la necesidad de unificación de los diferentes acuerdos y estándares, relativos a metadatos de datos y servicios espaciales, para garantizar la interoperabilidad entre las distintas Infraestructuras de Datos Espaciales mundiales. Cabe destacar esta última publicación como dispositivo de constatación de la calidad y validez del presente trabajo.

### 3. METODOLOGÍA PROPUESTA

El objetivo de encontrar el procedimiento más adecuado para la catalogación, normalización y estandarización de WMS en una IDE puede dividirse en los siguientes objetivos particulares:

- Analizar los requisitos que exigen las normativas vigentes: El alcance de este objetivo se basa en la información proveniente de las siguientes normas, estándares y disposiciones legales:

- **Normas:**

Norma UNE-EN ISO 19119:2007, Información Geográfica - Servicios (ISO 19119:2005)

- **Directiva:**

Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de Marzo de 2007 por la que se establece una Infraestructura de Información Espacial en la Comunidad Europea (INSPIRE) [3].

- **Reglamento:**

Reglamento (CE) Nº 1205/2008 de la Comisión de 3 de Diciembre de 2008 por el que se ejecuta la Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que se refiere a metadatos [9].

- **Estándar establecido por el Open Geospatial Consortium (OGC):**

Especificación OpenGIS de Implementación de Servidor Web de Mapas (OpenGIS Web Map Server Implementation Specification), versión 1.3.0. de 2006 [8].

Esta normativa garantiza la compatibilidad e interoperabilidad de los componentes de una IDE. Como consecuencia de este análisis, se han encontrado que los requisitos que deben cumplir los metadatos de WMS son los siguientes:

- Ser conformes al Reglamento (CE) Nº 1205/2008 de la Comisión de 3 de Diciembre de 2008 por el que se ejecuta la Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que se refiere a metadatos [9]. Este Reglamento garantiza la compatibilidad e interoperabilidad de los servicios de una IDE a nivel europeo (Unión Europea). Para ello, deben verificar que:
  - Los documentos XML, correspondientes a los metadatos de los WMS, son correctos o están bien formados; es decir, que cumplen unas reglas sintácticas definidas por una norma (norma XML) para que puedan ser entendidos[6].
  - Los documentos XML, correspondientes a los metadatos de los WMS, son válidos; es decir, que siguen una estructura convenientemente definida mediante DTD (Document Type Definition) o bien mediante esquemas [6].
  - El contenido semántico de los documentos XML, correspondientes a los metadatos de los WMS, cumple los ítems recogidos en el Cuadro 2 'Metadatos para servicios espaciales' de este Reglamento.
- Ser conformes a la Norma UNE-EN ISO 19119:2007, Información Geográfica - Servicios (ISO 19119:2005). Esta norma garantiza la compatibilidad e

interoperabilidad de los servicios de un IDE a nivel internacional. Para ello, deben verificar que:

- ▶ Los documentos XML, correspondientes a los metadatos de los WMS, son correctos o están bien formados.
  - ▶ Los documentos XML, correspondientes a los metadatos de los WMS, son válidos. En la actualidad, no existe un esquema XML que permita validar los metadatos creados bajo esta norma.
  - ▶ El contenido semántico de los documentos XML, correspondientes a los metadatos de los WMS, cumplen los ítems contenidos en esta norma.
- Ser conformes a la especificación OpenGIS de Implementación de Servidor Web de Mapas (OpenGIS Web Map Server Implementation Specification), versión 1.3.0. de 2006 [8]. Este estándar garantiza la compatibilidad e interoperabilidad de los servicios de una IDE a nivel internacional. Para ello, deben verificar que:
    - ▶ Los documentos XML 'capabilities' de los WMS se obtienen de forma satisfactoria mediante la petición estándar GetCapabilities.
    - ▶ Los documentos XML 'capabilities' de los WMS son correctos o están bien formados.
    - ▶ Los documentos XML 'capabilities' de los WMS son válidos de acuerdo a las DTD o el esquema que ofrece el OGC en sus distintas versiones [12]. Para mantener la uniformidad en los documentos, garantizando la homogeneidad de los datos, se recomienda que todos los proveedores de servicios responsables utilicen la última versión, 1.3.0 (basada en esquema), como sistema de validación, ya que ofrece una mayor rigidez y potencia frente a una DTD [6].
  - **Conocer el grado de cumplimiento de la normativa vigente, correspondiente a metadatos de servicio, de una selección de WMS de la IDEE: Se han elegido un conjunto de WMS de la IDEE [2], de acuerdo a los siguientes criterios:**
- **Nivel nacional:**
    - ▶ Mapa de Suelos de España 1:1M (Instituto Geográfico Nacional: IGN)
    - ▶ Mapa Geológico de España (Instituto Geológico y Minero de España: IGME)
    - ▶ Atlas Climatológico Digital (Universidad Autónoma de Barcelona: UAB)
    - ▶ EUROPARC-España (Federación de Parques Naturales y Nacionales de Europa- España)

- **Nivel regional:**
  - ▶ Andalucía:
    - .. Mapa Topográfico de Andalucía 1:10.000 (Vectorial)
    - .. Ortofoto Color 2007
  - ▶ Canarias:
    - .. Mapa Topográfico a escala 1:5.000 de Canarias (2002/2005)
    - .. Ortofoto a escala 1:5.000 de Canarias (años 2005/2006)
  - ▶ Cataluña:
    - .. WMS del Mapa 1:5.000
    - .. Vuelos
- Extremadura:
  - .. Extremadura WMS
- **Nivel local:**
  - ▶ Cataluña:
    - .. Barcelona: Terrassa (topográfico 1:2.000)
    - .. Girona (Gerona): Ayuntamiento de Roses
  - ▶ Galicia:
    - .. A Coruña (La Coruña): Diputación de A Coruña
  - ▶ Comunidad de Madrid:
    - .. Sierra Oeste Madrid (Grupo Enebro)
  - ▶ La Rioja:
    - .. Municipio de Berceo
    - .. Municipio de Calahorra

Con esta primera muestra de WMS, elegida para representar el máximo de niveles administrativos que componen España, se ha realizado un estudio de acuerdo al propósito perseguido en este trabajo, y conforme a los requisitos anteriormente señalados. Concluido este análisis, se ha procedido a realizar un ensayo simplificado, en el ámbito autonómico, para un servicio del resto de Comunidades Autónomas, de manera que el presente proyecto albergue un WMS por Comunidad Autónoma.

- **Nivel regional:**
  - ▶ Aragón:
    - .. Aragón
  - ▶ Principado de Asturias:
    - .. Polígonos Industriales
  - ▶ Illes Balears (Islas Baleares o Baleares):
    - .. Ortofoto 2006
  - ▶ Cantabria:
    - .. Cantabria
  - ▶ Castilla-La Mancha:
    - .. PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea)
  - ▶ Castilla y León:
    - .. Cartografía 1:10.000
  - ▶ Comunitat Valenciana (Comunidad Valenciana):
    - .. (Paisajes Protegidos) Espacios Protegidos
  - ▶ Galicia:
    - .. SITGA (Sistema de Información Territorial de Galicia) - ORTOFOTO 2003
  - ▶ Región de Murcia:
    - .. SITMURCIA (Sistema de Información Territorial de la Región de Murcia)
  - ▶ Comunidad Foral de Navarra:
    - .. IDENA (Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra)
  - ▶ País Vasco o Euskadi:
    - .. País Vasco

- ▶ La Rioja:
  - .. IDERIOJA (Infraestructura de Datos Espaciales Gobierno de La Rioja) Gobierno de La Rioja OGC WMS

Para la consecución de este objetivo se han utilizado las siguientes herramientas:

- Para la comprobación de la corrección de los documentos XML [6], correspondientes a los metadatos de los WMS:
  - ▶ Clientes web como Internet Explorer y Mozilla Firefox, por su sencillez bajo coste
  - ▶ Programa 'XML Copy Editor', por ser software libre y ofrecer una interfaz de fácil uso
- Para la comprobación de la validación de los documentos XML [6], correspondientes a los metadatos de los WMS, tanto si su estructura está definida por una DTD como por un esquema:
  - ▶ Página web de validación, de acceso libre, 'Validome' (a través del cliente web 'Internet Explorer')
  - ▶ Programa 'XML Copy Editor' (software libre de interfaz amigable)

La verificación del contenido semántico de los documentos XML, correspondientes a los metadatos de los WMS, se ha realizado de forma interactiva.

A partir del estudio y análisis de los metadatos que describen los servicios elegidos, metadatos obtenidos o bien de sus 'capabilities' o bien de Catálogos de Servicios en los que están descritos, se han extraído una serie de conclusiones; se han elaborado propuestas para su correcta descripción y se ha indicado la corrección de su catalogación en el Catálogo de Servicios de la IDEE.

#### 4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos como consecuencia de la aplicación de la metodología anteriormente enunciada son los siguientes:

- Requisitos que exigen las normativas vigentes: Los señalados en el epígrafe anterior
- Grado de cumplimiento de la normativa vigente, correspondiente a metadatos de servicio, de una selección de WMS de la IDEE: El desarrollo de este análisis figura en el documento de Gamo-Salas, 2010 [4]; debido a su

gran extensión, aquí se enumeran los resultados finales conseguidos:

▶ **Análisis conforme al Reglamento de Ejecución de la Directiva INSPIRE:**

“ Comprobación de la corrección de los documentos XML: La edición de este tipo de metadatos ha sido realizada con el programa ‘CatMDServices’, de forma que se acepta la corrección de los documentos XML generados a partir de esta herramienta; por tanto, el 100% de los documentos XML de los WMS de este estudio son correctos.

“ Comprobación de la validación de los documentos XML: La edición de este tipo de metadatos ha sido realizada con el programa ‘CatMDServices’, de forma que se acepta la validación de los documentos XML generados a partir de esta herramienta; por tanto, el 100% de los documentos XML de los WMS de este estudio son válidos.

“ Comprobación del contenido semántico de los documentos XML: El 100% de los WMS de estudio no cumplen la totalidad de los ítems requeridos en el Cuadro 2 ‘Metadatos para servicios espaciales’ de este Reglamento [9]. Todos los proveedores de los WMS correspondientes deberán solventar estos incidentes, ya que este Reglamento es de obligado cumplimiento por parte de todos los países miembros de la Unión Europea.

▶ **Análisis conforme a la norma UNE-EN ISO 19119:2007:**

“ En la actualidad el Catálogo de Servicios implementado en el nodo nacional de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) no soporta metadatos de Servicios Web de Mapas conforme a la norma ISO 19119, ya que es conforme a las Reglas de Implementación INSPIRE y los ítems de metadatos de servicio que fijan dichas Reglas de Implementación no se corresponden exactamente con los de la norma ISO 19119. Además, el que no haya un esquema XML que permita validar los metadatos, creados bajo esta norma y la gran complejidad que conlleva la verificación interactiva de su contenido semántico, debido al enorme número de ítems que abarca dicha norma, obligan a abandonar temporalmente este tipo de análisis hoy en día. Debido a esto, este tipo de análisis no ha sido contemplado en el presente estudio. El esfuerzo en la creación de un esquema XML que permita la validación de los metadatos originados de acuerdo a ISO 19119, es una asignatura hoy en día pendiente y de gran interés ya que garantizaría la uniformidad e interoperabilidad, bajo norma ISO, a nivel internacional en lo referente a metadatos de WMS. Es por ello que se recomienda la creación de este tipo de metadatos en cuanto dicho esquema esté disponible.

▶ **Análisis conforme al estándar WMS de OGC**

“ Comprobación de la correcta obtención del documento ‘capabilities’: El 100% de las capabilities de los WMS elegidos en este estudio se obtienen de forma adecuada.

“ Comprobación de la corrección del documento ‘capabilities’: El 97% de las capabilities de los WMS son correctos. Se sugiere que los organismos proveedores de los WMS, cuyas capabilities no son correctas, subsanen este tipo de error.

“ Comprobación de la validación del documento ‘capabilities’: El 83% de las capabilities de los WMS son válidos. Se sugiere que los organismos proveedores de los WMS, cuyas capabilities no son válidas, solventen este tipo de error.

## 5. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS

Cabe destacar la importancia de los servicios en una IDE ya que brindan un conjunto de utilidades atractivas para los distintos usuarios. Los metadatos de servicio constituyen un elemento decisivo que permite encontrar los servicios que requiere un usuario [5]. Debido a esto, es necesaria la normalización y estandarización de los metadatos de servicio, conforme a las normas, estándares y disposiciones legales vigentes en la actualidad, que garantice la compatibilidad e interoperabilidad de los servicios en una IDE.

El estudio realizado en esta publicación pone de relieve la necesidad de ofrecer una adecuada descripción de los distintos WMS, publicados en el catálogo de servicios de una IDE, con el objetivo de satisfacer los requisitos de los usuarios [7]. Para ello, se requiere el esfuerzo de todos los proveedores de servicios responsables para que esa descripción, metadatos del servicio, sea uniforme, compatible y acorde a las diferentes normas y estándares internacionales existentes, así como a la legislación europea vigente y de obligado cumplimiento, por parte de todos los países miembros de la Unión Europea.

En consecuencia, se proponen a continuación un conjunto de acciones y una serie de líneas de investigación a abordar, acciones y líneas que contribuyen a facilitar la interoperabilidad de los recursos que integran una IDE y que son conformes a la normativa vigente:

• **Nivel internacional:**

- ▶ OpenGIS Web Map Server Implementation Specification (version 1.3.0):
- ▶ Revisión de los metadatos de los WMS generados, a cargo de los proveedores de servicios correspondientes, para el adecuado cumplimiento de este estándar.

- ▶ Verificación de la correcta obtención del documento de capabilities
  - ▶ Verificación de la corrección del documento de capabilities
  - ▶ Verificación de la validación del documento de capabilities
  - ▶ Norma ISO 19119:2005:
  - ▶ Generación del esquema XML que defina la estructura de esta norma
  - ▶ Desarrollado este esquema, creación de los correspondientes metadatos conforme a dicha norma
- **Nivel europeo:**
    - ▶ Reglamento de Ejecución de la Directiva INSPIRE en lo que se refiere a metadatos:
      - ▶ Revisión de los metadatos de los WMS generados, a cargo de los proveedores de servicios correspondientes, para el adecuado cumplimiento de este reglamento:
        - “ Verificación de la estructura
        - “ Comprobación del contenido semántico

## REFERENCIAS

1. **Béjar, R., Muro-Medrano, P. R., Zarazaga, J., Nogueras-Iso, J., Latre, M. A., López, F. J.** (2010). Las Infraestructuras de Datos Espaciales y su aplicación en proyectos de investigación en la Universidad de Zaragoza. GT-IDEE: Las IDE y sus aplicaciones en proyectos de investigación científico-tecnológicos. Madrid (España), 24-25 Febrero.
2. **Catálogo de Servicios de la IDEE:**  
<http://www.idee.es/IDEE-ServicesSearch/ServicesSearch.html?locale=es>
3. **Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de Marzo de 2007** por la que se establece una Infraestructura de Información Espacial en la Comunidad Europea (INSPIRE):  
[http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/es/oj/2007/l\\_108/l\\_10820070425es00010014.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/es/oj/2007/l_108/l_10820070425es00010014.pdf)
4. **Gamo-Salas, M.M., Rodríguez-Pascual, A.F.** (2010). Catalogación y Normalización de Metadatos de Servicios Web de Mapas en una Infraestructura de Datos Espaciales. Proyecto Fin de Carrera de la Titulación de Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Escuela

Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía. Universidad Politécnica de Madrid.

5. **Guinea de Salas, A., Ludewig, A.** (2008). Metadatos de servicios estándares. Cómo compartilos y gestionarlos. V Jornadas Técnicas de la Infraestructura de Datos Espaciales de España 2008 (JIDEE 2008), Tenerife (España), 5-7 Noviembre.
6. **Gutiérrez-Gallardo, J. D.** (2005). Manual imprescindible de XML. Ediciones Anaya Multimedia (Grupo Anaya, S.A.), p. 32-150.
7. **Nogueras Iso, J., Barrera, J., Rodríguez, A. F., Recio, R., Laborda, C.** (2008). Desarrollo de un catálogo de servicios compatible con las normas de ejecución de INSPIRE. V Jornadas Técnicas de la Infraestructura de Datos Espaciales de España 2008 (JIDEE 2008), Tenerife (España), 5-7 Noviembre.
8. **OpenGIS Web Map Server Implementation Specification**  
<http://www.opengeospatial.org/standards/wms>
9. **Reglamento (CE) N° 1205/2008** de la Comisión de 3 de Diciembre de 2008 por el que se ejecuta la Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que se refiere a metadatos:  
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:326:0012:0030:ES:PDF>
10. **Rezník, Tomás.** (2010). Metainformation in Crisis Management Architecture - Theoretical Approaches, INSPIRE Solution. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Geographic Information and Cartography for Risk and Crisis Management: Towards Better Solutions. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010, p. 209-219.
11. **Rodríguez-Pascual, A. F., Abad-Power, P., Alonso-Jiménez, J. A., Sánchez-Maganto, A.** (2007). Las IDE como evolución natural de los SIG. Grupo de Trabajo de la IDEE, Instituto Geográfico Nacional. Boletín, 41, p. 60-67.
12. **Schemas OpenGIS:** <http://schemas.opengis.net/wms/>

## EVALUACIÓN DE EXACTITUD VERTICAL COMPARATIVA ENTRE EL ASTER GDEM Y EL MDT DEL CONJUNTO DE DATOS PROVISORIOS

Ing. Agrim. Rodolfo Méndez Baillo  
mendezbaillo@gmail.com

Servicio Geográfico Militar - URUGUAY

Dr. Ing. Carlos López Vázquez  
carlos.lopez@thedigitalmap.com

LatinGEO – Sede Uruguay

### RESUMEN

Se presenta un estudio comparativo de la exactitud vertical del modelo digital de elevación mundial ASTER GDEM para zonas del Uruguay, realizado como parte de una colaboración para su evaluación. Asimismo, se evalúa el MDE disponible en el Conjunto de Datos Provisorio de la IDE de Uruguay, elaborado por el MGAP a partir de las curvas de nivel digitalizadas por el MTOP de las cartas oficiales 1:50.000 del SGM. La comparación se realizó contra datos de campo asegurando así la independencia de las fuentes. Los resultados muestran que, de acuerdo al NSSDA, el modelo MGAP-CDP es más exacto que el ASTER GDEM y que la superficie de error es más suave.

**Palabras clave:** Modelos Digitales de Elevación, ASTER GDEM, SRTM

### 1. INTRODUCCIÓN

La tendencia mundial en lo concerniente a la información geográfica, apunta a la cooperación, e intercambio de datos en el marco de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE). Esto implica que surja cada vez con más fuerza la necesidad de conocer la calidad del dato a través de los metadatos correspondientes. Ante un uso creciente de la información geográfica para distintas aplicaciones, el conocimiento del dato y el potencial alcance del mismo, es esencial para decidir para qué fines será adecuado y para cuales no. Las tendencias mencionadas, han fomentado el uso de estándares que evalúan los distintos aspectos de la calidad de un dato y que proveen información del mismo (Ariza y García, 2010).

Desde hace un par de décadas, con el uso habitual de la información digitalizada, los Modelos Digitales del Terreno (MDT) que antes representaban el relieve de un territorio mediante curvas de nivel, se convirtieron en modelos numéricos manejables mediante

software aptos para su visualización en una pantalla de computadora (Li, 2005). Los MDE se pueden generar a escala global, y son muestras el SRTM y más recientemente el ASTER GDEM (Hato et al, 2009). El ASTER GDEM fue producido conjuntamente por el METI (Ministry of Economy, Trade and Industry) de Japón y NASA (National Aeronautics and Space Administration) de los Estados Unidos. Previamente a su liberación al uso público se conformó un grupo denominado ASTER GDEM Validation Team demandando la colaboración internacional para evaluar la exactitud vertical en distintas partes del globo. El Servicio Geográfico Militar (SGM) colaboró en el trabajo suministrando los resultados de exactitud vertical del modelo para 5 zonas del país comparando contra datos de campo tomados con GNSS.

En forma independiente, a partir de la cartografía papel 1:50000 del SGM y mediante digitalización de las curvas de nivel y consideración de restricciones hidrográficas, en el MGAP se generó un MDE para todo el Uruguay ya integrado al Conjunto de Datos Provisorio (CDP) de la IDE de Uruguay, el que no había sido auditado hasta el momento. El presente trabajo, muestra los resultados comparativos entre las exactitudes verticales del modelo nacional disponible en el CDP y del modelo global (en la extensión que comprende parte del territorio nacional). Ello permitirá orientar a los usuarios sobre las características de ambos, su potencial y sus limitaciones para diferentes usos.

Dichas comparaciones incluyen no sólo los resultados finales a los que se hayan arribado sino también los metadatos a los que se haya podido acceder de ambos modelos.

### 2. METADATOS

#### *Modelo ASTER GDE*

ASTER es uno de los sensores que posee el satélite Terra y su función fundamental es la obtener y procesar imágenes. Puede generar modelos de elevación con errores nominales que pueden alcanzar de 10 a 25 metros en vertical.

Para producir el ASTER GDEM se ha realizado un tratamiento automatizado de más de 1 millón y medio de imágenes y mediante correlación producir la tercera dimensión. Cubre la superficie del planeta entre las latitudes 83°S y 83°N organizando el recubrimiento en mosaicos de 1° por 1°. Desde el punto de vista del sistema de referencia, el ASTER GDEM se refiere al elipsoide WGS84 y tiene como modelo geoidal el EGM96. Previo a la obtención del modelo se estimaron errores de 30 metros en horizontal y 20 metros en vertical con un 95% de confianza, los cuales debían ser validados con medidas de campo.

#### *Modelo MGAP-CDP*

En su producción se utilizó la cartografía básica vectorial suministrada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, cuyo origen corresponde a la cartografía escala 1:50.000 del SGM.

Se transformaron los ejes de agua de la cartografía 1:50.000 en una hidrografía orientada, asignando el sentido de la circulación del flujo de agua hacia la salida de cada cuenca, delimitadas previamente a partir de las curvas topográficas 1:50.000.

Para resolver el procesamiento de situaciones más complejas se recurrió a otras técnicas complementarias utilizándose como referencia un TIN (triangular irregular network).

El MDE se generó en formato raster con una resolución espacial de 30 x 30 metros y una resolución de 2,5 metros; contando para ello con la información derivada de las curvas topográficas (13.421.021 puntos x, y, z), la hidrografía orientada (41.570 arcos), numerosos puntos de nivel corregidos, lagos y lagunas, éstos dos últimos se seleccionaron según la distancia de sus ejes mayores. El trabajo fue realizado en la Dirección General de Recursos Naturales y Renovables del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

Se empleó para su realización la interpolación de Hutchinson (1989) que constituye un método especialmente diseñado para la generación de modelos consistentes desde el punto de vista hidrológico.

## 2. METODOLOGIA DE TRABAJO

Estando el ASTER GDEM ya evaluado en 5 mosaicos de 1°x1° se aprovechó para evaluar el modelo MGAP-CDP en los mismos mosaicos, no solamente para obtener una primera evaluación de la exactitud vertical del mismo, sino para poder tener exactitudes de referencia respecto de otro modelo concebido de manera distinta y de forma global.

En términos generales, el proceso consiste en ubicar en el terreno referencias de altitud con exactitudes al menos 3 veces superior a la esperada a encontrar en los modelos a evaluar. Desde el punto de vista planimétrico, esas referencias debieron encontrarse en posiciones relativas como lo indica el estándar NSSDA (1998), que fue el que se aplicó para el cálculo de la exactitud.

El grupo de puntos de referencia o control estuvo conformado por mojones de la Red de Triangulación y/o Nivelación cuyas 3 coordenadas fueran conocidas. Aún en los casos de mojones de la Red de Triangulación que pudieran tener decímetros de incertidumbre en la cota, es más que suficiente como punto de control ya que se esperó encontrar errores de 15 a 20 metros en los modelos. Cada mosaico fue controlado con sus 20 puntos y se calculó entonces para cada uno y para cada modelo, la exactitud vertical con un 95% de confianza.

La lectura de las alturas de los modelos fue hecha de la siguiente forma: con un software se abrieron los archivos de los modelos, pudiendo insertarle las coordenadas planas o geográficas de los puntos de control. Estando entonces esos puntos superpuestos con el modelo, se pudo pedir al software un listado con las coordenadas ingresadas pero con el agregado de su cota leída en el modelo en cuestión.

Desde ese mismo momento, teniendo por un lado los puntos de control con sus cotas

de campo, y por otro lado, los mismos puntos con sus cotas leídas en el modelo, se está en condiciones de aplicar al estándar NSSDA en cada mosaico.

Teniendo las cotas de los modelos en los puntos de control, se restaron las alturas de cada modelo con la realidad, de manera de evaluar cómo se aproxima cada uno al terreno

## 3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los resultados obtenidos. Nótese que con la excepción del cuarto mosaico, sistemáticamente el modelo MGAP-CDP tuvo menor error que el ASTER GDEM. Con el fin de evaluar si tales discrepancias eran sistemáticas, se realizó en las figuras 1 y 2 una ilustración del campo de diferencias. Para la interpolación se utilizó la rutina GRIDDATA de Matlab®; las áreas en azul intenso corresponden al exterior de la envolvente convexa de los puntos dato (indicados con círculos rojos) donde la rutina no puede operar.

La figura 1 muestra algunos picos en la zona central, no visibles en la otra figura. Es evidente que la superficie de error (con signo) es más suave en el caso del MGAP-CDP (figura 2), con únicamente algunas zonas próximas al borde con valores mayores. Nótese que ellas también se corresponden con una ausencia de puntos GNSS, por lo que en esa zona la imagen quizá está ilustrando características de la rutina GRIDDATA.

MOSAICOS	ASTER - GDEM	MGAP - CDP
LAT.= 33°S LONG.=57°W	9 metros	6 metros
LAT.= 34°S LONG.=57°W	18 metros	10 metros
LAT.= 34°S LONG.=58°W	9 metros	9 metros
LAT.= 35°S LONG.=56°W	12 metros	19 metros
LAT.= 35°S LONG.=57°W	14 metros	5 metros

Tabla 1 Localización de cada uno de los mosaicos evaluados, y resultados de la aplicación del estándar a cada caso



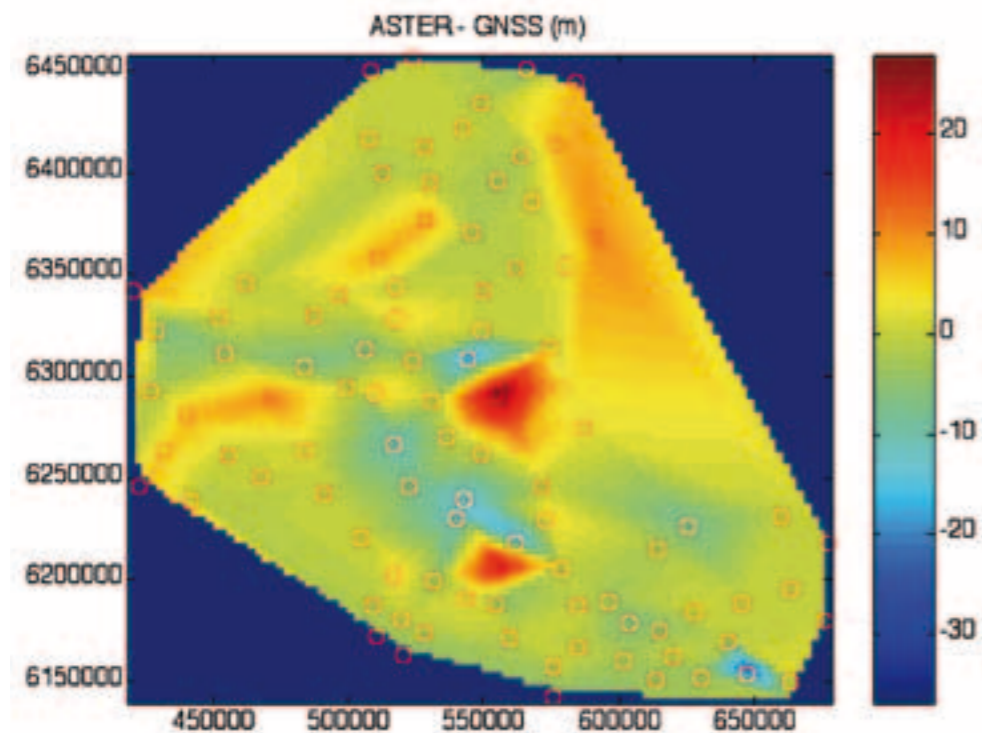


Figura 1 Ilustración del campo de diferencias entre las cotas del ASTER-GDEM y datos de campo tomados con GNSS.

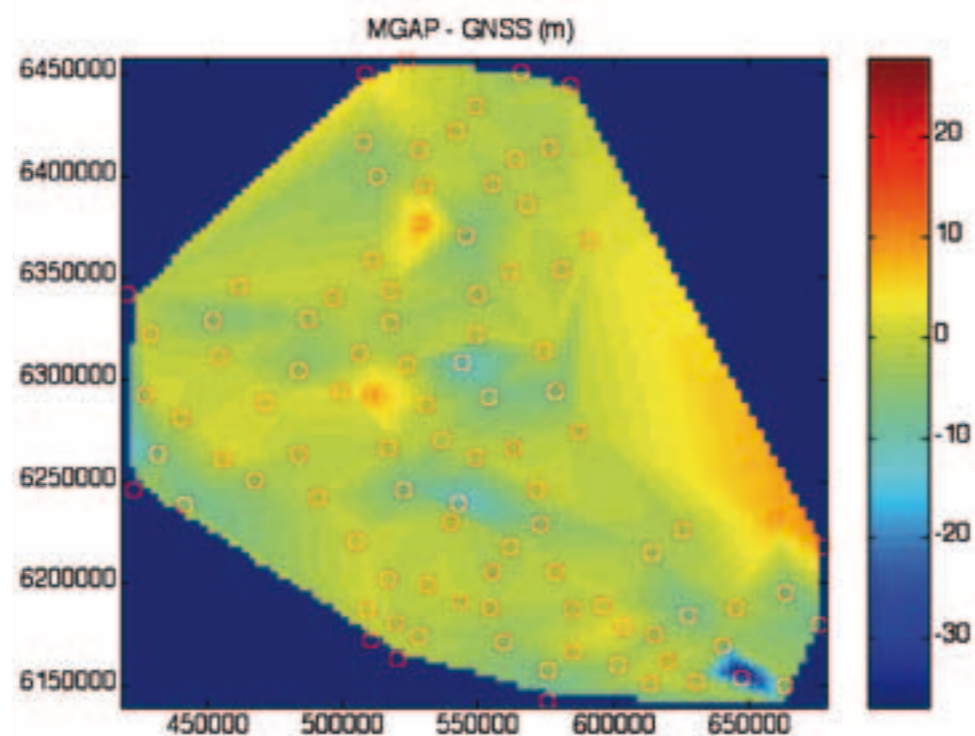


Figura 2 Ilustración del campo de diferencias entre las cotas del MGAP-CDP y datos de campo tomados con GNSS.

#### 4. CONCLUSIONES

Se pudo verificar que el modelo del MGAP-CDP, generado con datos locales de curvas de nivel, es en general más exacto que el modelo global en 4 de los 5 mosaicos. Este caso ameritará una investigación más a fondo para encontrar la causa.

Respecto de las diferencias entre cotas de modelo y realidad, se aprecia en las figuras un suavizado mayor en la comparación de cotas con el modelo MGAP-CDP, lo cual es esperable dada la génesis del mismo.

Es importante tener en cuenta también que al evaluar la exactitud vertical, en mayor o menor grado, los cálculos se verán influenciados por la exactitud horizontal, sea ésta conocida o no. Por ejemplo, si se genera un modelo con una carta de 100 metros de error planimétrico, y además se evalúa la exactitud vertical en una zona escarpada de la misma carta, los errores hallados pueden llegar a ser grandes.

Los productos evaluados, MGAP-CDP y ASTER GDEM pueden ser útiles para modelados de cuencas, anteproyectos y planificación. A pesar de que el MGAP-CDP tiene básicamente errores más pequeños que el ASTER GDEM, la diferencia de exactitudes no son tales como para que los usos de un modelo y otro pudieran ser muy distintos.

#### 5. REFERENCIAS

**Ariza López, F. J. y García Balboa, J. L.** 2010 "Evaluación de las componentes de la calidad de la información geográfica". En 2ª Edición del Curso de Experto Universitario en Evaluación de la Información Geográfica. Universidad de Jaén. Jaén, España.

**Li, Zhilin** 2005 "Digital terrain modeling" ISBN 0-415-32462-9  
**NMAS 1947** "United States National Map Accuracy Standard" US Bureau of the Budget. 1 pp.

**NSSDA 1998**, "Geospatial Positioning Accuracy Standards; Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy", Federal Geographic Data Committee, FGDC-STD-007.3, Washington, D.C. 28 pp. (<http://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects/accuracy/part3/chapter3> accedido 20090414)

**Hato, M., Tsu, H., Tachikawa, T. Abrams, M. Bailey, B.** 2009 "The ASTER Global Digital Elevation Model (GDEM) for societal benefit". In Proceedings of the American Geophysical Union Fall Meeting, 2009

**Hutchinson, M. F.** 1989 "A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits" Journal of Hydrology, 106, 3-4, pp 211-232

## 9. RESEÑA BIOGRÁFICA

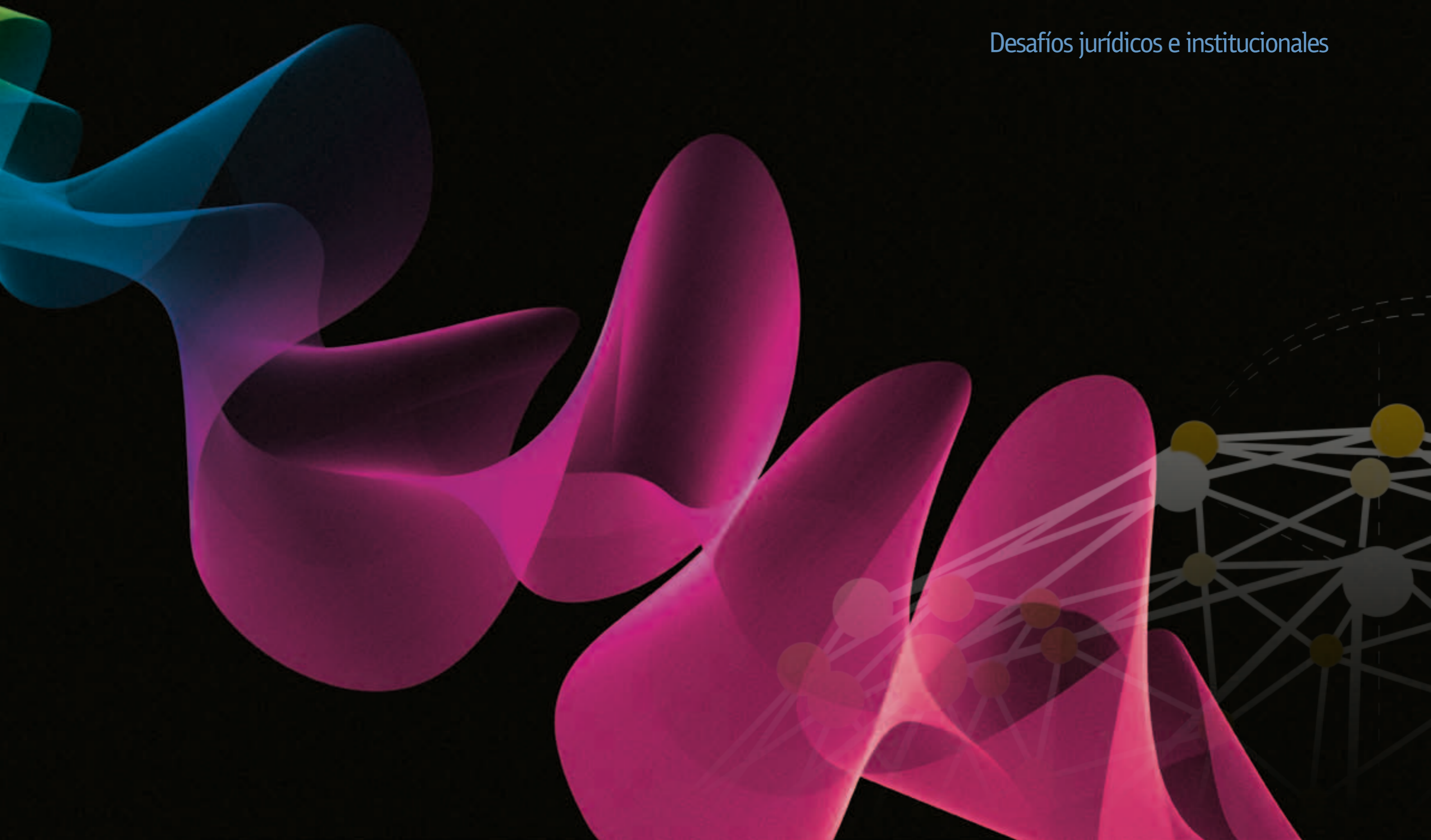
### **Rodolfo Méndez Baillo**

nació en Montevideo en 1967, habiéndose graduado como Ingeniero Agrimensor en 1999 por la Universidad de la República (Uruguay). Posee el título de Ingeniero Técnico en Topografía (España, 2005) y el de Especialista en Teledetección Aplicada a la Observación e Información Territorial (Universidad Politécnica de Madrid, 2008). A fines de 2007 comenzó los estudios de Doctorado en Agrimensura en la Universidad Nacional de Catamarca, Argentina. Desempeña tareas en el Servicio Geográfico Militar desde 1993, trabajando siempre en la División Geodesia, (hoy División Geodesia y Topografía). Desde fines de 2009 es docente Gr. 2 de las cátedras de Geofísica y Geodesia 2 de la carrera de Agrimensura, Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República. El CV completo y forma de contacto puede solicitarse a [mendezbaillo@gmail.com](mailto:mendezbaillo@gmail.com)

### **Carlos López**

nació en Montevideo en 1961, habiéndose graduado en Ingeniería Industrial en 1987 por la Universidad de la República (Uruguay). Su formación académica se complementa con un título de maestría en Mecánica de los Fluidos Aplicada (1993), y uno de doctorado relativo al control de calidad de datos geográficos, obtenido en 1997 en Estocolmo, Suecia. Es Docente Estable del programa de Doctorado en Agrimensura de la Universidad de Catamarca desde 2004, y del programa de Doctorado en Topografía de la Universidad Politécnica de Madrid también desde 2004. En su actividad profesional ha tenido a cargo la implementación del ClearingHouse Nacional de Datos Geográficos (Uruguay) así como la formulación del proyecto de la IDE de Uruguay para 2010-2020. En su actividad académica trabajó en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República desde 1986 hasta agosto del 2000 donde dictó cursos y dirigió varios proyectos (académicos y de investigación) así como grupos de trabajo. Fue director del Centro de Cálculo entre 1997 y 1999. Fue catedrático de Cálculo Numérico en el Universitario Autónomo del Sur desde 1998 hasta 2010. Actualmente está a cargo de la dirección del Laboratorio de Geomática en la Universidad ORT del Uruguay. Es Investigador Nivel I de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación de Uruguay, y director de la empresa The Digital Map Ltda. El CV completo, forma de contacto así como copia de sus tesis y la mayoría de sus publicaciones puede encontrarse en <http://www.thedigitalmap.com/~carlos>

Desafíos jurídicos e institucionales



## LAS INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES (IDE) EN EL CONTEXTO EDUCATIVO

María Ester Gonzalez  
ester.gonzalez@upm.es

Laboratorio de Tecnologías de la Información Geográfica  
Universidad Politécnica de Madrid

Sandra Acevedo  
mtrasandraacevedo@gmail.com

Beatriz Otón  
beaoton@gmail.com

Verónica Gaínza  
v.gainzaa@gmail.com

Mtras contenidistas del Portal CEIBAL

### RESUMEN

La futura implementación de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) de Uruguay permitirá que distintos usuarios puedan acceder a Información Geográfica (IG) actualizada a través de Internet. Esto resulta de interés no sólo para los profesionales relacionados o que tienen formación específica en materia de IG, sino para el personal de distintos sectores de la sociedad (públicos y privados). En este contexto el sector educativo no puede permanecer ajeno, ya que representa uno de los espacios más propicios sobre el que se debe actuar para difundir las potencialidades y usos de las IDE.

Considerando el papel fundamental de las TIC en la sociedad, su importancia en el contexto educativo y su papel para acrecentar el acceso a una educación de calidad, las IDE ofrecen diversas herramientas TIC que al otorgarle una intencionalidad educativa se constituye en un recurso educativo TIC. Las IDE representan ese medio/recurso alternativo de cómo y con qué se pueden enseñar los contenidos relacionados con la IG.

Las IDE, como un recurso educativo TIC, pueden realizar interesantes aportes en el contexto educativo, y la clave para darle un sentido plenamente educativo requiere la formación del profesorado y la formulación de propuestas didácticas acordes con la naturaleza propia de las IDE.

En el contexto específico de Uruguay las posibles aplicaciones y usos de las IDE como

un recurso educativo TIC en los distintos niveles educativos, disponen de una ventaja fundamental: el hecho de que los alumnos dispongan de una laptop con conexión a Internet, la denominada XO, que facilitará el acceso al visualizador de mapas de la futura IDE de Uruguay para buscar, obtener, evaluar, seleccionar, procesar, transformar, comunicar, analizar, etc. la información geográfica. En este contexto la utilización de las IDE permitirá al alumno utilizar las TIC, aprender de las IDE y con las IDE los contenidos relacionados con la IG.

En este trabajo se recoge la experiencia del Laboratorio de Tecnologías de la Información Geográfica (LatinGEO) de la Universidad Politécnica de Madrid y el Instituto Geográfico Nacional de España en proyectos orientados a la formación del profesorado para utilizar las IDE como un recurso educativo TIC. Con el fin de difundir la experiencia y visualizar las posibles aplicaciones en el contexto de la futura IDE de Uruguay se presentan estrategias para desarrollar trabajos de colaboración con el equipo de contenidistas del Portal CEIBAL diseñando propuestas didácticas y haciendo uso de las laptops XO. También se recogen las experiencias y lecciones aprendidas con el fin de emitir sugerencias para la implementación de la IDE de Uruguay desde el punto de vista educativo para llegar a dos potenciales grupos de usuarios que contribuirán a su difusión: docentes y estudiantes.

Palabras claves: Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), recurso educativo TIC, formación.

### 1. INTRODUCCIÓN

El sector educativo se presenta como uno de los espacios más propicios sobre el que se debe actuar para difundir las potencialidades y usos de las IDE. Esto implica otorgarle a las IDE un papel en el proceso de enseñanza-aprendizaje como un recurso para abordar los contenidos relacionados con Información Geográfica (IG). Además al tratarse de un recurso educativo muy relacionado con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), resulta necesario explicitar dicha relación en un concepto más amplio: "recurso educativo TIC".

En el marco de la futura IDE de Uruguay el uso de la misma como un recurso educativo TIC se encuentra favorecida por la disponibilidad de las laptops con conexión a Internet, la denominada XO, que facilitará el acceso de alumnos de los distintos niveles educativos para adquirir conocimientos en materia de IG, desarrollar habilidades para el manejo de distintas herramientas relacionadas con los visualizadores de mapas, utilizar como fuente de información para sus trabajos de clases una herramienta que contribuirá al desarrollo de su competencia digital, etc.

En este trabajo en primer lugar se presenta una breve definición de "recurso educativo TIC". En segundo lugar se presenta la experiencia de difusión de las IDE en el contexto educativo desarrollada en el marco del proyecto: "Formación e-learning para el profesorado de la Educación Secundaria Obligatoria para utilizar las IDE como recurso educativo" con la participación del Instituto Geográfico Nacional de España y el Laboratorio de Tecnologías de la Información Geográfica (LatinGEO) de la Universidad Politécnica de

Madrid. En tercer lugar se hace mención a la experiencia con el equipo docente del Portal Ceibal, que se encuentra en proceso, y que ha permitido intercambiar experiencias y conocimientos en materia de IDE y en el desarrollo de contenidos. En último lugar se presentan unas breves conclusiones.

## 2. IDE COMO UN RECURSO EDUCATIVO TIC

La utilización de la IDE en el contexto educativo, requiere la constitución de la misma en uno de los elementos que intervienen en proceso de enseñanza-aprendizaje. Este proceso involucra:

- al que guía el proceso, el docente
- al que aprende, el estudiante
- que es lo que se quiere enseñar, los contenidos
- cómo y con qué se enseñarán esos contenidos, los medios/recursos que al otorgarle una intencionalidad educativa se transforman en recursos educativos.

En este proceso las IDE podrían ser uno de los recursos educativos para abordar contenidos relacionados con la información geográfica, sin embargo, al tratarse de un recurso educativo muy relacionado con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), resulta necesario explicitar dicha relación en un concepto más amplio: "recurso educativo TIC".

Por lo tanto, considerando:

- un recurso educativo es cualquier medio se transforma en un recurso educativo si se le otorga una intencionalidad educativa. (Gallego, 2002)
- TIC incluye entrada, almacenamiento, recuperación, procesamiento, transmisión y difusión electrónica de la información (TESE Eurydic, 2006)
- "... las TIC deben considerarse un medio, y no un fin en sí mismas" (Naciones Unidas, 2003).

Tomando en cuenta, la sinonimia entre medio y recurso, si las TIC se utilizan con una intencionalidad educativa, se entenderá por "recurso educativo TIC" a cualquier medio que se utiliza con una intencionalidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje para alcanzar un objetivo educativo, que involucre algún elemento, servicio o aplicación electrónica para adquirir, procesar, acceder y difundir distintos tipos de información. En este contexto, se puede afirmar que las IDE responden a las características de un recurso educativo TIC y su utilización en el contexto educativo ofrece diversas posibilidades para enseñar un contenido y alcanzar determinados objetivos en materias que abordan temáticas relacionadas con la información geográfica o espacial.

## 3. EXPERIENCIA DE DIFUSIÓN DE LAS IDE AL CONTEXTO EDUCATIVO

La utilización de las IDE como un recurso educativo TIC en los distintos niveles educativos requiere una formación previa del profesorado en materia de IDE y ofrecer propuestas didácticas que sirvan de ejemplo de cómo se podrían utilizar las IDE para abordar contenidos relacionados con información geográfica. En este contexto y con el fin de dar respuesta al profesorado se ha desarrollado el proyecto denominado: "Formación e-learning para el profesorado de la Educación Secundaria Obligatoria para utilizar las IDE como recurso educativo" en el marco de un trabajo conjunto entre el Instituto Geográfico Nacional de España y el Laboratorio de Tecnologías de la Información Geográfica (LatinGEO <http://www.latingeo.es>) la Universidad Politécnica de Madrid. El proyecto representó la primera propuesta en España relacionada con difusión de las IDE en el contexto educativo, concretamente en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO).

### 1. Objetivos

Se plantearon los siguientes objetivos que guiaron el proyecto y que finalizó con el desarrollo de la primera edición de los cursos e-learning:

- Diseñar y desarrollar cursos e-learning para el profesorado de la ESO con el fin de difundir las IDE en el ámbito educativo.
- Ofrecer al profesorado propuestas didácticas para utilizar las IDE como recurso educativo TIC en las materias de la ESO que abordan contenidos relacionados con la Información Geográfica y las TIC.
- Evaluar y analizar los resultados de la implementación de los cursos recogiendo una primera visión y opinión del profesorado de la ESO respecto a la utilización de la IDE como un recurso educativo TIC.

### 2. Metodología

El proyecto se desarrolló a partir del Modelo de Diseño Instruccional ADDIE (McGriff, 2000) que comprende cinco fases: Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación. El carácter genérico y suficientemente flexible del Modelo permitió realizar las modificaciones necesarias en función de las necesidades específicas del contexto de aplicación.

A continuación se realiza un breve resumen de las fases para ofrecer una visión general del proyecto:

- **Fase de Análisis:** Caracterización del contexto de aplicación, Educación Secundaria Obligatoria, tanto desde el punto de vista de la legislación como de los recursos educativos (libros de texto, recursos TIC, webgrafía, etc.) que se utilizan en las materias objeto de interés para el proyecto: Ciencias

Sociales, Ciencias de la Naturaleza y Tecnología. También se estableció contacto con diversas instituciones de educación secundaria.

- **Fase de Diseño:** Planteo de las estrategias para dar paso a la fase de desarrollo, selección del modelo de enseñanza-aprendizaje de los cursos con la selección de posibles propuestas didácticas (búsqueda del tesoro, Webquest, etc.) y selección de contenidos conceptuales sobre los cuales desarrollar las propuestas didácticas.
- **Fase de Desarrollo:** Desarrollo de los contenidos teórico-prácticos, del guión instruccional y la imagen visual para cada curso. Se realizó el diseño gráfico de los cursos. Finalmente se crearon los paquetes de contenidos basados en las especificaciones SCORM 1.2 para ser implementados en el Sistema de Gestión del Aprendizaje MOODLE.

Como resultado de esta fase se obtuvieron tres cursos de 10 horas cada uno para las siguientes asignaturas: Ciencias Sociales, Ciencias de la Naturaleza y Tecnología. Los cursos están compuestos por: a) Una lección teórica común de "Introducción a las IDE" de 2 horas de duración. b) Propuestas didácticas específicas para cada asignatura en las que abordan contenidos utilizando las IDE como recurso educativo TIC.

- **Fase de Implementación:** Se implementaron los cursos en el Aula Virtual eduGEO (<http://138.100.62.244>) y se impartió la primera edición de los mismos bajo la modalidad educativa e-learning, contando con la participación de profesores de educación secundaria de España y diversos países de Latinoamérica.
- **Fase de Evaluación:** Durante el dictado del curso se han desarrollado distintas encuestas y se ha obtenido una primera aproximación a la opinión del profesorado de la ESO respecto a las posibilidades que ofrecen las IDE como un recurso educativo TIC para utilizar en el aula.

### 3. Resultados

La metodología utilizada para la puesta en práctica de los cursos de formación para el profesorado de la ESO ha permitido adquirir experiencia en el Modelo de Diseño Instruccional ADDIE que dado su carácter flexible resultó apropiado para el logro de los objetivos planteados.

En general los resultados obtenidos en los cursos han sido satisfactorios. Los participantes han manifestado el interés en las IDE y han destacado el carácter innovador de este recurso educativo TIC con grandes posibilidades para abordar contenidos relacionados con información geográfica y TIC. Sin embargo, esto podrá llevarse a la práctica si se cubren las necesidades de formación en materia de IDE manifestada por el 90% de los profesores que han participado en los cursos.

Las lecciones aprendidas en esta primera edición de los cursos permitirán realizar

ajustes para futuras actividades de formación en materia de IDE orientadas a los distintos niveles educativos.

## 4. EXPERIENCIA CON EL EQUIPO DOCENTE DEL PORTAL CEIBAL

La participación de las maestras del Portal Ceibal en la primera edición de los cursos e-learning que se desarrolló en el marco del proyecto citado en el apartado anterior ha permitido establecer contacto para compartir experiencias y realizar futuros trabajos de colaboración que contribuyan a la difusión de las IDE en distintos niveles educativos. El proyecto desarrollado en el marco de un Convenio de Colaboración entre el Instituto Geográfico Nacional de España y la Universidad Politécnica de Madrid se orienta específicamente a la Educación Secundaria Obligatoria, en el trabajo de colaboración con el equipo docente del Portal Ceibal se pretende compartir esta experiencia y realizar propuestas didácticas para ver las posibilidades que ofrece una de las herramientas de la IDE: el visualizador de mapas para abordar contenidos relacionados con información geográfica o espacial en la escuela primaria. Se considera este nivel educativo por la disponibilidad de los laptops con conexión a Internet, la denominada XO, que facilitará el acceso al visualizador de mapas de la futura IDE de Uruguay.

Al momento de realizar este trabajo (agosto 2010) no se encuentra disponible el visualizador de Mapas de la IDE de Uruguay por lo que se ha utilizado para realizar las primeras propuestas didácticas la cartografía oficial de Uruguay disponible en el visualizador del Servicio Geográfico Militar (<http://200.40.169.190:8080/imag/map.phtml>). En este visualizador se encuentran disponibles distintas capas de información que dado su carácter general estarán disponibles en la futura IDE de Uruguay, como por ejemplo límites administrativos, hidrografía, transporte, centros poblados, etc. Estas capas ofrecen una fuente de información cartográfica que puede ser utilizada en el aula para abordar diversos contenidos que requieren buscar y localizar lugares y elementos geográficos. Esto complementa el trabajo o en algunos casos se reemplazan los mapas analógicos por mapas digitales, acercando a los alumnos nuevas herramientas TIC que contribuyen al desarrollo de la competencia digital. Por lo tanto, la utilización del visualizador de mapas con una intencionalidad educativa lo convierte en un recurso educativo TIC con diversas posibilidades que el docente aprovechará de acuerdo a la edad, necesidades, características e intereses de su grupo de alumnos.

### 1. Objetivos

- Diseñar y desarrollar propuestas didácticas utilizando la cartografía digital disponible en Uruguay que servirán de referencia para el desarrollo de nuevas propuestas utilizando la futura IDE del país.
- Intercambiar experiencias y conocimientos en materia de IDE y en el desarrollo de contenidos educativos orientados a distintos niveles educativos.

## 2. Metodología

Para el trabajo con el equipo de contenidistas del Portal Ceibal se ha tomado como referencia el Modelo de Diseño Instruccional ADDIE, destacando que el resultado final no serán cursos e-learning sino propuestas didácticas orientadas a los alumnos y docentes. Sin embargo, considerando el carácter genérico y suficientemente flexible del Modelo ADDIE, las fases del mismo se adaptan al proceso que implica el desarrollo de las propuestas didácticas.

En esta primera experiencia se han desarrollado las tres primeras fases, que se describen brevemente a continuación:

- **Fase de Análisis:** Se ha realizado una revisión del Programa de Educación Inicial y Primaria, año 2008 de la Administración Nacional de Educación Pública-Consejo de Educación Primaria para identificar los contenidos relacionados con información geográfica o espacial correspondientes a las Áreas del conocimiento de la Naturaleza y Social.

Se evaluaron los recursos disponibles para abordar algunos de los contenidos seleccionados, especialmente la cartografía oficial de Uruguay disponible en el visualizador del Servicio Geográfico Militar.

Se comprobó que los recursos seleccionados se visualizarán correctamente en las laptops XO.

- **Fase de Diseño:** En esta fase se utilizaron los resultados de la fase de Análisis y se plantaron las estrategias que daría para continuar desarrollando la propuesta didáctica, entre ellas la selección de la herramienta de autor eXeLearning, una herramienta que presenta un entorno de edición especialmente diseñado para facilitar la creación de contenidos educativos.
- **Fase de Desarrollo:** En esta fase se desarrollaron los contenidos teórico-prácticos de la propuesta didáctica orientada a los dos perfiles de usuarios: docentes y alumnos.

## 3. Ejemplos de propuestas didácticas

A continuación se presentan algunos ejemplos resumidos de las propuestas didácticas en los que se utiliza la información geográfica disponible en diversos sitios web y en especial en el visualizador de mapas del Servicio Geográfico del Ejército.

Considerando las características del visualizador se sugiere realizar un trabajo previo con los alumnos de exploración para que se familiaricen con los elementos básicos de este tipo de aplicación (mapa, barra de herramientas, escalas, etc.) junto con el árbol que permite gestionar las capas de información y la pestaña que muestra la leyenda de las capas que componen el mapa. Si bien, los elementos que se encuentran en el visualizador de mapas pueden ser excesivos y resultar complejos para alumnos de nivel

primario se sugiere comenzar utilizando los más comunes: zoom para acercar y alejar, visualización completa y mover. Las otras herramientas se irán incorporando a medida que se necesiten, pero seguramente los alumnos en sus múltiples exploraciones descubrirán sus funcionalidades, probando o accediendo a la información que se ofrece a través del ícono "Ayuda".

### Propuesta didáctica N° 1:

**Área del conocimiento:** Geografía

**Grado:** Segundo

**Contenido:** Las representaciones espaciales convencionales: el mapa

**Observación:** Los alumnos de segundo grado se encuentran en el estadio de desarrollo preoperatorio según Jean Piaget y sólo poseen una idea concreta del espacio. Se ubican respecto al entorno inmediato que le rodea, sus puntos de referencia son cosas conocidas como tiendas, árboles y utiliza adelante, atrás, arriba y abajo.

**Propuesta:** Considerando el estadio de desarrollo en que se encuentran los niños abordar este contenido utilizando el visualizador de mapas sólo debe ser una actividad exploratoria y de juego, posterior al trabajo o contacto con mapas en formato analógico.

Se propone imprimir el mapa que se encuentra disponible en el visualizador y que los alumnos puedan ver los dos formatos

También se puede visualizar la leyenda para trabajar otro de los contenidos del programa: El lenguaje cartográfico: códigos de color de acuerdo a la temática representada.

### Propuesta didáctica N° 2:

**Área del conocimiento:** Geografía

**Grado:** Segundo

**Contenido:** Las redes de transporte entre los departamentos y su influencia en la actividades humanas (mapas de rutas)

**Propuesta:** Activando las capas de Límites administrativos y Transporte los alumnos pueden observar la distribución de las vías de comunicación e identificar las zonas de mayor concentración. Debe ser una actividad sencilla considerando la edad de los alumnos que se limitará a explorar el mapa utilizando las herramientas de zoom y mover.



Figura 1: Capas activas: Límites administrativos y transporte  
Visualizador de mapas del Servicio Geográfico Militar

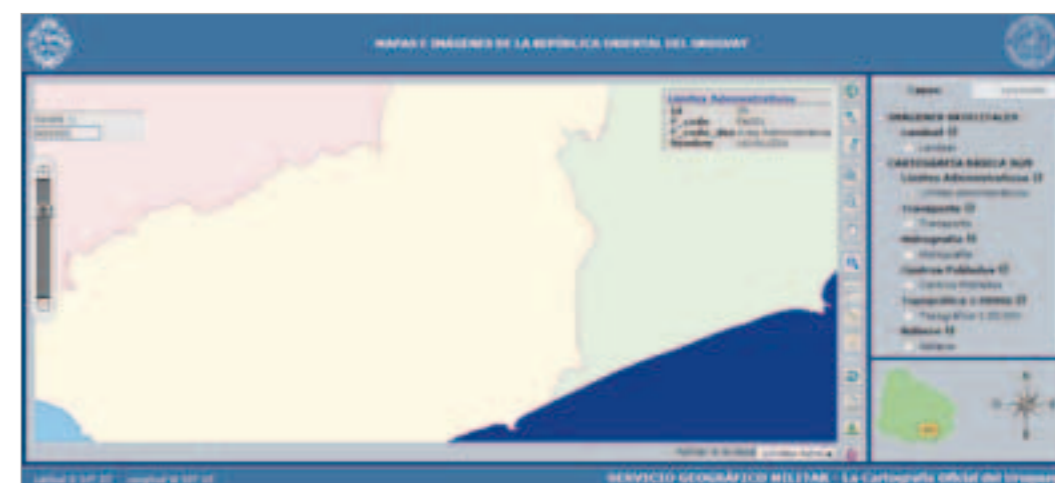


Figura 2: Capa activa: Límites administrativos  
Visualizador de mapas del Servicio Geográfico Militar

### Propuesta didáctica N° 3:

**Área del conocimiento:** Geografía

**Grado:** Tercer grado

**Contenido:** El lenguaje cartográfico de los mapas y el globo terráqueo: los símbolos, los puntos cardinales y las referencias.  
El Uruguay a través de la cartografía. Los límites departamentales y nacionales.

**Propuesta:** La disponibilidad en el servidor de mapas del “Mapa de referencia” que muestra la porción de cartografía que se está visualizando en cada momento en el mapa principal y la inclusión de los puntos cardinales resulta una herramienta interesante para trabajar los contenidos mencionados. Los alumnos utilizando las herramientas de zoom (acercar y alejar) podrán visualizar una zona administrativa determinada complementar con la información que aporta el “Mapa de referencia” y los puntos cardinales.

Utilizar la herramienta “Auto Identify”; hacer clic sobre el mapa para identificar la zona administrativa y se abrirá un cuadro con la información

### Propuesta didáctica N° 4:

**Área del conocimiento:** Geografía

**Grado:** Cuarto grado

**Contenidos:** Otras representaciones espaciales: imágenes satelitales.

**Propuesta:** Activar la capa correspondiente a Imágenes de satélite Landsat disponible en el visualizador de mapas del Servicio Geográfico Militar. Obtener información de la imagen haciendo clic sobre el icono que se encuentra junto al nombre de la capa que abrirá una ventana con los metadatos correspondientes.

### Propuesta didáctica N° 5:

**Área del conocimiento:** Geografía

**Grado:** Quinto grado

**Contenidos:** La información en los diferentes mapas.

**Propuesta:** Realizar un mapa colaborativo para identificar espacios geográficos a nivel departamental que sean propicios para la instalación de un parque eólico. Identificar las condiciones geográficas y climáticas necesarias para la instalación de parques eólicos utilizando como fuente de información las capas de información correspondientes a límites administrativos, topografía y relieve disponible en el visualizador de mapas de Servicio Geográfico Militar. Completar con información



del Mapa Eólico del Uruguay.

Utilizar la herramienta "Añadir un punto de interés" para identificar el/los espacios propicios para la instalación del parque eólico. Una vez finalizado el mapa, utilizar las herramientas correspondientes para "Imprimir el mapa" o "Descargar"

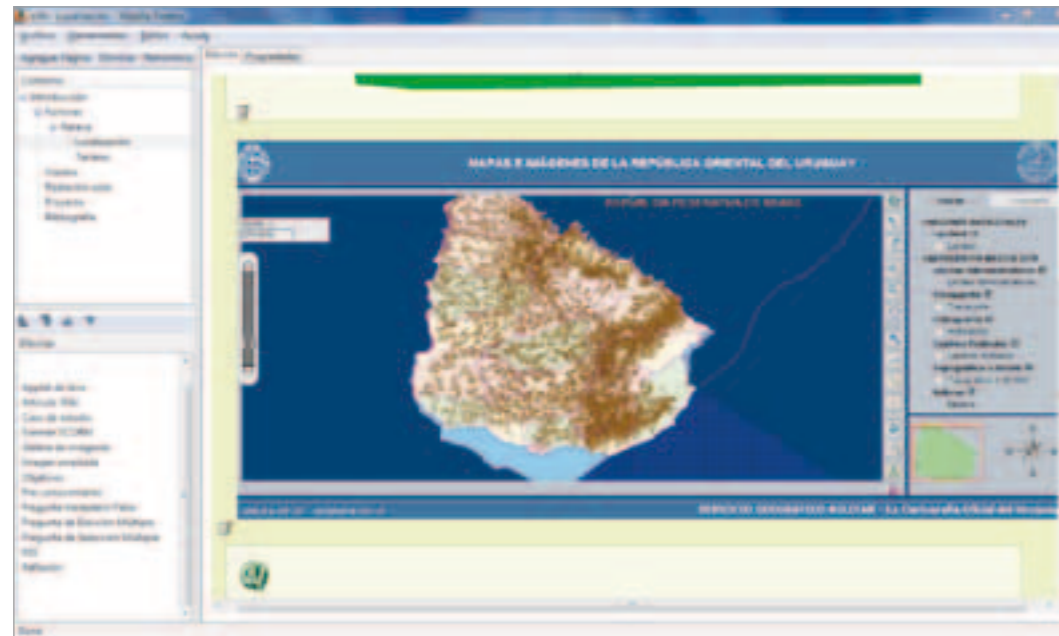


Figura 3: Vista previa de la propuesta didáctica utilizando la herramienta de autor eXeLearning

## 5. CONCLUSIONES

Se ha realizado una breve aproximación al concepto de "recurso educativo TIC" para asignar a las IDE un papel en el proceso de enseñanza-aprendizaje, representando el medio/recurso que responde al cómo y con qué se pueden enseñar los contenidos relacionados con la información geográfica o espacial.

La experiencia de difusión de las IDE en el contexto educativo desarrollada a partir del desarrollo de cursos e-learning para el profesorado de la Educación Secundaria Obligatoria ha servido de referencia para ampliar la difusión de las IDE a otros niveles educativos. Por otra parte, los resultados obtenidos en la primera edición de los cursos e-learning han confirmado el desconocimiento del profesorado de las IDE así como la necesidad de formación para poder utilizarla como un recurso educativo TIC que consideran innovador para abordar los contenidos relacionados con información geográfica.

La experiencia con las docentes del Portal Ceibal representa el inicio de un trabajo de colaboración que nos permitirá un enriquecimiento mutuo. Se destaca la posibilidad de

difundir y adquirir experiencia en la Educación Primaria introduciendo una herramienta tecnológica que puede ser utilizada como fuente de información geográfica y complemento de otros recursos educativos menos complejos y más accesibles. Se continuará trabajando en el desarrollo de propuestas didácticas utilizando en un principio el visualizador de mapas del Servicio Geográfico Militar, propuestas que servirán de referencia para utilizar en el futuro visualizador de mapas de la IDE de Uruguay. Las propuestas didácticas se pondrán en práctica con el fin de recoger la opinión de los docentes, evaluando y analizando las ventajas y desventajas que ofrece la utilización de este recurso educativo TIC.

En síntesis, la puesta en marcha de estrategias de difusión de la IDE de Uruguay en el contexto educativo permitirá a los alumnos acceder a información geográfica actualizada para que aprendan de las IDE y con las IDE.

## INTEGRACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES AL GOBIERNO ELECTRÓNICO, CREACIÓN DE UN ESPACIO PARTICIPATIVO PARA EL AMBIENTE

Virginia Fernández  
virginia.fernandez@dinama.gub.uy

Silvina Lizardi  
silvina.lizardi@dinama.gub.uy

Yuri Resnichenko  
yuri.resnichenko@dinama.gub.uy

Rosina Segui  
rosina.segui@dinama.gub.uy

**Departamento Sistema de Información Ambiental  
(Dirección Nacional de Medio Ambiente,  
Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente)**

### RESUMEN

A nivel global la temática ambiental se ha transformado en uno de los principales asuntos de nuestros tiempos. Esta creciente valoración ha hecho necesario la incorporación de nuevos datos y estudios a los diferentes análisis provenientes de las más diversas disciplinas y organismos. En este sentido la información ambiental se ha vuelto cada vez más compleja, diversa y fuente esencial en la toma de decisiones tanto de gobiernos, empresas y ciudadanos.

Por otro lado, durante los últimos años en Uruguay se están realizando significativos esfuerzos en el proceso de informatización de la sociedad. La iniciativa de promover la aplicación y uso de tecnología en los organismos del Estado, con el fin de mejorar el acceso a la información, trámites y servicios ofrecidos a los ciudadanos, así como aumentar la eficiencia de la gestión pública e incrementar sustantivamente la transparencia y participación de la ciudadanía, son los principales conceptos asociados al Gobierno Electrónico que son llevados adelante por los diferentes organismos liderados por la Agencia para el Desarrollo del Gobierno de Gestión Electrónica y la Sociedad de la Información y del Conocimiento.

Existen en el país diversas entidades gubernamentales que directa o indirectamente, producen, manejan o utilizan información ambiental. Por tal motivo se hace necesario generar un mecanismo que permita la racionalización de los recursos procurando la coordinación entre los organismos y de esta forma evitar la duplicación de esfuerzos.

En este contexto en el año 2007 la Dirección Nacional de Medio Ambiente crea el Departamento Sistema de Información Ambiental con el objetivo de brindar información ambiental fidedigna, oportuna y utilizable tanto para decisores, técnicos y público en general y así contribuir a una gestión ambiental eficiente y sostenible del territorio nacional. Estas ideas están bajo el marco de las normativas legales existentes de acceso a la información en las cuales se establece que toda persona física o jurídica tiene derecho a solicitar, acceder y recibir información de cualquier órgano perteneciente a la administración pública. Para ello se han creado una serie de herramientas informáticas de acceso público de forma remota y sin restricciones.

El Sistema Nacional Ambiental está diseñado como una red de integración tecnológica, institucional y humana, liderada por la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA / MVOTMA), donde se hacen disponibles el conjunto de bases de datos (estadísticos, cartográficos, gráficos, documentales, etc.) abocadas a recopilar, organizar y difundir la información sobre el ambiente y los recursos naturales del país, las cuales son el resultado de los aportes del conjunto de organismos vinculados a la temática. En este desarrollo se han establecido un conjunto de protocolos y estándares que permiten el intercambio de datos entre aplicaciones, los llamados geoservicios web, con diferentes instituciones nacionales y extranjeras. Una particular preocupación ha sido la incorporación de la dimensión geográfica como un elemento imprescindible para el análisis. Asimismo se han generado para cada capa los metadatos correspondiente a los efectos de brindar la mayor transparencia sobre la información.

Actualmente el sistema se proyecta con alcance nacional (Sistema Nacional de Información Ambiental - SISNIA) integrando información de otros organismos, teniendo como prioridad constituir con la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial y con la Dirección Nacional de Saneamiento y Aguas un primer jalón que permita sustentar una gestión ambiental responsable y asumir los roles participativos individuales y colectivos en la misma.

**Palabras clave:** Gobierno Electrónico – geoservicios - ambiente

### INTRODUCCIÓN

La temática ambiental ha sido un importante motor en el desarrollo de los procesos de inclusión de la variable espacial y actualización de los datos. Se estima que entre el 80 y 90 % de toda la información que utilizan los decisores tienen atributos geospaciales (González Garciandía, Julia et al., 2008). La necesidad de implementar la IDE que permita acceder, usar, integrar y estandarizar la información geográfica para el monitoreo del estado del ambiente, en su concepción más comprensiva, se ha hecho indispensable.

En la Conferencia de las Naciones Unidas para el Ambiente y el Desarrollo, llevada a cabo 1992, los países participantes acordaron adoptar un enfoque de desarrollo que protegiera el medio ambiente, mientras se aseguraba el desarrollo económico y social. En esa instancia fue valorada como crítica la información geográfica en relación con la toma de decisiones y el tratamiento de cuestiones nacionales de creciente importancia,

regionales y globales. Luego en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en Johannesburgo, Sudáfrica en 2003, se demostraron las capacidades, las ventajas, y las posibilidades del uso de la información geográfica digital para lograr un desarrollo sostenible (Cookbook, 2004).

En esta evolución se pueden considerar, una primera etapa relacionada con la utilización del mapa, una segunda en el uso de los Sistemas de Información Geográfica de escritorio, y posteriormente los corporativos, y una tercera en el desarrollo de las Infraestructura de Datos Espaciales. Este avance estuvo concatenado con los cambios de paradigmas que surgieron entorno a información geográfica. Un ejemplo del impulso que produjo la temática ambiental a estas transformaciones es sin duda el caso europeo. En el año 2001, impulsado por la Dirección General de Medio Ambiente, la Agencia Europea Eurostat, y el Instituto para el Medio Ambiente y la Sostenibilidad, a través de su Centro de Investigación Común (JRC) pusieron en marcha la iniciativa INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe). Por medio de esta actuación se procuraba lograr una coherencia y fiabilidad de la información espacial, independientemente de los límites administrativos de los países, encaminado a mejorar la gestión del territorio.

Problemáticas como la pérdida de diversidad biológica, la contaminación de las aguas terrestres y marinas y la degradación del suelo son sólo algunos ejemplos en los que los encargados de tomar decisiones pueden beneficiarse de esta información junto con las infraestructuras asociadas, o sea, la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) que sustentan el descubrimiento, acceso y uso de esta información en el proceso de decisión (Cookbook, 2004).

En Uruguay la información ambiental habitualmente está dispersa en numerosos organismos, con diferentes niveles de detalle y necesidad de actualización. También existen relevamientos de los mismos datos realizados por distintas instituciones lo que implica un gasto reiterado en cuanto los esfuerzos del propio Estado. Esta situación genera vacíos, o falta de concordancia de la información de base necesaria para los procesos de toma de decisiones. Además se observa una brecha entre las instituciones en cuanto a su desarrollo tecnológico para la disponibilidad y gestión de la información. A este panorama se le suma el poco desarrollo de la información georreferenciada.

Este trabajo expone los resultados obtenidos desde la creación del Sistema de Información Ambiental, que cuenta entre sus propósitos revertir esta situación, y los aportes que el mismo puede realizar a una Infraestructura de Datos Espaciales, tanto nacional como local.

## MARCO INSTITUCIONAL

En nuestro país existen diversas entidades gubernamentales que directa o indirectamente, producen, manejan o utilizan información ambiental. Por tal motivo se hace necesario generar un mecanismo que permita la racionalización de los recursos permitiendo la coordinación entre los organismos y de esta forma evitar la duplicación de esfuerzos. Dicha información deberá ser confiable, accesible y oportuna para la toma de decisiones la cual

permita contribuir a una gestión ambiental eficiente y sostenible del territorio nacional.

En este sentido, en el año 2007, la Dirección Nacional de Medio Ambiente, del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, crea el Departamento de Sistema de Información Ambiental con el fin de mejorar en la cantidad y calidad de la información ambiental. En este contexto se propone desarrollar medios de difusión de la información geográfica a partir del establecimiento de estrategias de distribución mediante visores y servicios OGC para poner a disposición del ciudadano la Información Geográfica Ambiental gestionada por la administración pública a través de geoservicios. No menos importante es la meta de automatizar la digitalización de la gestión burocrática de solicitud de permisos y registros, así como información ambiental asociada agilizando los procedimientos y los plazos de entrega (Figura 1).

El Sistema Nacional de Información Ambiental está conformado por una red de integración tecnológica, institucional y humana, liderada por la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA / MVOTMA), donde se disponibilizan el conjunto de bases de datos y aplicaciones (estadísticos, cartográficos, gráficos, documentales, etc.) abocadas a recopilar, organizar y difundir la información sobre el ambiente y los recursos naturales del país, las cuales son el resultado de los aportes del conjunto de organismos vinculados a la temática. Este sistema está guiado por una política de transparencia que se plantea la más amplia democratización y difusión de la información ambiental.

El desarrollo del SIA se basa en un marco de cooperación, intercambio y divulgación científico-técnico entre productores y usuarios de la información ambiental, sean estos provenientes de entidades públicas o privadas, a nivel local, regional o nacional. La visión programada para el SIA implica un ingreso amigable y extendido a la información ambiental a través de un portal. Para ello existen una serie de herramientas para facilitar el manejo y análisis de la información a los efectos de lograr una mejor calidad y utilización de la misma. Esto incluye el acceso a datos sin procesar, a información elaborada, indicadores, publicación de informes y normas, publicación de mapas y metadatos, entre otros módulos. Con tal fin se visualiza al sistema de manera que permita tener una arquitectura en tres capas, distribuida con nodos periféricos conectados a un nodo central.

Los objetivos que se plantea este sistema son:

- Unir los esfuerzos de productores y usuarios apoyando la generación de nueva información ambiental de calidad
- Disponer de información ambiental fidedigna, oportuna y utilizable
- Dar acceso a la información ambiental a los diferentes actores de la sociedad contribuyendo a la participación pública en diferentes instancias
- Facilitar la gestión ambiental fortaleciendo las capacidades nacionales y locales para la toma de decisión
- Desarrollar y aplicar indicadores que permitan conocer el estado del ambiente así como realizar el seguimiento de desempeño de los ecosistemas

- Proveer anualmente y en forma automática la información para la elaboración del Informe Nacional del estado del Ambiente (Ley N°17.283: Ley General de Protección del Medio Ambiente. Artículo 12 - Informe ambiental anual).

El sistema consta de un grupo de subsistemas interrelacionados, siendo los principales componentes (Figura 2):

- el Subsistema Evaluación de Calidad Ambiental registra datos del monitoreo referente a 3 matrices: agua, aire y suelo para evaluar la calidad de estas dimensiones ambientales para ser utilizados en la consulta técnica y para generar indicadores para la sociedad en general
- el subsistema evaluación de impacto ambiental, control y desempeño de emprendimientos es un módulo de gestión del ingreso de nuevos proyectos de desarrollo y emprendimientos industriales. Su finalidad es mejorar los procesos de evaluación de impacto ambiental, autorizaciones y permisos ambientales permitiendo realizar el seguimiento de los mismos en las diferentes etapas del procedimiento.
- un subsistema de áreas protegidas compuesto por una base de datos que posee información referente a las mismas y otras de potencial interés para la conservación. Su finalidad es aumentar la capacidad técnica para coleccionar, obtener y manejar la información sobre las áreas a conservar, planes de manejo, recursos humanos relacionados al área. A su vez permitirá obtener una imagen más clara de los sitios, por parte de todos los integrantes del sistema, constituyéndose en una herramienta de ayuda a la consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

Los 3 subsistemas mencionados y otros se integran a través de bases relacionales y por el subsistema de información geográfica que cuenta un Módulo Servidor de Mapas cuya finalidad es poner información espacial al alcance de los técnicos de DINAMA para apoyo a la toma de decisiones y mejora de la gestión ambiental, así como a los ciudadanos y empresas que lo necesiten. Asimismo se utiliza como plataforma para integrar webmapping en el sitio oficial de la institución y otros sitios de proyectos ambientales. Este desarrollo está acompañado del Módulo Metadatos geográficos que hace accesible la documentación geográfica en forma estructurada y organizada, de modo que contribuya a localizar la información espacial mediante una búsqueda rápida, eficiente y dando conocimiento de las características más importantes del producto cartográfico para su mejor uso.

En el informe elaborado por el Subgrupo Infraestructura de Datos Espaciales (2006) se define a la infraestructura de datos espaciales de Uruguay como una iniciativa que reúne acuerdos políticos, relacionamiento de organizaciones, recursos humanos, tecnologías, datos y servicios estandarizados que permiten el acceso e intercambio a diferentes niveles de uso de información geográfica. Para ello son de particular importancia dentro de la IDE los datos, metadatos y servicios, conceptos concordantes con los criterios que se han establecido dentro del Sistema de Información Ambiental por lo cual se entiende a éste como un nodo importante dentro del esquema de la IDE.

## EL ACCESO A LA INFORMACIÓN Y EL GOBIERNO ELECTRÓNICO

Considerando que la Dirección Nacional de Medio Ambiente tiene como misión el “lograr una adecuada protección del ambiente propiciando el desarrollo sostenible a través de la generación y aplicación de instrumentos orientados a una mejora de la calidad de vida de la población y la conservación y uso ambientalmente responsable de los ecosistemas, coordinando la gestión ambiental de las entidades públicas y articulando con los distintos actores sociales”, el Sistema de Información Ambiental se implementa para contribuir al mismo mediante el desarrollo de un sistema de información integral para distintos tipos de usuarios, promover la mejora de la gestión de la DINAMA a todos niveles, el intercambio de información por medios remotos a otras instituciones y la participación ciudadana. En este sentido los cometidos del SIA se pueden sintetizar de la siguiente manera: proporcionar una línea de base fidedigna para sustentar una gestión ambiental responsable, robustecer la fundamentación para el establecimiento de políticas públicas ambientales saludables y permitir a los ciudadanos, empresas y organizaciones a adaptarse al cambio ambiental y asumir los roles participativos individuales y colectivos en la gestión ambiental. Bajo estos términos el que la información esté disponible para los ciudadanos no sólo es un derecho, sino también es base esencial para el conocimiento y la toma de decisiones más responsables.

Es así que ciudadanos y las empresas pasan a tener un rol medular en el sistema, dejando de ser actores pasivos para transformarse en elemento activo del mismo. El Sistema de Información Ambiental incorpora el nuevo paradigma que propone el Gobierno Electrónico buscando mejorar las formas de relación: G2C (Government to Citizen), G2B (Government to Business), G2E (Government to Employee) y G2G (Government to Government). Así los formularios de carga en línea para solicitud de permisos ambientales y presentación de resultados de monitoreo exigidos, como el seguimiento de los expedientes de casos de estudio y almacenamiento de evaluaciones internas, consultas de los técnicos del organismo y de la comunidad son considerados en los desarrollos. Estos se conjugan de tal manera que potencian las capacidades de los gobiernos para el planeamiento, mejora y evaluación de la gestión pública sino que también sirven para acercar al usuario a la toma de decisiones.

Es en este punto donde la representación e intercambio de datos cobra importancia, y el manejo de estándares en la producción y disponibilización de la información ambiental es fundamental. En particular, y en lo que se refiere a la información geográfica (tanto la básica como la temática) el desarrollo de la Dirección Nacional de Medio Ambiente ha hecho un esfuerzo para lograr consistencia en el sistema y poder incluir el ingreso de información de diferentes fuentes en forma automatizada. Actualmente la mayoría de la información es factible de ser georreferenciada, esta situación plantea un escenario tan novedoso como exigente, pero sin duda presenta una nueva herramienta de comunicación que facilita la interacción con el ciudadano.

Mediante la creación de este tipo de servicios se apoya la transición de una sociedad productiva a una intelectualmente creativa e innovadora (Carrasquilla, 2003), brindándole herramientas para procurar encontrar una solución a sus problemas con elaboraciones propias.

Un caso de este necesario empoderamiento por parte del ciudadano es lo referido a la información ambiental, muy particularmente la que tiene su representación espacial. Con la disponibilidad de información oportuna y fiable el ciudadano más alejado de los centros de decisión posee herramientas para controlar y hacer los reclamos que entienda oportuno.

### TECNOLOGÍAS EMPLEADAS Y DATOS DISPONIBLES

La Dirección Nacional de Medio Ambiente utiliza una plataforma de gestión de sistemas basados en Software Libre y formatos abiertos basada en el ahorro en materia de licencias y en la neutralidad tecnológica necesaria que no induzca a los usuarios al manejo de software propietario para conectarse con la organización. El uso de estos estándares abiertos garantiza la interoperabilidad, es decir, permite el intercambio de información con independencia del software utilizado. La definición del empleo de estas tecnologías también apuesta al desarrollo de las capacidades del equipo técnico que integra el Departamento de Sistema de Información Ambiental. Por otro lado esta política está acompañada por el desarrollo de medidas de seguridad aplicadas a partir de una auditoría externa.

Focalizando el punto en la gestión de la información geográfica se han implementado diversas posibilidades tanto para usuarios comunes como expertos. En el primer caso se implementaron visualizadores de mapas temáticos (playas, ecosistemas, áreas protegidas) y un visualizador de mapas general que permite a través del sitio web observar rápidamente la información disponible, siendo posible descargar los archivos cuando se trata de información generada por la institución o con permiso de los autores. Este trabajo se basó en la instalación de un entorno de desarrollo MapServer como servidor de mapas y como marco de visualización p.mapper. El visualizador significa un importante aporte en la divulgación de la información espacial lo que representa una nueva etapa en la disponibilidad de la información geográfica. Esta nueva forma no sólo implica un abaratamiento de costos, actualización de los datos, sino también es un disparador del control de la calidad. Al ser un producto que se presenta en forma visualmente atractiva y con facilidad para el manejo interactivo, lo transforman en un elemento idóneo para todo tipo de usuarios, por lo cual se convierte en una herramienta para la difusión a un gran público. El visualizador se transforma en un elemento integrador de información espacial, donde se conjugan datos ambientales y humanos del territorio, un claro hito tecnológico en cuanto a la gestión de la información geográfica (Figura 3).

Asimismo se han implementado geoservicios web para que usuarios expertos puedan acceder a la información. Estos dan la posibilidad de disponibilizar datos y también de consumirlos desde terminales remotas de otras instituciones. Para ello se han establecido un conjunto de protocolos y estándares que permiten el intercambio de estos datos entre diferentes instituciones nacionales y extranjeras. Por medio de este tipo de interconexiones se ha logrado no sólo racionalizar los recursos y los datos sino también que las actualizaciones de las capas sean más fidedignas ya que recaen sobre la institución responsable que genera la información.

Para definir los servicios de mapas a establecer se consideraron las recomendaciones realizadas por el Open Geospatial Consortium (OGC) quien se encarga de definir estándares libres e interoperables para el desarrollo de aplicaciones SIG. Actualmente se tiene disponible el servicio de publicación de mapas (WMS, Web Map Service) el cual genera mapas de forma dinámica a partir de información geográfica vectorial o raster presentando la información como imágenes digitales las cuales pueden ser visualizadas en pantalla.

Un elemento de particular significancia al momento de exponer la información fue el generar los metadatos para cada una de las capas de información que se publican. Los metadatos son descripciones estructuradas de la información que permiten tener un conocimiento más completo sobre los diferentes mapas; así se puede conocer las características de las capas (temas) al contener información estandarizada que documentan los datos geográficos mediante un conjunto de términos comunes. Esta documentación permite hacer búsquedas en dicha estructura, publicar características fundamentales, realizar un análisis en cada capa de información y además realizar un “harvesting” de la información. Estos atributos son fundamentales para el uso de los datos con un amplio grado de confianza, además brinda la posibilidad de obtener los archivos shape y otros datos accesorios (por ejemplo, informes). Para hacer disponible esta información a quien lo requiera se utilizó como software GeoNetwork, aplicación de catálogo de metadatos geográficos basado en entorno web desarrollado en código abierto. Este permite crear el metadato bajo la norma ISO 19115 e ISO 19139 (“ISO/TS 19139 - Geographic Information-Metadata -XML schema implementation”) especificación técnica que desarrolla una implementación en XML del modelo de metadatos descrito por ISO 19115.

Es de destacar que dentro del visualizador de mapas se han realizado desarrollos relevantes para el acopio de información fundamental para la institución. Entre estos se pueden señalar la conexión directa con bases de datos de tal manera que la inclusión de la información en el visualizador así como cambios en el estado de los datos sea automático (es el caso de emprendimientos bajo evaluación de impacto ambiental industrias, áreas protegidas, balneabilidad de playas). Esta característica hace que la información cuando es ingresada a la base de datos por parte de las empresas o técnicos encargados, ese mismo dato es actualizado automáticamente en el visualizador. Otra herramienta implementada y disponible permite realizar la transformación de coordenadas entre el sistema local (ROU-USAMS) a los globales (UTM y Geográficas); este desarrollo tuvo como objetivo dar respuesta a la necesidad que tienen los consultores y técnicos externos a la DINAMA que aún manejan el sistema ROU-USAMS (sistema que se utilizó por más de medio siglo en Uruguay pero que ya está en desuso). De esta forma que pueden obtener la información en parámetros internacionales e incorporarla en los formularios para obtener los permisos ambientales.

Actualmente el visualizador de mapas contiene numerosas capas de información desplegadas por categorías con las cuales se puede interactuar; algunas de actualización automática, vinculadas a bases de datos y otras correspondientes a shapefiles. Entre las que se pueden acceder y descargar vale mencionar las diferentes clasificaciones de ecosistemas del Uruguay, realizadas por diversos autores, las áreas protegidas (elaborada por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas) y Cobertura de la Tierra (realizado en el marco del Proyecto conjunto: “Desarrollo de instrumentos para el monitoreo ambiental

y territorial” Componente 1: “Generación, actualización y potenciación de bases de datos correspondientes a la Infraestructura de Datos Espaciales” Subcomponente “Mapa de Cobertura de la Tierra según sistema LCCS” que involucró a diferentes reparticiones del Estado). Existe también otro tipo de datos, elaborados por la DINAMA, con los cuales se puede interactuar directamente en el visualizador. Este caso involucra información sobre industrias y calidad de agua. También se han puesto a disposición otro tipo de información generada por otras instituciones, como por ejemplo, datos del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, Instituto Nacional de Estadística, Dirección Nacional de Hidrografía. Por otro lado se han establecido geoservicios web con instituciones nacionales (Servicio Geográfico Militar) y extranjeras (National Aeronautics and Space Administration).

### PERSPECTIVAS DE DESARROLLO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL

El Sistema de Información Ambiental con la integración de estas nuevas herramientas abre un abanico de posibilidades de desarrollo que le permiten a la institución mejorar la gestión y apoyar la participación de los ciudadanos y las empresas. En este contexto se pretende continuar incorporando capas de información, tanto estáticas como dinámicas, mejorar y ampliar las herramientas de búsqueda, consulta y descarga, de forma de contribuir al objetivo fundamental de hacer accesible al público la información ambiental. La incorporación se hará bajo niveles de calidad del dato, tanto temática como espacial, así como los metadatos respectivos. Asimismo se seguirán implementando nuevos geoservicios web y se aumentará el intercambiando de información bajo protocolos con otras instituciones nacionales e internacionales.

Dentro de las perspectivas institucionales el sistema se está proyectando para integrar información de otros organismos, teniendo como prioridad constituir con la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial y con la Dirección Nacional de Saneamiento y Aguas el Sistema Nacional de Información Ambiental (SISNIA). La construcción del SISNIA conlleva un conjunto de actividades que ya se han iniciado por las 3 direcciones nacionales (DINAMA, DINASA y DINOT), en lo un primer núcleo de integración de la información del agua, ambiente y territorio del organismo ministerial (Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente). Por medio de una serie de proyectos de corte transversal ha sido posible comenzar a desarrollar la integración de información. Se reconoce en este avance la vinculación con un grupo de instituciones y proyectos a forma de acuerdos o a través de conexiones físicas y virtuales. Este tipo de interacción con bancos de datos y sistemas externos, mejorará y profundizará la capacidad de evaluación y planificación.

La visión proyectada para el sistema implica el desarrollo de un nuevo portal web con un ingreso amigable y personalizado para usuarios internos y para la sociedad en general. El mismo busca cumplir con los Principios y Líneas Estratégicas para el Gobierno Electrónico en Red, (Decreto 232/010) igualdad, transparencia, accesibilidad eficiencia y eficacia, cooperación e integralidad y de neutralidad tecnológica así como con alinearse a la normativa de transparencia activa (Decreto 484/009) establecida especialmente en lo referente a la información estadística y sobre los mecanismo de participación ciudadana.

En su alcance la iniciativa puede considerarse como la creación de un sistema federado, una colección de sistemas de bases de datos cooperativos y autónomos. En este sistema los usuarios tendrán acceso a los datos de los distintos sistemas a través de una interfaz común y bajo un modelo de interoperabilidad con datos catalogados y descritos de una manera eficaz mediante metadatos y tomando como modelo de referencia la Norma Internacional ISO19100 para la información espacial. De esta manera se busca cumplir con “El incremento y el fortalecimiento de la cooperación internacional en materia ambiental promoviendo la elaboración de criterios ambientales comunes” (Ley Nº17.283, Capítulo II ítem G). Se encausa hacia una concepción de interoperabilidad como un proceso encaminado a que los procedimientos, los sistemas y la propia cultura de una organización sean tratados de modo que se maximicen las oportunidades de intercambiar y reutilizar la información (Manso et al., 2008; Longhorn, 2008; Miller, 2000).

Las acciones emprendidas por el Departamento de Sistema de Información Ambiental se enmarcan y progresan en un proceso de colaboración institucional mediante acuerdos y protocolos el cual procura brindar al ciudadano común datos e informaciones de manera sencilla para su utilización y comprensión. Al mismo tiempo esta es una herramienta apta para que planificadores relacionados a temas ambientales y territoriales puedan acceder a información útil para sus tareas. Sus acciones se orientan acorde a lo dispuesto por la normativa vigente que instalan conceptos como “La gestión ambiental debe basarse en un adecuado manejo de la información ambiental, con la finalidad de asegurar su disponibilidad y accesibilidad por parte de cualquier interesado” de Ley Nº17.283: Ley General de Protección del Medio Ambiente así como aquellas que refieren al Derecho de acceso a la información pública (Ley Nº 18.381) y de Protección de datos personales y acción de “habeas data” (Ley18331) atendiendo al derecho a la protección de datos personales como inherente a la persona humana (artículo 72 de la Constitución de la República).

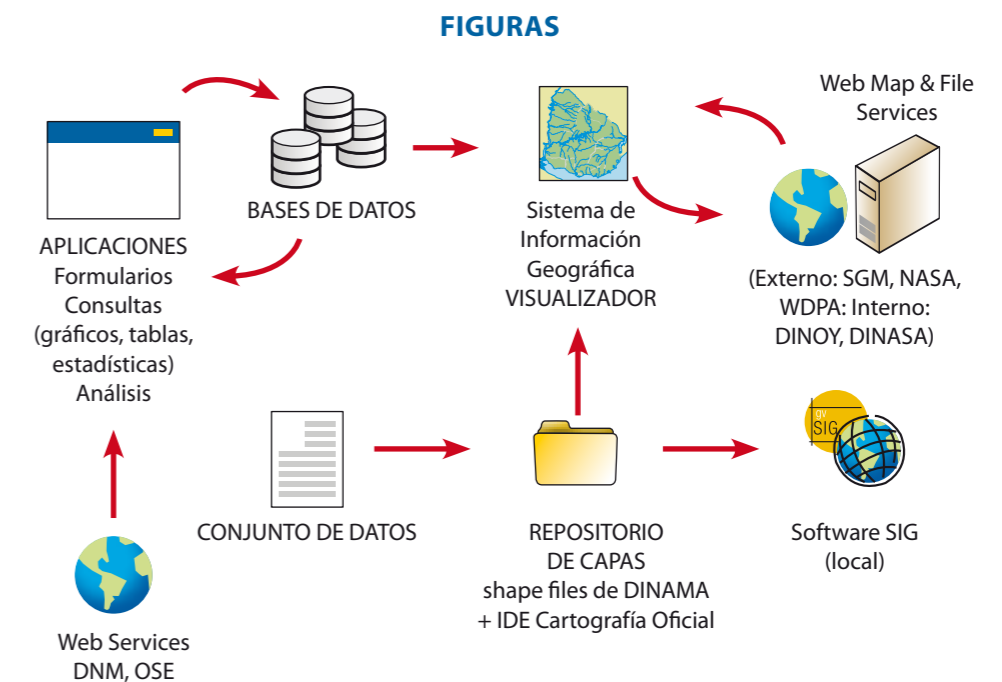


Figura 1. Integración y principales demandas del sistema de información

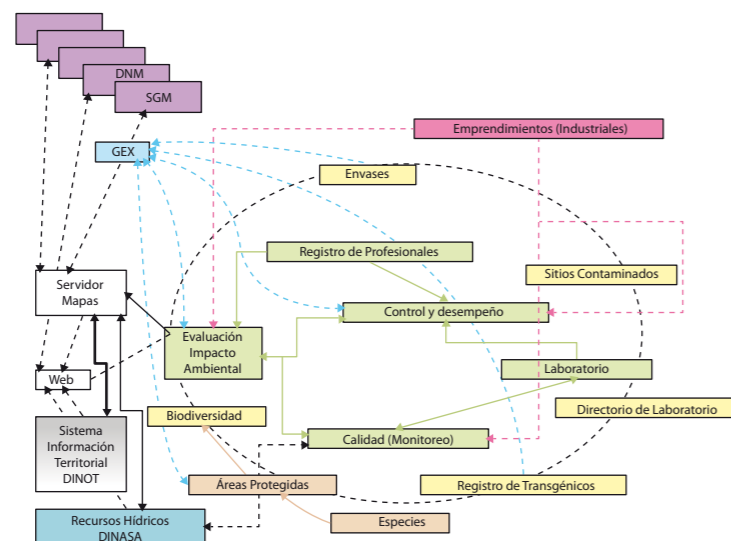
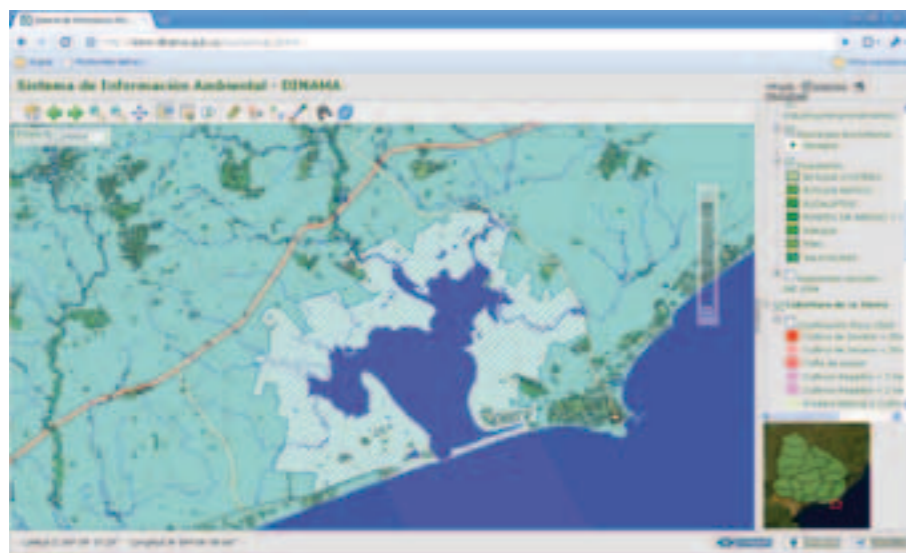


Figura 2



Visualización de la información geográfica

## BIBLIOGRAFÍA

**Carrasquilla, Octavio** (2003). La Infraestructura Panameña de Datos Espaciales como mecanismo de apoyo a las decisiones para la zonificación, planificación, prevención y mitigación de desastres naturales. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cursouni/OCinfrpan.pdf>. Accedido el 03/08/2010.

El **recetario de IDE** (Infraestructura de Datos Espaciales) Traducción al español del "The SDI Cookbook" Versión 2.0 (año 2004) Editada en inglés por Douglas D. Nebert, Presidente del Grupo de Trabajo Técnico GSDI: <http://www.gsdi.org/>

**González Garcandía, Julia et al.** (2008) Iniciativas para la implementación de la infraestructura de datos espaciales del sistema nacional de monitoreo ambiental en Cuba. Institución: Instituto de Geografía Tropical.

**Longhorn, R.** (2008). Burning Issue. [http://www.geoconnexion.com/burning\\_issue\\_int.php](http://www.geoconnexion.com/burning_issue_int.php).

**Manso, M.A., Wachowicz, M., Bernabé, MA., Sánchez, A. y Rodríguez A.F.** (2008) Modelo de Interoperabilidad basado en Metadatos (MIBM) <http://www.orzancongres.com/ideart/037.pdf>

**Miller, P.** (2000) Interoperability. What is it and why should I want it? Ariadne Issue 24. <http://www.ariadne.ac.uk/issue24/interoperability/intro.html>

**Subgrupo de Infraestructura de Datos Espaciales** (2006). Infraestructura de Datos Espaciales para Uruguay. Disponible en: [http://www.agesic.gub.uy/innovaportal/file/784/1/informe\\_2006.pdf](http://www.agesic.gub.uy/innovaportal/file/784/1/informe_2006.pdf). Accedido el 03/08/2010.

## RESEÑA BIOGRÁFICA

### Virginia Fernández Ramos

MSc. en Sistemas de Información Geográfica y Licenciada en Geografía de la Universidad de la República. Es docente/investigadora de la Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Integrante del grupo Jefa del Departamento Sistema de Información Ambiental de la Dirección Nacional de Medio Ambiente del Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.

### Silvina Lizardi

Analista Programador y estudiante de la Licenciatura en Sistemas, Universidad ORT: Consultora en Webmapping del Departamento Sistema de Información Ambiental de la Dirección Nacional de Medio Ambiente del Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.

### Yuri Resnichenko

Magister en Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano y Licenciado en Geografía de la Universidad de la República. Es docente/investigador de la Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Consultor en Sistemas de Información Geográfica del Departamento Sistema de Información Ambiental de la Dirección Nacional de Medio Ambiente del Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.

### Rosina Seguí

Master del Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas en Ciencias Biológicas y Licenciada en Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Consultora en Gestión de la Información del Departamento Sistema de Información Ambiental de la Dirección Nacional de Medio Ambiente del Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.

## AUTENTICIDAD DE LOS DATOS EN IDEs PARA UN GOBIERNO ELECTRÓNICO SOSTENIBLE

Hacia un Servicio Electrónico  
con Validez Jurídico-Administrativa para el Ciudadano

Lic. Ma. Victoria Alvarez  
valvarez@adinet.com.uy

Laboratorio LatinGEO - Facultad de Ingeniería - Universidad ORT

### RESUMEN

La formulación de una IDE representa serios desafíos, siendo varios los aspectos que deben tenerse en cuenta para su creación. Uno de los factores que podrá determinar su éxito o fracaso es la usabilidad de los datos geográficos que brinda. Además de la calidad (exactitud, integridad y completitud) del dato, se debe considerar la autenticidad como elemento importante a garantizar en una transmisión vía Internet.

Es imprescindible, en esta sociedad en plena edad de la información, brindar servicios electrónicos con validez jurídico-administrativa para los ciudadanos, conformando bases sólidas para la evolución del gobierno electrónico en el país.

A efectos administrativos, se hace patente la necesidad de que la información geográfica presentada en las IDE (datos, metadatos y servicios) cuente con idéntica validez administrativa que la misma documentación en su soporte papel original, garantizando un servicio electrónico al ciudadano también en el campo de la información geográfica oficial.

Desde el punto de vista tecnológico, el desafío es la creación de un método tal que permita certificar la autenticidad de los datos geográficos, de forma que sea posible emitir certificados digitales basados en esa información. Las posibilidades son ilimitadas, pero por mencionar algunos ejemplos, sería viable la emisión vía Web de certificados de Direcciones, de Afectaciones Prediales, de Información Parcelaria, etc.

Existen tecnologías aplicadas en otras áreas de la información con este fin, que podrían explorarse y adecuarse al caso específico de la información geográfica vectorial. Este trabajo plantea el abordaje de técnicas de marcado de agua y firma digital como líneas de investigación en la búsqueda de solución tecnológica que permita encontrar un mecanismo adecuado para el aseguramiento de la autenticidad de la geoinformación. Palabras clave: autenticidad, servicio electrónico, IDE, marca de agua, firma digital.

### INTRODUCCIÓN

Las IDE posibilitan que los consumidores de información geográfica puedan localizar y acceder a la información, pero en la aplicación práctica y en el empleo habitual de la geoinformación en el ámbito de las IDE, surgen nuevos retos para atender las demandas de una sociedad en plena edad de la información y de una distancia cada vez menor entre ciudadanos y gobiernos.

En este sentido se hace evidente la necesidad de que la información geográfica presentada en las IDE tenga la misma validez jurídico-administrativa que los documentos en soporte papel.

Esto tendrá gran repercusión a la hora de gestionar cualquier trámite ante la Administración, en el que sea preciso incorporar diversa documentación gráfica de una localización concreta pero procedente de distintas fuentes o administraciones públicas. Lograrlo supondrá un paso adelante hacia la popularización de las IDE en la ciudadanía, precisamente por su alta funcionalidad en la resolución de trámites administrativos y jurídicos, contribuyendo al desarrollo del gobierno electrónico.

En países que hoy tienden a desarrollar, ampliar y/o profundizar el concepto de gobierno electrónico, el costo de gestionar el intercambio de datos vectoriales por parte de los organismos oficiales responsables de éstos, es un aspecto importante a tener en cuenta. Mediante un proceso automatizado y debidamente administrado de publicación en redes públicas como Internet, con todas las garantías necesarias de autenticidad y propiedad, estos costos pueden reducirse en tiempo, dinero y esfuerzo, logrando simultáneamente que los datos estén disponibles para sus consumidores finales de forma prácticamente inmediata.

El aseguramiento de la autenticidad de los datos brindados por una IDE permitiría la emisión a través de Internet, de certificados relacionados con información geográfica. Las posibilidades son muchas, algunos casos de aplicación podrían ser los siguientes:

#### 1. Certificado de direcciones.

En nuestro país, las Intendencias departamentales son los organismos encargados de adjudicar y mantener los datos de las direcciones oficiales de las ciudades. Esta información es de interés de empresas y ciudadanos.

##### a) EMPRESAS

Las empresas proveedoras de servicios básicos a la comunidad: energía eléctrica, agua corriente, telefonía, etc., deben acceder a listas de direcciones válidas para la adjudicación de éstos.

Normalmente requieren el listado de direcciones georreferenciadas para alimentar sus propios sistemas y procesar la ubicación de sus clientes. La vía para obtenerlos es,



generalmente, a través de archivos electrónicos en medios físicos, directamente en la oficina que actúa de fuente. Esto garantiza la validez y el origen de los datos, pero resulta muy lento y podría perder vigencia en forma rápida dependiendo de la dinámica de cambios en sus valores.

## b) CIUDADANOS

Los ciudadanos también consumen estos datos directamente, por ejemplo al requerir certificados de dirección válida para realizar trámites ante otros organismos públicos o privados. El acceso a ellos implica poner en práctica mecanismos burocráticos y administrativos que suelen tardar varios días en resolverse, incluso sin tener en cuenta posibles urgencias.

Un método que permita asegurar la autenticidad de las entidades geométricas que representan esta información, tanto para el caso del archivo completo, como para un determinado objeto geográfico habilitaría la posibilidad de gestionar “certificados de dirección” válidos vía Web.

### 2. Mercado inmobiliario: Inversión segura.

Para edificar sobre una parcela debe contarse (entre otros requisitos) con el permiso oficial de construcción, emitido por la oficina de Contralor de Edificaciones de la localidad, que revisará si las obras propuestas se ajustan a las normas de ordenamiento territorial vigentes en el lugar (factores de uso del suelo, retiros exigidos, altura máxima permitida, etc.) y particularmente en la propia parcela.

Dichas normas son de gran interés para inversores locales y extranjeros, dado que, antes de instalarse en un lugar, deben asegurarse que les será permitido realizar las edificaciones que su emprendimiento requiera (instalación de plantas de producción, torres comerciales, edificios de vivienda, etc.).

Son también de gran interés en el mercado inmobiliario que gira en torno a la compra-venta de tierras, tanto sea para emprendimientos financieros como para viviendas particulares, que también se rigen por estas normas.

La reglamentación del ordenamiento territorial, puede consultarse personalmente en la oficina que se encarga de su reglamentación, y generalmente, también a través de servicios Web. Tal es el caso de Montevideo, donde los datos de ordenamiento se organizan y se muestran integrados a la información parcelaria en el sitio de información geográfica del Ayuntamiento.

En el presente la impresión de la consulta Web carece de validez jurídico-administrativa, debido a la imposibilidad de probar su autenticidad, por lo que no representa garantía para el inversor.

La emisión de un “Certificado de Información Territorial” de la parcela mediante redes

públicas como Internet, pero utilizando algún método que asegure la autenticidad del mismo, permitiría garantizar a los posibles compradores que la información consultada es verdadera y no surgirán problemas en posteriores trámites de edificación, brindando protección ante posibles maniobras fraudulentas y favoreciendo el clima de confianza del mercado inmobiliario.

Un método que permita asegurar la autenticidad del objeto geográfico en particular, que es de interés para el inversor, habilitaría la posibilidad de garantizar la información que necesita.

### 3. Responsabilidad legal sobre los datos (contratación de seguros).

La responsabilidad sobre la veracidad de la información que se brinda en una IDE, y en los SIG en general, es un tema que preocupa e interesa tanto a productores como usuarios de información geográfica (IG), dado que su uso está fuertemente vinculado a la toma de decisiones.

La existencia de errores y la falta de exactitud podrían resultar en decisiones equivocadas con efectos negativos para los interesados, causando daños económicos o de otra índole. ¿Quién es responsable por estos daños?

Pensemos, por ejemplo, en servicios de transporte de carga o de pasajeros, que deben llegar a un cierto punto de partida donde se encuentra la carga y recorrer un camino hasta cierto punto de llegada donde deben dejarla. En general estas empresas cuentan (o podrían contar) con un servicio que les permite indicar a los conductores de sus móviles la forma de llegar acertadamente a las ubicaciones donde deben dirigirse.

Estos servicios son alimentados con información obtenida de los propios productores, y pueden, o bien ser actualizados periódicamente mediante la carga de los archivos completos, o bien conseguirla mediante conexión a servicios WMS, consultados por cada ubicación en forma específica. Esto último permite manejar información siempre actualizada, lo que haría más eficiente el servicio.

Que un móvil no llegara al lugar donde debe retirar un paquete, que debe ser entregado con urgencia, podría ocasionar serios inconvenientes. Más grave aún sería el caso de un servicio de emergencia médico móvil, donde la vida de personas puede depender no sólo de la exactitud sino de la velocidad de respuesta. Un error en la información geográfica que sirve de guía a la ambulancia podría dirigir al equipo médico a un sitio equivocado, no llegando a brindar asistencia médica por completo o bien no permitiendo hacerlo en los tiempos requeridos.

Ante una demanda penal por incumplimiento sería muy difícil determinar la responsabilidad. ¿Es de la empresa que brinda el servicio? ¿Es de la empresa que desarrolló el servicio de localización? ¿Es del proveedor de la información geográfica? Dada la eventualidad de posibles demandas, podría ser de interés de cualquiera de estas empresas, la contratación de una póliza a compañías aseguradoras. El error o inexactitud de la información podría ser asegurado, de la misma forma que se asegura que un

vehículo puede tener un fallo mecánico. Pero las aseguradoras podrían/deberían exigir además alguna forma probatoria de la autenticidad de la información que manejan, aspecto que es crucial para deslindar responsabilidades.

Un método que permita garantizar la autenticidad de objetos geométricos haría factible la oferta de seguros que favorecerían la actividad empresarial del ramo, reduciendo los riesgos de pérdidas económicas por demandas y generando niveles de confianza adecuados en los proveedores de información.

#### 4. Certificado de Afectación Predial

El concepto de afectación predial define la condición impuesta a determinados predios por condiciones derivadas del Ordenamiento Territorial, ya sea por el deber que tiene el Estado de garantizar el derecho a la vida (predios con riegos de inundación, deslizamiento, etc.) o en cumplimiento de la función pública del Urbanismo.

Las afectaciones pueden restringir la posibilidad construir en el predio total o parcialmente e incluso determinar la susceptibilidad de expropiación del mismo para convertirlo en bien público.

Tanto para las transacciones de compra-venta de terrenos como para la gestión de permisos de construcción es necesario presentar el certificado expedido por la oficina de Regulación Territorial, en el que se aclara si el predio está libre de afectaciones o en su defecto cuál es el tipo de afectación que sobrelleva.

Los permisos de construcción se emiten sólo luego de comprobar que los planos de obra presentados respetan las cotas y geometrías impuestas por la afectación vigente en el terreno.

En Montevideo, aunque esta información está disponible para su consulta a través de Internet, en el sitio de Información Geográfica de la Intendencia, y es accedida por Arquitectos, Agrimensores, Inmobiliarias y la ciudadanía en general, para conocer las condiciones de los predios, previo a cualquier gestión, el Certificado debe tramitarse personalmente.

Los trámites citados anteriormente representan un alto volumen de trabajo del Ayuntamiento, que sería aliviado por la emisión de un Certificado de Afectación Digital, pero la imposibilidad de comprobar su autenticidad impide adoptar esta solución que redundaría en un sensible ahorro de recursos por parte de la Administración y la desogestión de oficinas de atención al público permitiendo mejorar la calidad de la misma.

#### POSIBLES ABORDAJES DESDE EL PUNTO DE VISTA TECNOLÓGICO

El desafío tecnológico es la creación de un método tal que permita certificar la

autenticidad de los datos presentados en la IDE, tanto sea un archivo completo como un objeto geográfico en particular, que es de interés para el usuario.

Por autenticidad se entienden mecanismos que aseguran que el dato fue originado por quien dice, y que no ha sido alterado desde ese momento. Se refiere al hecho de prevenir la modificación del dato y asegurarse de que llegue correctamente al receptor que lo solicita. El uso amplio y efectivo de aplicaciones novedosas que hagan uso de la IDE requiere manejar documentos, certificados catastrales, etc. todos los cuales tienen una componente geográfica. La sustentabilidad de una IDE está fuertemente ligada a la posibilidad de ofrecer no sólo datos, sino también servicios con garantías sólidas a las partes para que puedan operar con seguridad.

Las tecnologías de aseguramiento de autenticidad de datos comúnmente utilizadas en comercio electrónico se basan en autenticación de usuarios y firma digital para comprobar autenticidad de archivos. Constituyen una solución completa, que incluye tanto la generación como la transmisión de la información. Pero, en el marco de la información geográfica, la autenticación de un archivo completo no sería el problema típico, puesto que se suele operar con objetos geográficos por separado. Tampoco serían útiles en aplicaciones geográficas desarrolladas para dispositivos móviles, que consultan datos únicamente de los objetos que se encuentran en una zona cercana a su ubicación.

Se debería diseñar una solución que opere a nivel de objeto geográfico, insertándole información que no afecte la posibilidad de utilizarlo, y a la vez permitiendo la comprobación de la autenticidad del mismo. Colocar alguna señal en el objeto, que pueda comprobarse al obtenerlo y se destruya o afecte cuando es modificado maliciosamente.

#### 1. Marca de agua

Una posible vía de solución podría venir de la técnica de marca de agua, que se basa en la Esteganografía, disciplina en la que se estudian prácticas que permiten el ocultamiento de mensajes u objetos, dentro de otros. Consiste, precisamente, en el agregado de información extra al dato, que sea parte indisoluble, se transmita con él y permita certificar su autenticidad. Una marca de agua puede ser visible o no y puede ser frágil o robusta dependiendo de qué tan sensible sea a las modificaciones que se produzcan sobre el dato portador de la marca. Es aplicada en la protección de propiedad intelectual de imágenes, textos, audio, video, datos geográficos, etc. y en algún caso también en la verificación de autenticidad de los mismos.

Para las aplicaciones geográficas de control de autenticidad la marca debe contar con las siguientes características: invisible; que no degrade el objeto; que sea frágil (lo que quiere decir que la alteración del dato la destruye), que aumente su tamaño en una proporción razonable, que sobreviva a los cambios legítimos de formato, etc. La marca de agua frágil sería como una función HASH : cualquier modificación del objeto, ya sea por un ataque malicioso o por edición del usuario que la descargó debería removerla, indicando que ya no es el original.

Es interesante notar, que en el caso de las aplicaciones de aseguramiento de la propiedad del dato (control de piratería), la demanda sería otra, una marca robusta, idealmente imposible de destruir o modificar, tanto por un ataque malicioso como por las operaciones comunes de transformación de formato, cambio de sistema de coordenadas, edición de objetos, etc.

Con fines de control de autenticidad se debería insertar al objeto original una marca (quizá el resultado del HASH corriente) que pueda extraerse y usarse para comprobar la geometría y atributos del objeto.

Para la generación de una marca de agua se deben aplicar al objeto original, mediante cierto algoritmo, una marca (el resultado de la función HASH) y una clave (la función HASH) que permita, una vez obtenido el archivo, detectarla, extraerla y comprobar su exactitud. En las Figuras 1 y 2 se ilustra el proceso de generación y extracción de la marca de agua digital.

Mediante el uso de técnicas de marca de agua y un adecuado protocolo, es decir procedimientos estándar, que tanto el proveedor como el consumidor de IG, deben seguir para proteger sus intereses, se podría lograr el aseguramiento de la autenticidad de los datos espaciales.

## 2. Firma digital

La firma digital hace referencia, en la transmisión de datos a través de servicios Web, a un método criptográfico que asocia la identidad de un proveedor (persona, equipo, servidor), al archivo o dato que se transmite. Se basa en la Criptografía, ciencia que estudia técnicas de cifrado y descifrado de datos mediante procedimientos especiales y es empleada frecuentemente, tanto para garantizar el secreto en la comunicación entre dos entidades, como para asegurar que el dato que se envía no fue modificado en su tránsito (es auténtico).

La base tecnológica de la firma digital se fundamenta en el uso de algoritmos de criptografía asimétrica. Éstos, a diferencia de los algoritmos de cifrado simétrico, en los que la información se cifra y descifra con la misma clave, basan su funcionamiento en un par de claves usualmente llamadas clave pública y clave privada, con la característica de que la información cifrada con una clave, sólo puede descifrarse con la otra del mismo par. Ambas claves son matemáticamente dependientes entre sí, pero no es posible inferir la clave privada a partir de la pública (Tipton y Krause, 2007).

Si se desea enviar información confidencial a un usuario, se le enviará la información cifrada con su clave pública, de tal forma que sólo ese usuario, que posee la clave privada correspondiente, podrá descifrar la información. Por otra parte, si un usuario envía información cifrada con su clave privada, al descifrarla con su clave pública (acción que puede realizar cualquiera que conozca dicha clave), puede asegurarse que ha sido ese usuario quien envió la información, ya que sólo él posee la clave privada (Figura 3). Todo esto es lo que está implementado en los conocidos protocolos Secure Socket Layer (SSL) utilizados rutinariamente para la comunicación segura.

El uso de esta técnica, muy común en el comercio electrónico, introduce el problema denominado "trust management", que se refiere a la consideración acerca de cómo estar seguro de que la clave pública que se usa, realmente pertenece al destinatario correcto y no se es víctima de una situación de un ataque de "hombre-en-el-medio" (un tercero envía su clave pública, engañando al emisor y situándose en medio de la comunicación sin ser advertido). En las aplicaciones de comercio electrónico esto se soluciona mediante el uso de certificados digitales, emitidos por Autoridades Certificadoras, que confirman la identidad. Para su gestión se implementan Infraestructuras de Clave Pública (Public Key Infrastructure, PKI).

La solución que se está buscando para su aplicación en relación a la IG, podrá o no requerir de los servicios de PKI.

<sup>1</sup> Las funciones HASH sirven para garantizar la integridad y autenticidad de los datos. Se trata de un algoritmo matemático que al ser aplicado sobre los datos originales tiene como resultado un valor único, si los datos son modificados, la aplicación del algoritmo HASH obtendrá un resultado diferente, evidenciando que fueron cambiados (Schneier, 1996).

## ESTADO DEL ARTE DEL ASEGURAMIENTO DE LA AUTENTICIDAD EN IG

Los datos espaciales pueden ser representados en formatos raster o vectorial, con o sin atributos, y la tecnología a aplicar para garantizar la autenticidad de cada tipo será diferente debido a que un archivo de imagen y una base de datos son estructuralmente muy distintos.

Para el caso de las imágenes raster existen diversos estudios y soluciones propuestas (Wang et al. 2009, Lin et al. 2005, Barni et al. 2000, Li et al. 2003, Fridrich et al. 2000), mayormente basadas en técnicas de marca de agua digital. Sin perjuicio de estos ejemplos, la abrumadora mayoría de los trabajos con imágenes están orientados a marcas de agua robustas para control de piratería.

También es poca la atención que se ha dedicado al caso de los datos vectoriales, y al presente no existen certificados digitales, marcas de agua u otros métodos desarrollados para el aseguramiento de autenticidad (McGlamery, 2001), aún siendo éste uno de los requerimientos para lograr una IDE sostenible (Tóth, 2006).

Existen sin embargo, algunos trabajos en referencia a la protección contra la piratería de mapas digitales, en los que se presentan métodos, también basados en marcas de agua digital robustas, como ser: Pun-Cheng y Li (2008), Bazin et al. (2007), Pitas y Solachidis (2004), López (2002), Ohbuchi et al. (2002). Aunque esos algoritmos utilizan marcas de agua robustas (resistentes a la edición del archivo, lo cual es una característica justamente contraria a la que se necesita en este caso), podrían ser un buen punto de partida como se sugiere en López (2005).

Algunas características particulares de esta investigación, que deben ser tenidas en

cuenta y pueden aumentar la complejidad del estudio son: lograr un método aplicable a nivel de objeto geográfico (además de al archivo) y evitar el crecimiento excesivo del peso de la información a transmitirse.

Otro aspecto a investigar es el de los protocolos de aplicación. Por ello se entiende la secuencia explícita de pasos requerida para lograr finalmente un resultado con validez jurídica. Como se señala en la literatura de piratería, la mera presencia de la marca de agua no permite probar con fuerza legal una infracción, salvo que en su inserción se hayan seguido protocolos adecuados (López, 2005).

### MÉTODO PARA ABORDAR EL PROBLEMA

La tecnología de Infraestructuras de Clave Pública está ampliamente extendida y su aplicación a archivos digitales para garantizar su autenticidad, así como la identidad del emisor, ha sido sólidamente desarrollada.

La dificultad de su aplicación a la información geográfica radica en que, en muchas situaciones el archivo de datos geográficos no se transmite completo, sino que sólo se consulta un objeto geográfico en particular, tal como se señala en los casos de uso descritos anteriormente.

Los accesos que se realizan, para emisión de certificados o consulta de datos, en general no involucran a la totalidad de la capa de información geográfica (o sea un archivo entero), sino que solamente se refieren a algunos pocos objetos comprendidos en una zona determinada. Si se emite un certificado relativo a una parcela, o a una dirección, es necesario garantizar la autenticidad de la poligonal que la describe, y tal vez la de algún otro objeto cercano (tramo de vía, parcelas linderas, direcciones vecinas, etc.)

El problema que aún no se ha resuelto es la certificación a nivel de objeto geográfico. La solución podría ser puramente criptográfica (ignorando las características específicas del dato geográfico) o a través de la técnica de marca de agua frágil.

Una de las ideas que aparecen como factibles es usar como base la tecnología descrita en López (2000, 2003), con un procedimiento similar al descrito posteriormente por Huber (2002). Si bien desarrollada para control de piratería, se piensa que la misma podría ser extendida para insertar información invisible a nivel de objeto. La información se codifica incorporando vértices adicionales en ciertas posiciones específicas las que se determinarían usando un conjunto de claves públicas y privadas. Se podría codificar de esa manera la firma digital, embebida en la propia poligonal y e insertar así información a nivel de los objetos geográficos sin que eso afecte su capacidad de usarlos y permitiendo establecer, en última instancia la autenticidad de los mismos. Desafortunadamente es posible que el volumen de información agregado sea considerado excesivo en algunas aplicaciones, aspecto que será evaluado. Se debe determinar además un protocolo adecuado que permita asegurar la validez jurídica de la prueba.

### CONCLUSIONES

Una IDE de avanzada debe estar en concordancia con los lineamientos tendientes al desarrollo y consolidación de un gobierno electrónico sostenible. En tal sentido debe ser capaz de brindar servicios de valor para los ciudadanos, para lo que es necesario contar con mecanismos que permitan asegurar la calidad y autenticidad de la información que se suministra.

Si bien existen problemas relacionados que han sido resueltos con tecnologías de amplia aplicación en algunos ámbitos como el comercio electrónico, en lo que respecta a servidores de mapas no se han adoptado aún. Además se constata la falta de investigación para el caso específico de los datos geográficos, con la especial consideración de que éstos pueden ser consultados a nivel de objetos y no de archivos. Las investigaciones y aportes realizados en esta área específica serán de fundamental importancia para posibilitar el desarrollo de este aspecto particular del gobierno electrónico que constituyen las IDEs.

### CUADROS, TABLAS Y GRÁFICOS

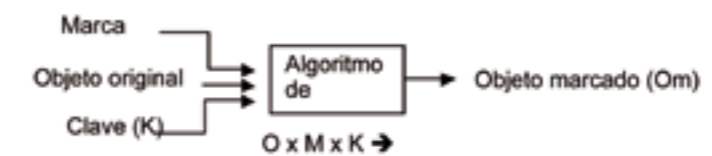


Figura 1 - Procedimiento para generar un objeto marcado



Figura 2 - Procedimiento para detectar la marca y obtener su información

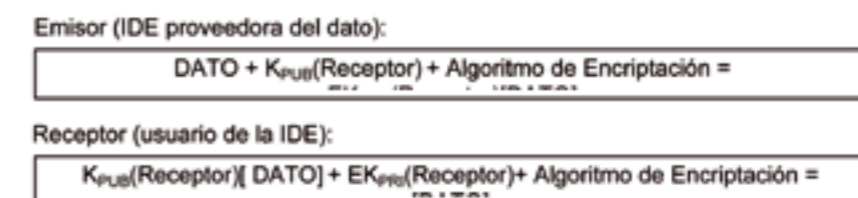


Figura 3 - Procedimiento para emisión y recepción de datos con firma digital

## BIBLIOGRAFÍA

**BARNI, M.; BARTOLINI, F.; PIVA, A.** (2000). "Digital Watermarking of Visual Data: State Of The Art And New Trends". EUPSICO 2000: European signal processing conference No10, pp. 1657-1664

**BAZIN, C.; LE BARS, J.; MADELAINE, J.** (2007). "A blind, fast and robust method for geographical data watermarking". Proceedings of the 2nd ACM Symposium on Information, Computer and Communications Security, pp. 265-272.

**FRIDRICH, J.; GOLJAN, M; BALDOZA, A.C.** (2000). "New fragile authentication watermark for images". Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing, pp. 446-449.

**HUBER, W. A.** 2002 "Gis and steganography - part 3: Vector steganography", Apr. 2002. <http://www.directionsmag.com/articles/gis-steganography-part-3-vector-steganography/124058>, 06/09/2010.

**LI, C.T.; LOU, D.C.; LIU, J.L.** (2003). "Image integrity and authenticity verification via content-based watermarks and a public key cryptosystem". Journal-Chinese Institute of Electrical Engineering.

**LIN, P.; HSIEH, C., HUANG, P.** (2005). "A hierarchical digital watermarking method for image tamper detection and recovery". Pattern Recognition, v. 38, n. 12, pp. 2519-2529

**LÓPEZ, C.** (2000). "Método para insertar datos ocultos en archivos digitales con poligonales y procedimientos de detección" Acta 26500 (Uruguay). Patente otorgada y abandonada.

**LÓPEZ, C.** (2002). "Watermarking of Digital Geospatial datasets: a review of Technical, Legal and Copyright issues", International Journal of Geographic Information Science, v. 16, n. 6, pp. 589-607.

**LÓPEZ, C.** (2003). "Method of inserting hidden data into digital archives comprising polygons and detection methods", November 2003. US Patent no. 20030208679 (abandoned).

**LÓPEZ, C.** (2005). "Algunos Requisitos Técnicos para lograr Modelos de Negocios sustentables en una IDE". Jornadas Técnicas de la Infraestructura de Datos Espaciales de España.

**MCGLAMERY, P.** (2001). "Issues of Authenticity of Spatial Data", International Journal of Special Libraries (INSPEL), v. 35, n. 2, pp. 137-144.

**OHBUCHI, R.; UEDA, H.; ENDOH, S.** (2002). "Robust Watermarking of Vector Digital Maps", IEEE International Conference on Multimedia and Expo 2002 (ICME 2002).

**PITAS, I.; SOLACHIDIS, V.** (2004). "Watermarking Polygonal Lines Using Fourier Descriptors," IEEE Computer Graphics and Applications, v. 24, n. 3, pp. 44-51.

**PUN-CHENG, L.; LI, Z.** (2008). "A Three-Tier Statistical Approach to Verifying Suspected Copying of Spatial Data". Survey Review, v. 40, n. 310, pp. 318-327.

**SCHNEIER, B.** (1996). Applied Criptography: protocols, algorithms, and source code in C. Ed.: Wiley.

**TIPTON, H; KRAUSE, M.** (2007). Information Security Management Handbook. Ed.: CRC Press.

**TÓTH, K.** (2006). "INSPIRE - First steps towards the Environmental Spatial Data Infrastructure in Europe from point of view of cartography", International conference on cartography an GIS. EC-Joint Research Centre. 6 pp.

**WANG, C.; LIN, I.; LIN, Y.** (2009). "Hiding data in spatial domain images with distortion tolerance". Computer Standards & Interfaces, v. 31, n. 2, pp. 458-464.

## RESEÑA BIOGRÁFICA

### Ma. Victoria Alvarez

Licenciada en Sistemas de Información, Universidad ORT 2004.

Actualmente cursando la Maestría de Ingeniería en Sistemas de Información Geográfica.

Analista informático del Servicio de Geomática de la Intendencia de Montevideo.

Docente de Algoritmos y Estructuras de Datos, Tutora y Correctora de proyectos de grado de la Facultad de Ingeniería de Universidad ORT.

# EVALUACIÓN DE EXACTITUD POSICIONAL HORIZONTAL Y VERTICAL DE LA CARTOGRAFÍA OFICIAL A ESCALA 1:50.000

Ing. Agrim. Rodolfo Méndez Baillo  
mendezbaillo@gmail.com

Servicio Geográfico Militar - URUGUAY

Dr. Ing. Carlos López Vázquez  
carlos.lopez@thedigitalmap.com

LatinGEO – Sede Uruguay

## RESUMEN

El territorio uruguayo está cubierto por 300 cartas a escala 1:50.000 las cuales han sido confeccionadas en distintas épocas por el Servicio Geográfico Militar (SGM) por lo que no tienen un linaje uniforme. Décadas atrás, la comprobación de la exactitud planialtimétrica de una carta, era una tarea difícil, con una complejidad comparable a la determinación de puntos de control geodésico. Por razones varias (técnicas, logísticas, etc.) ello estaba vedado prácticamente a todos los usuarios. Con el advenimiento de la tecnología de posicionamiento satelital, y siendo ésta de bajo costo para muchas aplicaciones, el hecho de auditar o controlar un documento cartográfico pasa a ser factible incluso para usuarios individuales. Esto ha puesto en la obligación técnica al productor, sin más demoras, de publicar las exactitudes que tienen las cartas, así como los metadatos correspondientes a cada documento. En el largo plazo se apunta a que la publicación de una carta determinada tenga asociada siempre el indicador de su exactitud posicional (vertical u horizontal), quedando como siempre bajo responsabilidad del usuario el uso que haga del documento.

En el marco del renovado impulso de la IDE-UY es necesario conocer bien las características de la información disponible, y en particular, la cartografía oficial. El SGM ha iniciado un proceso de evaluación de su cartografía 1:50.000 para obtener la exactitud vertical y horizontal aplicando el National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA). Para evaluar la totalidad de la cartografía se aplicarán conceptos estadísticos que permitan elegir un número representativo de láminas según los distintos linajes presentes en el Plan 1:50.000.

**Palabras clave:** exactitud planimétrica, exactitud posicional

## 1. INTRODUCCIÓN

La construcción de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) tiene como hipótesis que los datos disponibles pueden hacerse interoperables. Ello requiere una base cartográfica común, ampliamente aceptada y cuyas características técnicas sean conocidas. Entre los parámetros más significativos para asegurar la interoperabilidad puede encontrarse la exactitud planimétrica y altimétrica, especialmente si la cartografía debe utilizarse en conjunto con datos de campo de alta exactitud.

Según Atkinson (2005) no es frecuente la aplicación sistemática de medidas de exactitud por parte de productores oficiales, señalando como excepción el caso del IGN francés (que usa el estándar NMAS, descrito en Anon, 1947) y el Instituto Agustín Codazzi (colombiano) que usa una variante propia. En Uruguay no ha habido un proceso sistemático de evaluación de la exactitud, si bien existen antecedentes aislados (Barbato, 1999 y 2002; Pérez-Rodino, 2000). Parece oportuno encarar una evaluación sistemática de las series oficiales y este artículo ilustra resultados preliminares obtenidos sobre cartografía 1:50.000 en papel.

## 2. ANÁLISIS DE LOS METADATOS DE LA SERIE

Existen muchos aspectos que conforman el linaje registrado en los metadatos. En realidad, todos los procesos forman parte de los mismos, desde el procedimiento de campo, instrumental utilizado, forma de procesamiento de los datos, vuelo fotogramétrico, método de aerotriangulación, proceso cartográfico, etc.

Documentar estos datos es de vital importancia, aunque no resulta sencillo evaluar en que grado influye cada uno en la exactitud posicional del producto cartográfico. De todas formas no es razonable hablar de un error posicional de una carta sin asociarlo a los procesos que forman parte de su génesis. En relación a los métodos de aerotriangulación y ajuste, en Uruguay y en la cartografía oficial 1:50.000 se reconocen los siguientes grupos:

- Ajuste SIMBA
- Ajuste Shut
- Ajuste Zarzicky
- Apoyo modelo a modelo de gabinete y triangulación radial
- Apoyo de campo modelo a modelo y triangulación radial
- Apoyo de campo modelo a modelo total

La descripción de cada uno de ellos está por fuera de los objetivos de este trabajo por lo que se remite al lector a las referencias especializadas (por ejemplo, Deagostini, 1990). Para la caracterización de la serie será necesario seleccionar casos representativos de cada linaje. A modo de ejemplo y con fines ilustrativos se decidió evaluar la serie 1:50.000 en formato papel, tomando como representativa la carta J-28 Pando. En lo que

concierno al proceso de aerotriangulación, sus metadatos<sup>1</sup> declaran lo siguiente:

*Restituida en el año 1975 con fotografías del año 1966 a escala a 40000.  
Aerotriangulación: modelo a modelo de gabinete y triangulación radial.  
Edición: cuarta*

### 3. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO – ESTÁNDAR NSSDA

El NSSDA (FGDC, 1998) es un estándar norteamericano usado por las agencias federales de los Estados Unidos que produzcan datos cartográficos analógicos o digitales. Emplea fuentes de mayor exactitud para la comparación de posiciones, pudiendo analizar las componentes horizontal, vertical, o ambas. Como primer paso se selecciona un mínimo de 20 puntos perfectamente definidos sobre la carta y se los mide con al menos 3 veces más exactitud que el error esperado. Hay algunos autores que cuestionan el número de puntos, y afirman que el 95% de confianza puede lograrse pero tomando en el orden de 100 mediciones (Ariza y Atkinson, 2008). En todo caso se comparan las coordenadas planas de los puntos homólogos, se calcula el error medio cuadrático (RMSE), y aplicando un coeficiente se llega a un valor de la exactitud de la muestra con 95% de nivel de confianza. Para esto se asumen hipótesis de independencia, homogeneidad espacial y normalidad. Habiendo aplicado el Test, se estará en condiciones de declarar que la exactitud posicional horizontal y/o vertical tiene cierto valor con un 95% de confianza.

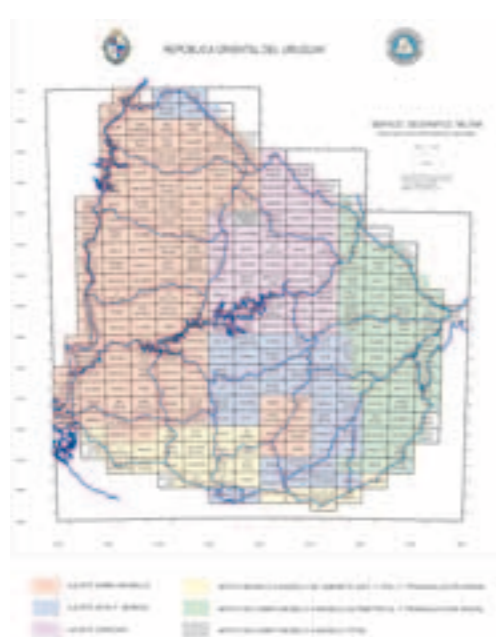


Figura 1 Disposición espacial de los diferentes métodos de aerotriangulación y ajustes utilizados para la elaboración de la cartografía clásica del SGM en papel a escala 1:50000

<sup>1</sup> - <http://servicios.sgm.gub.uy/metadatos/meta/SGM/50.000.2/gabinete.fu/J-28.htm>

Es importante aclarar que el Test no rechaza o acepta una carta; simplemente declara su exactitud y queda a cargo del usuario decidir el uso que le dará a la misma. Existen otros estándares (Anon 2002; NMAS, 1947) que tienen otras políticas.

Del mismo modo, se declara si los errores tienen una distribución normal o si hay correlación entre las X y las Y, pero en cualquier caso, es posible aplicar el test.

Contemplando las indicaciones del NSSDA, se eligieron probables zonas para realizar las mediciones. Idealmente se pensó en elegir los quiebres, codos y T de alambrados, por considerarse un punto que no trae aparejada dudas para leer sus coordenadas en la carta, e identificable en el terreno.

Surgió sin embargo el problema de que en las cartas no aparecen todos los alambrados que físicamente se aprecian en el campo. Por un lado debe ser así por una cuestión de escala, pero además existe el detalle que sobre todo en zonas pobladas, la disposición de alambrados sufre importantes cambios por fraccionamientos, expropiaciones o cualquier otra modificación predial.

### 4. MATERIALES Y MÉTODOS DE CAMPO

#### *Equipamiento a usar*

Dado el error esperado de la muestra las mediciones podrían haberse realizado, al menos para la evaluación horizontal, con simples navegadores GPS. Dado que se quería con las mismas mediciones poder evaluar la exactitud vertical, se debió recurrir a receptores topográficos y geodésicos para poder obtener la cota con una altura que permitiera controlar la carta.

#### *Trabajo de campo*

Se estimaron 2 días de campo para tomar aproximadamente 40 puntos, trabajando con 2 equipos simultáneamente. El procedimiento consistió en que cada equipo colocara receptores en mojones de la Red Geodésica Nacional y usando el método diferencial poder relacionar las medidas sobre los puntos a la misma.

Es bueno aclarar que en el momento de que se realizaron las mediciones de campo, no estaban operativas las Estaciones Permanentes, ni había suficiente experiencia para usar el método de conexión en tiempo real vía celular

#### *Dificultades en la elección de los puntos*

Las dificultades que se encontraron en el terreno, estuvieron relacionadas con encontrar codos, T de alambre, o quiebres que fueran los homólogos de los puntos elegidos en la carta. Los cambios constatados en la disposición de los alambrados agregado a que,

como se ha mencionado, no todas las líneas de alambre se representan en la carta, hicieron muy dificultosa la ubicación de ese tipo de detalles.

Se decidió entonces que salvo los puntos de alambrado de fácil acceso o de elección inequívoca, los puntos que se tomarían serían los cruces de caminos secundarios. Esto facilitó y agilizó el trabajo de campo. Se evitaron los cruces de rutas, o rutas y caminos secundarios, ya que la simbolización de la carta no hace sencillo encontrar el punto definido por el cruce de los ejes.

## 5. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO

Finalizadas las mediciones, los datos fueron procesados y se obtuvieron las coordenadas finales en coordenadas planas en el mismo sistema que utiliza la carta papel: Gauss-Krüger. A los efectos de la obtención de cotas ortométricas, se fijaron una o más alturas oficiales en mojones de las Redes Geodésicas ocupados por los receptores, se calcularon los desniveles relativos y se aplicó el modelo geoidal EGM 96. Cada punto medido en el campo, tiene su homólogo en la carta, siendo sus coordenadas leídas gráficamente en la misma.

### DetECCIÓN DE OUTLIERS

Se aplicaron algunos criterios para detectar y eliminar los errores que por considerarse faltas o errores groseros, contaminan la muestra pudiendo falsear los resultados en el cálculo de exactitud.

Para localizar posibles errores groseros se utiliza la siguiente expresión:

$$|\Delta x_i - M| / \text{med}(|\Delta x_i - M|) > 5$$

Donde M es la mediana muestral de las discrepancias entre las coordenadas entre puntos homólogos, y el denominador es la mediana de las desviaciones en valor absoluto a la mediana muestral de esas discrepancias.

### Normalidad - Test de Kolmogorov - Smirnov

El estándar requiere que las discrepancias sigan una distribución normal. Para comprobar esta segunda hipótesis se utilizará el test de Kolmogorov-Smirnov. Dicho test compara la función de distribución acumulada de los datos con la de una distribución normal, midiendo la máxima distancia entre ambas curvas. Si la máxima distancia entre las curvas (estadístico unilateral de Kolmogorov-Smirnov,  $D_n^+$ ) es superior al valor crítico del test ( $d_{n^+, \alpha}$ ) la distribución de la muestra no es normal. El test de Kolmogorov-Smirnov otorga un peso menor a las observaciones extremas.

### Correlación de errores en las coordenadas – Test de Spearman

El conocer si hay una alta correlación entre los errores en X y las Y, puede ayudar a concluir que existen errores sistemáticos, sin perjuicio que el estándar asume que no hay correlación entre ambas variables. En general ello debe confirmarse o desmentirse, aunque el estándar no especifica como hacerlo. El coeficiente de correlación de Spearman puede tomar valores entre -1 y 1 de forma que cuanto mas próximo es su valor a 0 menos correlacionadas están las variables. Si el coeficiente de correlación de Spearman toma un valor próximo a -1 las variables estarán correlacionadas negativamente y si el valor es próximo a 1 positivamente

donde  $d^2$  es cuadrado de las diferencias de los valores del 1 al n asignados a las variables ErrorX y ErrorY según su orden de mayor a menor.

## 6. RESULTADOS

De los 40 puntos disponibles se descartaron 2 medidas por considerarse outliers en relación a las coordenadas planas. Respecto de las cotas también fueron descartadas 2 medidas, aunque no son las mismas que se descartaron para la evaluación de la exactitud vertical. Según los test aplicados, se concluyó que los errores no tienen una distribución normal y no existe entre las variables X e Y una correlación que pueda dar argumentos para inferir algún sistematismo. El estándar no indica qué hacer ante la falta de normalidad, por lo que se ignoró ese requerimiento.

Tomando arbitrariamente un par de grupos de 20 puntos seleccionados de entre los 38 disponibles se aplicó el NSSDA obteniendo valores que variaron entre 85 a 105 metros exactitud horizontal. Del mismo modo fue calculada la exactitud vertical, obteniendo valores más cercanos entre sí; entre 5 y 6 metros de error. El estándar no provee directivas para dilucidar si esta variabilidad es debida al azar, o es una característica de la población de datos. Por ello se hicieron cálculos adicionales con la técnica del bootstrap (Efron, 1979). Se realizó en 20 ocasiones la selección de un punto al azar tomado del conjunto de 38 (técnica denominada muestreo con reposición). De esa forma se admite la repetición de puntos dato, lo cual no está previsto en el estándar (que pide una distancia entre puntos datos de al menos  $C/10$ , siendo C la diagonal de la ventana rectangular en la que caen los puntos dato). Con esos 20 puntos se calcula el estadístico del NSSDA, haciendo caso omiso a la distancia mínima entre puntos y a la distribución espacial (que pide un 20% del total en cada cuadrante).

Se repitió este procedimiento en 1000 ocasiones, resultando 1000 valores del estadístico NSSDA. Esa población muestra una distribución como la de la figura 2 (izquierda).

Obsérvese que no hubo eventos con menos de 70m ni más de 140m, y que la distribución luce casi normal tal como lo predice la teoría. El valor esperado está, con un 95% de confianza, en el intervalo [88,108], y la mediana en 100 m.



## 7. CONCLUSIONES

Los errores hallados y los que probablemente se encuentren en la cartografía 1:50.000, serán un indicador importante para el usuario. El mismo podrá prever si el uso de la carta es adecuado para el error que se declare, tanto en sentido vertical como horizontal.

Desde el punto de vista del productor (en este caso el SGM) es importante poder brindar sobre la base de un producto ya existente como es la carta, una mejora desde el punto de vista técnico, que incluso podría considerarse un producto cartográfico adicional. De hecho, conocer el error horizontal o vertical de una carta es un valor agregado que será apreciado por el usuario final y posiciona al productor de mejor forma. El productor se comprometerá a proporcionar los datos de exactitud ya que el propio usuario, sin formación específica en cartografía, puede controlar y verificar una posición de un mapa, con un receptor satelital de bajo costo.

No debe perderse la perspectiva de que 300 cartas que cubren el País han sido elaboradas en el correr de décadas, por lo que es esperable que no exista homogeneidad desde el punto de vista de la exactitud posicional.

La carta que ha sido evaluada presenta como ya se ha mencionado, una exactitud horizontal del orden de 100 metros y una exactitud vertical de 5 metros, siempre de acuerdo al NSSDA (1998). Estos resultados no deben ser analizados fuera del contexto del linaje de dicha carta. La misma fue obtenida con un método de aerotriangulación mecánica y que se sabía que tenía aproximaciones importantes. El método de aerotriangulación radial mecánica no fue inadecuado; simplemente era el procedimiento que se podía realizar en ese momento. Analizando los detalles del método, los errores obtenidos no deberían sorprender. Si por el contrario, el apoyo de campo hubiera sido realizado con receptores GPS doble frecuencia, y la aerotriangulación fueran informatizada, y se hubieran aplicado métodos robustos de ajustes, errores como los obtenidos serían inaceptables.

El estándar NSSDA (1998) no establece criterios de aceptación o rechazo de productos. De todas formas, se debe reconocer que por los errores constatados y considerando criterios de otros estándares (que relacionan escala nominal con exactitud, como NMAS, 1947) en lo referente a planimetría esta carta no sería adecuada para la escala 1:50.000, confirmando los resultados previos de Barbato (1999, 2002) y Pérez-Rodino (2000). En lo referente a altimetría, dado que el 90% de los puntos elevados tenían un error menor que 4.9 m, al comparar con la mitad de la distancia entre curvas de nivel (5 m en este caso), se puede concluir que la carta J-28 cumple el estándar NMAS (1947).

## 8. REFERENCIAS

Ariza López, F. J. y Atkinson, A. D. J. 2008 "Variability of NSSDA estimations". J. Surv. Engrg. V 134, N 2, pp. 39-44

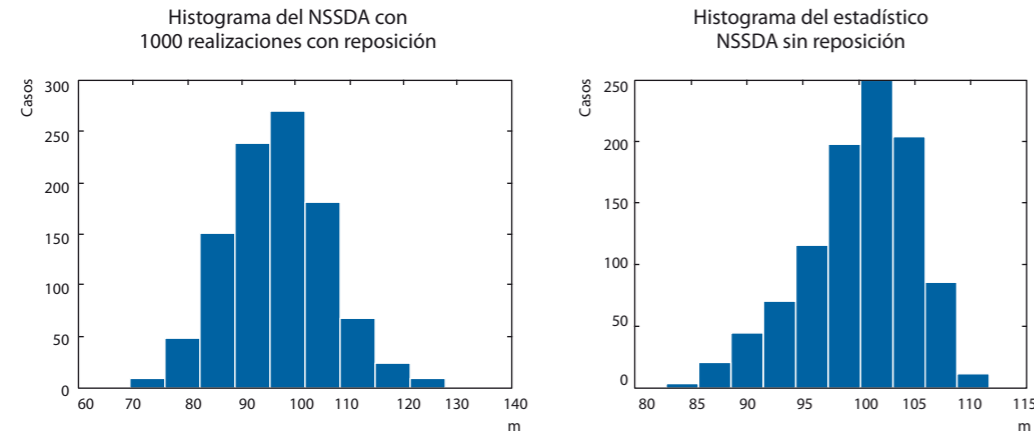


Figura 2 Valores del estadístico NSSDA tras 1000 experimentos. A la izquierda se seleccionaron 20 puntos con reposición, y a la derecha sin reposición.

Por otro lado, y para considerar (en parte) lo que pide el estándar se realizó el siguiente proceso:

- Repetir 1000 veces*
- Elegir al azar un primer punto entre los 38 disponibles*
- Repetir hasta completar 20 puntos*
- Elegir al azar un punto más, que diste de todos los anteriores no menos de C/10*
- Incorporarlo al conjunto*
- Calcular el estadístico NSSDA y guardarlo*
- Construir el histograma*

Al terminar se tiene 1000 valores posibles del estadístico NSSDA, aunque nuevamente ignorando algunas restricciones. El histograma se presenta en la figura 2 (derecha). Nótese que los valores están ahora entre 82 y 112 m, y que la distribución no es asimilable a una normal, confirmando visualmente lo informado por el test de Kolmogorov-Smirnov. El intervalo de confianza es ahora [78,117] (algo más amplio que el obtenido con bootstrap) mientras que la mediana es prácticamente 96 m.

Considerando lo anterior la declaración de las exactitudes de acuerdo al NSSDA para la carta J-28 quedaría de la siguiente forma (tras redondear los valores):

- Comprobada para 100 metros de exactitud horizontal al 95% de nivel de confianza.
- Comprobada para 5 metros de exactitud vertical al 95% de nivel de confianza.

Según permite el estándar, podría realizarse una declaración similar para el resto de las cartas que hayan sido construidas con un procedimiento similar. Sin embargo, se necesitará mayor trabajo para confirmar la validez estadística de tal aseveración.

**Ariza López, F. J. y García Balboa, J. L.** 2010 "Evaluación de las componentes de la calidad de la información geográfica". En 2ª Edición del Curso de Experto Universitario en Evaluación de la Información Geográfica. Universidad de Jaén. Jaén, España.

**Atkinson, A. D. J.** 2005 "Control de calidad posicional en cartografía: análisis de los principales estándares y propuesta de mejora" Tesis del Doctorado en Ingeniería Cartográfica Geodésica y Fotogrametría. Universidad de Jaén. Jaén, España. 554pp.

**Barbato, F. D.** 1999 "Determinación de Parámetros de Precisión Cartográfica en Sistemas de Información Geográfica (G.I.S.)" Revista de la Asociación de Agrimensores del Uruguay AAU 14 pp.

**Barbato, F. D.** 2002 "Error Analysis in Cartographic Data with Application to the Geographic Information Systems", ISPRS Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, 2002, 12 pp.

**Deagostini, D.** 1990 "Introducción a la fotogrametría" Bogotá, Colombia : Centro Interamericano de Fotointerpretación.

**Efron, B.** 1979 "Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife". The Annals of Statistics 7, 1, pp. 1–26

**NMAS,** 1947 "United States National Map Accuracy Standard" US Bureau of the Budget. 1 pp.

**NSSDA** 1998, "Geospatial Positioning Accuracy Standards; Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy", Federal Geographic Data Committee, FGDC-STD-007.3, Washington, D.C. 28 pp. (<http://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects/accuracy/part3/chapter3> accedido 20090414)

**Pérez-Rodino, R** 2000. 'Métodos Sencillos de transformación y ajuste de cartografía digital vectorial', COBRAC 2000 - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, UFSC, Florianópolis, 15-19 de Octubre (<http://www.fing.edu.uy/ia/deptogeo/proyectos/Metodos.pdf> accedido 20100312)

**STANAG,** 2002. "Evaluation of land maps, aeronautical charts and digital topographic data" STANAG 2215, NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 29 pp.

## 9. RESEÑA BIOGRÁFICA

### Rodolfo Méndez Baillo

nació en Montevideo en 1967, habiéndose graduado como Ingeniero Agrimensor en 1999 por la Universidad de la República (Uruguay). Posee el título de Ingeniero Técnico en Topografía (España, 2005) y el de Especialista en Teledetección Aplicada a la Observación e Información Territorial (Universidad Politécnica de Madrid, 2008). A fines de 2007 comenzó los estudios de Doctorado en Agrimensura en la Universidad Nacional

de Catamarca, Argentina. Desempeña tareas en el Servicio Geográfico Militar desde 1993, trabajando siempre en la División Geodesia, (hoy División Geodesia y Topografía). Desde fines de 2009 es docente Gr. 2 de las cátedras de Geofísica y Geodesia 2 de la carrera de Agrimensura, Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República. El CV completo y forma de contacto puede solicitarse a [mendezbaillo@gmail.com](mailto:mendezbaillo@gmail.com)

### Carlos López

nació en Montevideo en 1961, habiéndose graduado en Ingeniería Industrial en 1987 por la Universidad de la República (Uruguay). Su formación académica se complementa con un título de maestría en Mecánica de los Fluidos Aplicada (1993), y uno de doctorado relativo al control de calidad de datos geográficos, obtenido en 1997 en Estocolmo, Suecia. Es Docente Estable del programa de Doctorado en Agrimensura de la Universidad de Catamarca desde 2004, y del programa de Doctorado en Topografía de la Universidad Politécnica de Madrid también desde 2004. En su actividad profesional ha tenido a cargo la implementación del ClearingHouse Nacional de Datos Geográficos (Uruguay) así como la formulación del proyecto de la IDE de Uruguay para 2010-2020. En su actividad académica trabajó en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República desde 1986 hasta agosto del 2000 donde dictó cursos y dirigió varios proyectos (académicos y de investigación) así como grupos de trabajo. Fue director del Centro de Cálculo entre 1997 y 1999. Fue catedrático de Cálculo Numérico en el Universitario Autónomo del Sur desde 1998 hasta 2010. Actualmente está a cargo de la dirección del Laboratorio de Geomática en la Universidad ORT del Uruguay. Es Investigador Nivel I de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación de Uruguay, y director de la empresa The Digital Map Ltda. El CV completo, forma de contacto así como copia de sus tesis y la mayoría de sus publicaciones puede encontrarse en <http://www.thedigitalmap.com/~carlos>

## EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA EXACTITUD GEOMÉTRICA ABSOLUTA DEL PARCELARIO RURAL DIGITAL VECTORIAL DEL DEPARTAMENTO DE LAVALLEJA

Ing. Agrimensora Liliana Barreto  
lbarreto@fing.edu.uy

Ing. Agrimensor Hebenor Bermúdez  
hebenorb@fing.edu.uy

Ing. Agrimensor Danilo Blanco  
dblanco@fing.edu.uy

Ing. Agrimensor Alberto Di Leoni  
adileoni@catastro.gub.uy

Ing. Agrimensor Jorge Faure  
jfaure@fing.edu.uy

Ing. Agrimensor Rodolfo Méndez  
rmendez@fing.edu.uy

Prof. Ing. Roberto Pérez Rodino  
rodino@fing.edu.uy

Jefe Cart. DNC Mario Sánchez  
cartografia@catastro.gub.uy

Bach. Esteban Striewe  
estriewe@fing.edu.uy

Dirección Nacional de Catastro - MEF  
Instituto de Agrimensura – Facultad de Ingeniería - UDELAR



### 1. RESUMEN

Hoy en día con las nuevas tecnologías con las que se cuenta, ha hecho que la información geográfica disponible para los diversos usuarios sea muy abundante y variada. Para poder evaluar la pertinencia de un conjunto de datos frente a un potencial uso es necesario conocer la calidad de los mismos para que el usuario pueda realizar esta determinación correctamente. Asimismo, en el uso de cartografía de diversas fuentes, el principal problema es la interoperabilidad posicional, por lo que resulta fundamental conocer la calidad geométrica absoluta de la información utilizada. La Dirección Nacional de Catastro cuenta con un Parcelario Digital vectorial de la zona rural para cada Departamento del Uruguay. El mismo se encuentra disponible por ser parte del conjunto de datos provisorios de la IDE Uruguay, por lo que se hace indispensable conocer su exactitud geométrica a los efectos de favorecer el uso adecuado del mismo.

El presente trabajo se encuentra enmarcado en el convenio firmado entre la Dirección Nacional de Catastro y la Fundación Julio Ricaldoni cuyo objetivo es la evaluación de la calidad de la exactitud geométrica absoluta del parcelario rural digital de la Dirección Nacional de Catastro, tomando el departamento de Lavalleja como caso piloto. Asimismo se realizarán propuestas de futuras tareas sobre la base de los resultados obtenidos. Para cumplir con estos objetivos se formó un grupo de trabajo integrado por técnicos de la Dirección Nacional de Catastro y docentes del Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería.

La exactitud absoluta de la información geográfica es un punto fundamental de su constitución ya que la interoperabilidad de la misma depende principalmente de esta. Es muy común trabajar con información proveniente de diversas fuentes por lo cual existen diferencias con las cuales en muchos casos se hace muy difícil trabajar, por lo que es necesario conocer la calidad de la IG a utilizar con el objetivo de poder evaluar previamente su pertinencia para nuestros objetivos.

Esta investigación permitirá a la Dirección Nacional de Catastro conocer la información digital con la que cuenta, permitiéndole así desarrollar planes para la mejora de sus funciones, como también para poder volcar esta experiencia en los demás departamentos.

El problema planteado consiste en la evaluación de la exactitud (planimétrica) posicional absoluta del parcelario rural de Lavalleja. Para realizar dicho trabajo se utilizaron técnicas estadísticas de muestreo y cálculos, relevamiento GPS en tiempo real y postproceso, herramientas SIG y herramientas para la realización de cálculos.

Como objetivo del grupo de trabajo, se planteó la realización de la evaluación posicional absoluta de la información descripta, encargándose de toda la planificación del mismo desde la determinación de la muestra, identificación de la misma, planificación del relevamiento, metodología de análisis y presentación de los resultados.

**Palabras clave:** interoperabilidad posicional, evaluación, estándares, precisión geométrica.

## 2.DESARROLLO

### 2.1.Recopilación de antecedentes.

La primera tarea realizada fue la recopilación de antecedentes teóricos y de casos similares sobre la evaluación de la calidad posicional absoluta que sirvieran de guía para el desarrollo del proyecto. Con esta información disponible se pudieron realizar las determinaciones teóricas que guiaron el trabajo. En especial se definió la metodología para la determinación de la muestra, procedimientos estadísticos para los procesos, metodología de relevamiento, etc.

Posteriormente se realizó una investigación histórica sobre la génesis del parcelario en estudio consultándose a aquellos que estuvieron en el proceso de creación de los datos. Como se sabía el parcelario digital, motivo de este trabajo, surgió de la digitalización de las láminas catastrales creadas a fines de la década de 1960. Dicho trabajo se realizó mediante un convenio entre CONEAT y la Dirección del Catastro Nacional, en el cual la primera realizaba la coordinación y Catastro la ejecución del mismo. Se consultó a personas que trabajaron en la confección de estas láminas y se contó con un informe realizado por los técnicos de la Dirección Nacional de Catastro. Con esta información se pudo reconstruir gran parte de la historia del parcelario, los errores que se tuvieron y las compensaciones realizadas.

Las láminas originales con los parcelarios rurales a escala 1/20000 eran de material polyester y fueron confeccionadas en base a los fotoplanos a escala 1/20000 que se obtuvieron de la ampliación de las fotos aéreas a escala 1/40000 del vuelo realizado entre los años 1966 y 1967. La información predial se obtenía de las láminas parcelarias rurales con que contaba Catastro en ese momento, de los Planos de Mensura y de las correspondientes fichas gráficas (gráficos escala 1/20000 de los Planos registrados).

Desde el punto de vista geométrico, podemos citar que las láminas se confeccionaron armando mosaicos con fotos a escala 1/40000, para luego obtener fotopositivos tramados transparentes a escala 1/20000. Estos mosaicos fueron preparados utilizando el método de triangulación radial realizado por el Servicio Geográfico Militar.

Los fotopositivos se clasificaban de a 4, denominándolos zona, de manera de ir armando las zonas contiguas entre sí. A su vez un bloque estaba conformado por 4 zonas. En este proceso de armado, se fueron detectando problemas de corrimiento y no continuidad de los fotopositivos, de las zonas y de los bloques. Lo que se hizo fue realizar compensaciones zonales que no afectaran solo a un predio, sino que las diferencias métricas existentes se distribuyeran en una mayor extensión del gráfico. Los desfases detectados y compensados fueron de muy diversa magnitud, citando a manera de ejemplo:

- Corrimientos entre zonas: desde 5 mm hasta 11 mm.
- Corrimientos por bloques: desde 2.5 mm hasta de 20 mm.

Debido al hecho de no contar a tiempo con los fotopositivos para hacer las compensaciones correspondientes, es que la línea de separación entre las zonas 22 y

23 que atraviesa el país en forma horizontal, fue donde se intentó unir los parcelarios armados desde el norte y desde el sur forzándolos a los efectos de lograr la continuidad deseada. Esto fue a costo de grandes compensaciones. Como ejemplo podemos citar diferencias de 40-50mm en la línea superior, y de 10-15mm en la línea inferior; es decir, entre la línea superior (generada a partir del Norte del país) y la línea inferior (generada a partir del Sur del país).

También es importante observar que la información de las coordenadas que figuran en las láminas se obtuvieron de los fotoplanos a escala 1/50000 con que en ese momento contaba el Servicio Geográfico Militar. Es por esto que dichas coordenadas se refieren al sistema ROU-USAMS.

Del informe técnico del proceso de confección de las láminas 1/2000 se concluye que en ese momento las metas que se fijaron fue la de obtener "parcelarios rurales con información predial a una escala uniforme para todo el territorio nacional" y no se buscaba la rigurosidad geométrica del mismo. Las compensaciones que se fueron realizando buscaron obtener Parcelarios Rurales con coincidencia total entre las distintas láminas.

La actualización de estas laminas así obtenidas se fue realizando en la División de Cartografía de Montevideo de la DNC. Para esto se contaba con la información que remitían las Oficinas Delegadas departamentales de los Planos de Mensura registrados en su momento.

El parcelario vectorial se obtuvo de la digitalización realizada en el año 1998 tomando como base estas láminas catastrales. Esto se realizó mediante convenio entre la DNC y DINAMIGE. La georeferenciación de las mismas se hizo utilizando los vértices de las cartas.

En el año 2006 se decidió realizar una actualización masiva del parcelario digital, por lo cual se suscribió un convenio entre la DNC y el MGAP a tales efectos. En este trabajo se buscó la actualización desde el punto de vista de los atributos alfanuméricos de la información del parcelario. Para ello se utilizaron las láminas catastrales 1/20000 en formato papel, Planos de Mensura, fichas gráficas y archivos digitales dwg, todo bajo la supervisión de la DNC. A su vez se realizó la transformación de las coordenadas originales del parcelario digital pasándolas al sistema de referencia WGS84 proyección cartográfica UTM zona 21 sur extendida.

Se obtuvieron algunas versiones no oficiales en cuanto a posibles ajustes geométricos del parcelario entre la obtención original del mismo y el trabajo de actualización realizada a partir del año 2006. Debido a que esto no fue posible corroborarlo en forma oficial, es que en principio asumimos que no fue realizado.

### 2.2.Determinación de la muestra.

Previo a la determinación de la muestra se hizo un análisis visual del parcelario lo que permitió tener una idea de la distribución de las parcelas en todo el territorio. Como

consecuencia de esto se identificaron cuatro zonas donde la densidad de las parcelas eran homogéneas. Esto se corroboró realizando una comparación del número de parcelas por hectárea entre las distintas zonas predeterminadas. Así se decidió la selección del tipo de muestreo a realizar optándose por un Muestreo Estratificado y dentro del muestreo se determinó el tamaño muestral mediante el procedimiento de Afijación por Mínima Varianza el cual determina el tamaño de la muestra con la siguiente fórmula:

$$n_i = \frac{N_i s_i \left( \sum_{i=1}^L N_i s_i \right)}{\sum_{i=1}^L N_i s_i^2 + \left( Z_{1-\alpha/2} \right)^2 N^2}, \forall i$$

Donde:

- $N_i$  es el tamaño del estrato  $i$ .
- $N$  es la cantidad total de elementos.
- $s_i$  es la desviación estándar de la variable a estudiar para el estrato  $i$ .
- $Z_{1-\alpha/2}$  es el valor de la distribución normal para un 95% de confianza.
- $e$  error de muestreo.

El elemento a relevar y que consideramos como nuestro objeto de estudio son los vértices de las parcelas rurales por lo que nuestro universo de investigación lo constituyen estos puntos. Para cuantificar nuestro universo se hizo un muestreo de las cuadrículas de las láminas 1/20000 para cada estrato con lo cual contando la cantidad de vértices en cada una de ellas y haciendo el promedio se determinó la cantidad de puntos. Como resultado se obtuvieron:

- Estrato 1 = 3048
- Estrato 2 = 1596
- Estrato 3 = 6020
- Estrato 4 = 8976

Para determinar la desviación estándar si de cada estrato se consideró necesario contrastar el parcelario digital rural y el Google Earth, a los efectos de poder realizar una evaluación primaria que permita la determinación del tamaño de la muestra. A tales efectos se seleccionó una muestra de puntos distribuidos en los 4 estratos, y para cada punto se obtuvieron las coordenadas cartográficas (X, Y) del parcelario y del Google Earth. Se generaron las diferencias en cada punto entre las coordenadas cartográficas correspondientes, considerándose estas diferencias como nueva variable aleatoria. Los elementos tomados como referencias fueron los alambrados identificados y que coincidieran con el parcelario. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Estrato 1 = 52 metros.
- Estrato 2 = 144 metros.
- Estrato 3 = 63 metros.
- Estrato 4 = 36 metros.

El último parámetro a definir es el error muestral tolerable. Considerando que el parcelario fue creado a partir de fotos aéreas a escala 1/40000, se decidió tomar 10 metros como error de muestreo que es el que surge de multiplicar el límite de separación visual considerado en ¼ de milímetro por el denominador de la escala de las fotos.

Como resultado se obtiene un tamaño muestral de 183 puntos el cual se incrementó en 10% como factor de seguridad ante el posible descarte de puntos por situaciones que pudieran surgir durante el relevamiento. Como resultado se obtiene una muestra de 201 puntos distribuidos de la siguiente forma en los estratos:

- Estrato 1 = 29 puntos.
- Estrato 2 = 42 puntos.
- Estrato 3 = 70 puntos.
- Estrato 4 = 60 puntos.

### 2.3. RELEVAMIENTO DE CAMPO.

La selección de los puntos a relevar se realizó de forma tal que cubrieran todo el territorio de estudio y de forma tal que el acceso a los mismos se realizara por caminos y rutas de uso público. El relevamiento se realizó utilizando receptores GPS por lo que a las restricciones anteriores se agregó la de que el punto y su entorno no podía estar muy cubierto de obstáculos para la correcta recepción de la señal. Como consecuencia de esto los puntos no fueron seleccionados de forma aleatoria sino cumpliendo con las restricciones planteadas. La selección de los puntos se realizó sobre Google Earth.

Para cada punto se confeccionó una monografía la que contenía una imagen del Google Earth del punto y su entorno, una imagen del parcelario que permitiera reconocer la estructura catastral de la zona. Se dispuso para cada punto de sus coordenadas en el Sistema de Referencia Global WGS84, proyección UTM, Zona 21S; así como las respectivas coordenadas en el Sistema de Referencia Local ROU-USSAMS, proyección oficial local Gauss-Krueger. Esto se implementó a los efectos de facilitar la ubicación del punto utilizando navegadores GPS y también optimizar el uso de las cartas del SGM disponibles en papel, escala 1/50000.

Para la fase de campo se unieron los puntos mediante rutas que optimizaban el tiempo de recorrido, siendo planificado también sobre el Google Earth. Una vez obtenidas las rutas, las mismas fueron señaladas en las cartas 1/50000 que fue el soporte con el cual se trabajó para los traslados.

El relevamiento de los puntos seleccionados se realizó utilizando 2 receptores GPS Leica GS20, simple frecuencia, con recepción de código C/A y fase portadora L1, y un receptor Ashtech Z12 de doble frecuencia, códigos C/A y P y fase de portadoras L1 y L2. En los equipos de una frecuencia como tenían esta opción disponible, se utilizó la corrección diferencial vía Internet mediante conexión de celular al servidor NTRIP-Cáster, que se ha desarrollado en conjunto SGM - IA FI UDELAR, las bases usadas en ese Cáster son las de la REGNA administrada por el SGM. Esta metodología se encuentra en etapa de desarrollo conjunto entre el IA y el SGM.

El procedimiento descrito permitió disponer de las coordenadas de los puntos relevados con precisión decimétrica. En forma complementaria al proceso descrito se utilizó la corrección diferencial en post proceso, utilizándose para los casos en que la cobertura celular no abarcara el punto a relevar y en los casos que se usó el equipo Ashtech dado que no tenía la posibilidad de conexión al celular por bluetooth; en estos dos últimos casos se resolvió la posición, realizando la corrección a partir de las mismas bases utilizadas para el tiempo real.

De la totalidad de los puntos relevados, en total 193, 39 de ellos se relevaron con el equipo GPS Ashtech, doble frecuencia L1 y L2, y se resolvió la posición con una precisión del orden de los 5 cm. Los 154 restantes se relevaron con los equipos GS20; 111 puntos fueron relevados con corrección diferencial en tiempo real y 43 en postproceso. Estos 43 puntos no fueron relevados en tiempo real por distintos problemas que fueron: falta de cobertura celular, problemas en el servidor NTRIP-Cáster, y problemas en el equipo GPS. La precisión en posición de los puntos relevados en tiempo real fue del orden de los 0.44 m y en post proceso del orden de 0.32 m.

Se usó esta metodología ya que se requiere que los puntos de campo utilizados para evaluar la cartografía sean por lo menos 3 veces más precisos que la cartografía a evaluar. Si consideramos que el error tolerable en una cartografía 1/20000 es de 5 metros según el estándar de la ASPRS para cartografía de Clase I.

El principal inconveniente en el relevamiento fue el acceso a la totalidad de los puntos ya que los caminos no permitieron acceder al 100% de los mismos. Otro problema planteado es la determinación del punto a relevar, ya que en muchos de ellos el parcelario no contemplaba el camino, por lo que se tomaron más de un punto para luego en oficina y con más elementos (planos de mensura), determinar cual de ellos era la elección correcta.

Del número original de puntos a relevar, no pudieron ocuparse 9 de ellos, por lo que se relevaron 193 puntos de los cuales 6 se descartaron en la oficina dando como resultado 187 puntos para realizar el estudio. Los puntos que se descartaron se debieron a cambios de ubicación en campo donde la nueva selección no correspondía a un punto determinado en el parcelario. En conclusión la previsión de tomar un 10% más de puntos del mínimo necesario fue acertada ya que se descartaron por diversos motivos 15 puntos.

## 2.4. ESTUDIO

El estudio se desarrolló sobre el análisis de las diferencias entre coordenadas de puntos homólogos (errores).

(XP, YP) → parcelario  
 (XT, YT) → terreno  
 $\Delta X = XP - XT$  → diferencia de coordenadas  
 $\Delta Y = YP - YT$  → diferencia de coordenadas  
 $V = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$  → vector de error

Para esto se planteó un conjunto de procedimientos estadísticos para obtener los resultados. El conjunto de procedimientos seleccionados fue el siguiente:

1. Aplicación del Test de Kolmogorov-Smirnov para un nivel de confianza del 95% de cada una de las componentes para analizar la distribución estadística de las diferencias. El objetivo de este test es verificar si nuestros datos se distribuyen según una Distribución Normal. Se plantean como hipótesis las siguientes:

H0: La muestra se asemeja a una Distribución Normal.  
 H1: La muestra no sigue una Distribución Normal..

2. Aplicación del Test de Rachas para un nivel de confianza del 95% para determinar la aleatoriedad de los datos. Se trata de una prueba con la que determinar si una muestra se distribuye de forma aleatoria.
3. Detección y análisis de valores atípicos (outliers) mediante el método de las k-Sigmas, considerando a k igual a tres. El método de las k-sigmas considera que un valor es atípico cuando se aleja más de k-sigmas de la media (sigmas es igual a la Desviación Estándar de la muestra).
4. Aplicación de los Test establecidos en el Estándar EMAS, desarrollado por la ASPRS (American Society of Photogrammetry and Remote Sensing) en conjunto con la ASCE (American Society of Civil Engineers) y el ACSM (American Congress on Surveying Mapping) para determinar si el error sistemático y el error aleatorio son aceptables. Este estándar establece la realización de 2 test. El primero de los test verifica que el error sistemático este dentro de lo tolerable planteándose la hipótesis sobre la media con varianza desconocida.

H0: Media = 0  
 H1: Media K0.

El segundo de ellos verifica que la varianza muestral se sea igual o menor a una varianza establecida en función de la cartografía a evaluar.

5. Aplicación del estándar NSSDA propuesto por el FGDC (Federal Geographic Data Committee) para obtener el resultado del error circular para la cartografía con un nivel de confianza del 95%. Este se basa en:

Cálculo de los errores medios cuadráticos para cada componente: RMSE<sub>x</sub>, RMSE<sub>y</sub>

Caso 1: cuando RMSE<sub>x</sub> = RMSE<sub>y</sub>  
 Exactitud = 1.7308 \* RMSE<sub>x</sub>

Caso 2: cuando RMSE<sub>x</sub> ≠ RMSE<sub>y</sub>  
 Exactitud = 2.4477 \* 0.5 \* (RMSE<sub>x</sub> + RMSE<sub>y</sub>)

Este error circular es un valor promedio de la precisión, con una certeza del 95% y

transforma una elipse de error a un círculo medio. Esto quiere decir que el 95% de los puntos va a estar incluido en un círculo de radio el error

### 3. RESULTADOS.

Aplicados los dos primeros pasos descritos en el apartado anterior la muestra no verifica la hipótesis que la distribución de los errores se asemeja a una función estadística normal y tampoco verifica la hipótesis en cuanto a la aleatoriedad en la distribución de los errores.

En el tercer paso se estudio la presencia de valores atípicos (outliers) con la salvedad de que al ser una muestra que no sigue una distribución normal la utilización del método de las k-sigmas no es el más recomendado de utilizar. De todas formas sirvió como indicativo para detectar puntos donde se pudieron cometer errores de asignación de coordenadas del parcelario, motivado por los cambios surgidos en el campo.

Verificados éstos, no se detectó ninguna equivocación, por lo que aquellos puntos que presentaron errores muy grandes no se debieron a éstas sino a errores reales del parcelario. Se detectaron 5 puntos en esta situación.

Al no distribirse los errores según una función normal y aleatoria las consideraciones sobre las que se fundamentan todos los estándares analizados, no serían aplicables. No obstante, se estima conveniente el continuar con el análisis del resto de los parámetros propuestos para un mejor conocimiento de los errores del parcelario. Las consideraciones que se presentan son meramente informativas y no deberán considerarse de forma rigurosa. (Atkinson).

Aplicado el estándar EMAS se comprueba que no pasa el test de errores sistemáticos, algo que ya se podía intuir al no verificar los test de normalidad y de aleatoriedad aplicados previamente. Si se aprecian los ángulos de los vectores de error no se puede concluir nada al respecto, si bien existe una tendencia general hacia el segundo cuadrante, siendo la dirección predominante de 165° en acimut.

Dado que la distribución de las direcciones de los distintos vectores tiene un grado de dispersión grande, se estima que ésta dirección predominante carece de sentido. También se pueden identificar zonas donde la ocurrencia de los ángulos es mayoritariamente hacia cierto cuadrante pero no es exclusiva por lo que no se puede definir un patrón.

En cuanto a la segunda parte del estándar EMAS, se refiere a la aceptación o rechazo del parcelario respecto a si cumple con la hipótesis de precisión, fijando como valor límite el de 10 m (0.25 mm por el factor de escala). En este caso el resultado obtenido es el de no aceptación. Para ser aceptado debería de responder a una escala de 1/330000.

Aplicado el estándar NSSDA da como resultado:

$$RMSE_x = 91 \text{ m (error medio cuadrático en la componente x)}$$

$$RMSE_y = 81 \text{ m (error medio cuadrático en la componente y)}$$

$$Exactitud_r = 211 \text{ m (exactitud horizontal al 95\% de nivel de confianza).}$$

Por Estrato:

Estrato	RMSE <sub>x</sub>	RMSE <sub>y</sub>	Exactitud <sub>r</sub>
1	107	108	264
2	128	79	253
3	83	91	213
4	45	50	116

Como se menciona en la recopilación de antecedentes la línea superior e inferior se juntaron en las filas 22 y 23 de la cartografía 1/50000 dándose en ellas los mayores errores de cierre. Si se analizan por separados los puntos que pertenecen a esas laminas y los restantes se puede ver que el error para el 95% de confianza de las filas 22 y 23 es de 266,23 metros y para los restantes de 185,16 metros, lo que muestra que efectivamente esas filas presentan un error mayor.

### 4. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a la exactitud posicional, el parcelario digital rural del departamento de Lavalleja no se corresponde con ninguno de los estándares de clasificación de mapas más conocidos.

Debido a la escasa calidad geométrica no se recomienda hacer ajustes generales sobre la misma ya que no resulta fácil controlar los errores resultantes.

Los resultados obtenidos son exclusivamente aplicables al parcelario digital del departamento de Lavalleja, no debiéndose extrapolar los mismos a otros parcelarios departamentales, esto es debido a la forma en que fueron confeccionadas en su momento las láminas 1/20000 de la Dirección Nacional de Catastro.

Los resultados de este trabajo son coherentes con los objetivos que en su momento se fijaron los técnicos que intervinieron en la confección de las láminas: no se buscaba la rigurosidad geométrica, sino la continuidad y la uniformidad de escala del parcelario. No debemos perder de vista que la misma se creo con fines demostrativos por lo que no tuvo en cuenta la componente geométrica de la misma, habiendo cumplido y cumpliendo aún muy bien esta función.

Los mayores errores posicionales se observan en el denominado estrato 1, el cual coincide con las zonas 22 y 23 en las que se realizó la unión de los parcelarios cuando se

confeccionaron las láminas. Lo que se corroboró al analizar los datos por filas de cartas.

Esta investigación proporciona un insumo muy útil ya que brinda una red de casi 200 puntos fijos. Esto habilita varias opciones para que la Dirección Nacional de Catastro pueda crear un nuevo parcelario utilizando la información proporcionada por planos de mensura o la que pueda surgir de relevamientos masivos a través de imágenes aéreas o satelitales. Asimismo pueden ser utilizados en el control geométrico de éstas imágenes.

## BIBLIOGRAFIA

Control de calidad posicional en cartografía: análisis de los principales estándares y propuesta de mejora, **Atkinson, Alan D.J.**, Tesis del Doctorado en Ingeniería Cartográfica Geodésica y Fotogrametría. Universidad de Jaén. Jaén, España.

Error Analysis in Cartographic Data with Application to the Geographic Information Systems, **Barbato, Fabián D.** (2002). Universidad de la Republica, Facultad de Ingeniería, Departamento de Geomatica.

Métodos de Muestreos. **Alva, M.V.** (2009). En 2ª Edición del Curso de Experto Universitario en Evaluación de la Información Geográfica. Universidad de Jaén. Jaén, España. 70 páginas.

Estadística. **Rodríguez Avi, José** (2009). En 2ª Edición del Curso de Experto Universitario en Evaluación de la Información Geográfica. Universidad de Jaén. Jaén, España.

Evaluación de las componentes de la calidad de la información geográfica. **Ariza López, F. J. y García Balboa, J.L.** (2010). En 2ª Edición del Curso de Experto Universitario en Evaluación de la Información Geográfica. Universidad de Jaén. Jaén, España.

## BREVE RESEÑA BIOGRAFICA DE LOS AUTORES

### Liliana Barreto

Ingeniera Agrimensora. Docente Grado 1 del Departamento de Geodesia del Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería, UDELAR.

### Hebenor Bermúdez

Ingeniero Agrimensor. Docente Grado 2 del Departamento de Geomática del Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería, UDELAR, desde 2007. Consultor del Programa de Integración de Asentamientos Irregulares del MVOTMA.

### Danilo Blanco

Ingeniero Agrimensor. Docente Grado 3 del Departamento de Geodesia del Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de la UDELAR. Encargado Técnico de la Oficina Delegada de Catastro del departamento de Lavalleja.

### Alberto Di Leoni

Ingeniero Agrimensor. Técnico de la Dirección Nacional de Catastro.

### Jorge Faure

Ingeniero Agrimensor. Profesor Adjunto Departamento de Geodesia, Jefe de Departamento de Geodesia. Ingeniero Agrimensor de OSE, División Agrimensura, Gerencia de Obras.

### Rodolfo Méndez

Ingeniero Agrimensor. Posee el título de Ingeniero Técnico en Topografía (España, 2005) y el de Especialista en Teledetección Aplicada a la Observación e Información Territorial (Universidad Politécnica de Madrid, 2008). Desde fines de 2007, comenzó los estudios de Doctorado en Agrimensura en la Universidad Nacional de Catamarca, Argentina. Desde fines de 2009, es docente Gr. 2 de las cátedras de Geofísica y Geodesia 2 de la carrera de Agrimensura. Desempeña tareas en el Servicio Geográfico Militar desde 1993, trabajando en la División Geodesia.

### Roberto Pérez Rodino

Ingeniero Agrimensor. Docente grado 4 del Departamento de Geodesia del Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería, UDELAR. Director del Instituto de Agrimensura.

### Mario Sánchez

Jefe de Cartografía de la Dirección Nacional de Catastro.

### Esteban Striwe

Estudiante de la carrera de Ingeniero Agrimensor. Docente Grado 1 del Departamento de Geodesia del Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería como Docente Ayudante Gr. 1.



## EL REGISTRO DE LA PROPIEDAD INMOBILIARIA EN URUGUAY EN EL CONTEXTO DEL GOBIERNO ELECTRÓNICO Y LAS TICS.

Ignacio Lorenzo<sup>1</sup>  
ilorenzo@farq.edu.uy

Felipe Martínez<sup>2</sup>  
felipemartinez@hotmail.com

Universidad de la República

### RESUMEN

El registro de la propiedad inmobiliaria es una función pública que gestiona y respalda jurídicamente información territorial. Esta función pública es básica para dar certeza a derechos y obligaciones de personas físicas y jurídicas, respecto de bienes inmuebles, certeza que permite la implementación y el desarrollo de un mercado inmobiliario moderno e inequívoco.

La República Oriental del Uruguay, basándose en la tradición latina, encomienda a un grupo de profesionales: los escribanos públicos, un lugar central en la operación del sistema registral y establece mediante la ley, los procedimientos de registro. Sí bien los principales costos de transacción<sup>3</sup> del sistema están dados por los honorarios del escribano, estos no se rigen por una norma estatal, sino por un arancel acordado a la interna de la organización que nuclea a estos profesionales.

Este artículo pretende discutir tales costos a la luz de las nuevas tecnologías de la información y comunicación, la emergencia del gobierno electrónico y la reforma del Estado.

Como ejemplo de esta discusión podemos analizar las transacciones de compraventa

1 - Investigador G.1 del Instituto de Teoría y Urbanismo de la Facultad de Arquitectura, Docente G.1 de Economía Urbana, Estudiante avanzado de arquitectura, ha desarrollado estudios en planificación urbana en la Universidad Federal de Paraná y en la Ecole de Paris – La Villette. Ha realizado consultorías de urbanismo y planificación urbana para Ambiens Planejamento, para el Centre on Housing Rights and Evictions, para el Institute pour la Ville en Mouvement y para el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

2 - Docente Investigador G.1 del Instituto de Teoría y Urbanismo de la Facultad de Arquitectura, Doctor en Derecho, estudiante de Maestría en Estrategia Nacional. Docente Aspirante de la Cátedra de Derecho Financiero de la Facultad de Derecho.

3 - Por costos de transacción se toman todas las actividades destinadas a ofrecer seguridad jurídica y permitir la concreción de la transacción en el mercado, una concepción más amplia de costos de transacción en el mercado inmobiliario podría incluir también el pago de impuestos a la renta u otros al momento de la compraventa, el análisis de impuestos de este tipo no fue objeto de análisis de este trabajo.

para bienes inmuebles rurales en el año 2008, con un volumen total de 2.959 transacciones para un total de 1.261 millones de dólares, a un costo 3.05% la transacción (13,000 US\$) y por otra parte el mercado bursátil electrónico en 2009 con un volumen total de 30.658 transacciones para un monto transado superior a los 28.344 millones de dólares, a un costo promedio de 0.51% por cada transacción mayorista<sup>1</sup> (4,695 US\$). Analizando la relación de eficiencia de costos de transacción tenemos que los costos de transacción de un mercado electrónico son 72 veces más eficientes que los costos de transacción de nuestro sistema actual de transacción inmobiliaria.

### Registro Inmobiliario – Costos de Transacción – Gobierno Electrónico

#### 1. INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo tiene como objetivo discutir el futuro del sistema de registro de la propiedad inmobiliaria en Uruguay a la luz de la reforma del Estado, el gobierno electrónico y las tecnologías de la información y la comunicación (en adelante: TICs).

Este trabajo se enmarca dentro de las actividades de la investigación de la Universidad de la República: “Optimización de las herramientas de tributación inmobiliaria para el desarrollo urbano y territorial en el Uruguay” llevada adelante por los autores de este artículo, bajo la supervisión de los docentes Mabel Olivera y Andrés Blanco<sup>2</sup> dentro de los institutos: de Teoría y Urbanismo de la Facultad de Arquitectura y de Finanzas Públicas de la Facultad de Derecho. Dicha investigación es financiada por la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la Universidad de la República.

Este artículo no pretende ser un extenso ejercicio de investigación bajo una estricta metodología, sino más bien, un documento de trabajo para la discusión dentro de los ejes temáticos: futuros retos y nuevas soluciones tecnológicas y desafíos jurídicos e institucionales, que serán tratados en el 1er Congreso Uruguayo de Infraestructura de Datos Espaciales “Contribuyendo al desarrollo de una red regional”. Este artículo a su vez presenta datos y análisis preliminares que siguen en proceso de desarrollo, estudio y confirmación. Los resultados y análisis finales estarán disponibles en Agosto de 2011. El trabajo cuenta con cuatro partes: Reseña del funcionamiento del registro de bienes inmuebles en el Uruguay; Reseña de la actividad profesional de los escribanos públicos al respecto de los bienes inmuebles en el Uruguay; Discusión preliminar sobre los costos de transacción y su impacto en el mercado inmobiliario actual; Ensayo preliminar de un nuevo sistema de registro de la propiedad inmueble en el Uruguay de la reforma del E

1 - Aplicando los costos de operación de BEVSA (0.01%) más la comisión mínima habitual de 0,5% en el mercado de valores. En este caso se trataría además de una estimación de costo de transacción para una operación mayorista asociada a un número mayor de transacciones minoristas

2 - Los contenidos y afirmaciones dentro de este documento no están avaladas ni son responsabilidad de los supervisores mencionados.

## 2. RESEÑA DEL FUNCIONAMIENTO DEL REGISTRO DE BIENES INMUEBLES EN EL URUGUAY

En el presente capítulo no haremos una revisión de la evolución histórica del sistema registral uruguayo, a pesar de ser la inercia histórica romana-colonial la que de manera contundente reconstruye en el presente un sistema arcaico y muy alejado de las posibilidades técnicas e informáticas de las que disponemos los ciudadanos y ciudadanas del siglo XXI.

El registro de la propiedad de bienes inmuebles es una herramienta elemental para la existencia de un mercado inmobiliario dotado de plena seguridad jurídica e inequívoco, permitiendo un clima de inversiones y desarrollo generalizado, que en último término proteja la inversión, cree riqueza y permita el mayor uso sustentable de un bien escaso pero necesario, como lo es la tierra, sea esta suelo rural o suelo urbano o urbanizable.

El Registro de la Propiedad Inmueble debe permitir bajo el efecto del principio de la fe pública registral, que el registro certifique la propiedad. Un tercero que adquiera de buena fe, a título oneroso, no deberá verse perjudicado por la inexactitud registral que protege y ampara a los terceros adquirentes, ya que la situación jurídica registral debe presumirse exacta e íntegra.

Al día de hoy Uruguay posee un sistema registral inmobiliario de naturaleza híbrida, en el cual la publicidad erga omnes es llevada a cabo por una oficina ministerial, pero a su vez la redacción y solicitud de la inscripción de la traslación del dominio y otros actos privados sobre los bienes inmuebles es llevada a cabo por profesionales liberales de carácter privado.

Comenzaremos nuestra breve descripción por la cara pública de este sistema híbrido, cuyo análisis se toma a partir de la entrada en vigencia de la Ley Orgánica Registral 16.871, del 28 de septiembre de 1997, que crea un sistema de base real para el registro de la propiedad inmobiliaria.

En el Capítulo 1 de dicha ley: “Organización de los registros públicos” se menciona que estos constituyen un servicio técnico administrativo sometido a jerarquía del Ministerio de Educación y Cultura, por intermedio de la Dirección General de Registros.

La Dirección General de Registros, es una Unidad Ejecutora de la que se desprenden el Registro de la Propiedad con dos secciones, la sección inmobiliaria y la sección mobiliaria. La sección inmobiliaria tiene competencia departamental y tiene su sede en la capital de cada departamento.

Entre sus competencias está la de certificar, sobre la base de datos recopilados, la situación registral de los bienes y personas de los cuales se solicite información. Es la que permite la publicidad de los actos inmobiliarios elaborados por un escribano público.

En el capítulo 2 “Registro de la propiedad” inciso 2.1 Sección inmobiliaria de la Ley 16.871, se detalla el funcionamiento del registro de la propiedad de bienes inmuebles, aquí haremos mención de algunas características relevantes para el presente análisis:

- a. La sección se ordena en base a una matriculación;
- b. La matriculación se hará destinando a cada inmueble una ficha especial, donde se anota:
  - i. un número ordinal, un número de empadronamiento (que puede ser el mismo que el número ordinal);
  - ii. la ubicación y descripción completa del inmueble según plano registrado, sección, localidad catastral, área, límites, linderos y demás antecedentes gráficos;
  - iii. en caso de personas físicas, los nombres y apellidos completos del titular registral, y el estado civil actual; en caso de personas jurídicas, nombre, clase, fecha de constitución, inscripción en el Registro de Contribuyentes, y otros datos.
  - iv. la proporción correspondiente a cada titular.
  - v. el título de adquisición de la propiedad
  - vi. la inscripción inmediata anterior del título de adquisición.
  - vii. la firma del Registrador, que asegure su autoría.

Los registradores podrán rechazar las solicitudes de matriculación cuando faltare alguno de los datos mencionados.

La ley también hace mención al mecanismo de división-fusión de los inmuebles, en división se crearán tantas matrículas como nuevos inmuebles y se anotará la división en la matrícula original. Por otra parte, en una fusión, se hará una nueva matrícula que anexará las matrículas anteriores. En cualquier caso, se vincularán las matrículas a los planos de mensura correspondientes.

La matrícula podrá ser solicitada por quienes tengan “legitimación registral”, quienes tengan carga de inscribir, quien tenga interés en la protección de la publicidad registral, el profesional interviniente, o el representante de cualesquiera de las personas indicadas precedentemente. Se podrá a su vez solicitar la inscripción de inmuebles aún no matriculados, salvando los datos necesarios catastrales, la matriculación podrá hacerse de manera “incompleta” aún si no estuvieran los demás datos necesarios.

Un tema relevante es la matriculación de bienes sucesorios, para matricular bienes transmitidos por el modo sucesión se presentará el certificado de resultancias de autos expedido de conformidad con el Código General del Proceso, los datos que no resulten de dicho instrumento, podrán ser aportados mediante certificación notarial.

Cabe destacar que la matrícula, entonces, es un nuevo documento referente a un inmueble determinado, que se construye a partir de la descripción espacial del bien y la titularidad que emana de la escritura pública. El sistema que abarca la utilización de matrículas es conocido en el derecho comparado como de “folio real”.

La sola existencia de la matrícula en Uruguay, plantea una “doble duplicación” de información de carácter público (duplicación que es altamente riesgosa al respecto de la seguridad jurídica y del funcionamiento del mercado): por un lado duplica la información de la persona jurídica o física propietario y su relación con el bien, que se halla, también, en la escritura pública extendida en el protocolo notarial y por otro lado, duplica a su vez la descripción espacial del inmueble, contenida en el parcelario de la Dirección Nacional de Catastro y también nuevamente descrita en algunas de las escrituras públicas.

La segunda duplicación fue medianamente subsanada para los bienes inmuebles urbanos desde la ley de presupuesto de 2001, en la que se disponía la emisión de un Certificado de Caracterización Urbana emitido por la Dirección Nacional de Catastro al que el Registro debiere atenerse.

En cualquier caso, no existe un sistema de matriculación generalizada sino que, a partir de la existencia de nuevas escrituras públicas, que se realizaren luego de la promulgación de la ley de registros públicos se crean nuevas matrículas. Podríamos estimar que existen aproximadamente 30% de matrículas para la cantidad total de bienes inmuebles.

Para finalizar este capítulo presentamos un listado de algunos de los actos inscribibles en el Registro de la Propiedad Inmobiliaria:

- a. Los instrumentos públicos en los que se constituya, reconozca, modifique, transfiera, declare o extinga el dominio, usufructo, uso, habitación, derecho de superficie, servidumbre, cualquier desmembramiento del dominio, hipoteca, censo y demás derechos reales establecidos sobre bienes inmuebles.
- b. Los certificados de autos sucesorios, con el contenido que determine el decreto reglamentario.
- c. Los instrumentos públicos de cesiones de derechos posesorios.
- d. Las demandas y sentencias ejecutoriadas que tengan por objeto el reconocimiento de derechos en relación con bienes inmuebles, que afecten o puedan afectar derechos registrados o que se registren en el futuro.
- e. Los embargos específicos y demás medidas cautelares que dispongan los Jueces, siempre que tengan relación con bienes de naturaleza inmueble.
- f. Las resoluciones de designación del inmueble sujeto a expropiación por órganos del Estado con atribuciones para ello.
- g. Todo acto o hecho que afecte el estado catastral de bienes inmuebles que se inscriba en la Dirección Nacional de Catastro o en sus oficinas.
- h. Las solicitudes de reserva de prioridad.

- i. Los títulos mineros sobre bienes de dominio privado, extinciones, afectaciones y gravámenes sobre dichos títulos.
- j. Las cesiones, modificaciones, rescisiones y cancelaciones de derechos inscritos.

### 3. RESEÑA DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL DE LOS ESCRIBANOS PÚBLICOS AL RESPECTO DE LOS BIENES INMUEBLES EN EL URUGUAY.

La fuente de necesidad de la participación de un escribano público en el mercado inmobiliario aparece en el Artículo 1574 del Código Civil: “Instrumentos públicos son todos aquellos que, revestidos de un carácter oficial, han sido redactados o extendidos por funcionarios competentes, según las formas requeridas y dentro del límite de sus atribuciones y como tal hace plena fe, mientras no se demuestre lo contrario mediante tacha de falsedad. Otorgado ante Escribano e incorporado en un protocolo o registro público, se llama escritura pública. Se tiene también por escritura pública la otorgada ante funcionario autorizado al efecto por las leyes y con los requisitos que ellas prescriban”.

En el artículo 1575 se menciona “El instrumento público hace plena fe en cuanto al hecho de haberse otorgado y su fecha. En este sentido, la fuerza probatoria del instrumento público sea la misma para todos”.

Los escribanos públicos (o notarios) entonces, tienen a su cargo la otra cara del sistema de registro de la propiedad inmueble, la redacción de la escritura pública de enajenación por la cual se traslada el dominio de un propietario original a un nuevo propietario que adquiere el bien inmueble del primero.

El escribano, mediante el estudio de la historia del bien inmueble en cuestión, brinda seguridad jurídica al adquirente, por medio del saneamiento jurídico del inmueble. Este estudio realizado por el notario permite, además de conocer con exactitud lo que se está transando, saber si existen embargos sobre el bien, conocer el actual propietario registrado, si existe alguna hipoteca, si existe alguna servidumbre, etc.

Los escribanos públicos en Uruguay son profesionales universitarios graduados de la Universidad de la República u otras universidades de carácter privado (UM, UCUDAL y UDE). Si bien el solo hecho de poseer el título universitario luego de 5 o 6 años de estudios, les da licencia de actuar otorgando la fe pública, los escribanos públicos deben prestar juramento ante la Suprema Corte de Justicia, y este mismo órgano puede suspenderlos o cesarlos en sus funciones, si se prueban hechos de clara falsificación o abuso en la función profesional.

A pesar de esta relación con el Poder Judicial, los escribanos públicos no son funcionarios públicos, y actúan como profesionales liberales, que son contratados por quienes se proponen otorgar negocios jurídicos, quienes pasan a ser clientes del notario. Los escribanos públicos, en Uruguay, ejercen en todo el territorio nacional indistintamente, sin numeración, sin honorarios definidos públicamente, sin remuneración pública, ni adscripción a una jerarquía funcional administrativa estatal.

Los notarios se agrupan, en un 95%, en la Asociación de Escribanos del Uruguay, que es una organización profesional no estatal, que no comporta colegiación obligatoria. La Asociación regula de manera privada la actividad profesional y establece un arancel de honorarios, al cual sus asociados están obligados ética y corporativamente.

Para el caso de escrituras de bienes inmuebles, se establece en el Artículo 1 inciso I del Arancel Oficial: el cobro de 3% sobre el valor base. El valor base, en el caso de inmuebles, será el mayor de los siguientes: el que le asignen las partes, el valor real fijado por la Dirección Nacional de Catastro vigente para el pago del Impuesto a las Transmisiones Patrimoniales a la fecha del otorgamiento, y en las particiones o sucesiones. Por otra parte, si el escribano estimare que los honorarios no retribuyen equitativamente su trabajo, podrá tomar como valor base, el valor venal respectivo.

Existen algunos tipos de reducción de honorarios, como en el caso de viviendas MEVIR con un 50% cuando el escribano a su juicio entienda que la situación del adquirente así lo justifique. En el caso de SIAV, para viviendas tipo I en un 50%, tipo II, en un 37%, tipo III, en un 25% y para NBE, el honorario será de 12UR, en Hipotecas del MVTOMA se cobrará un 1% del valor base. En el PIAI, el honorario será de 6 UR. En viviendas del Banco Hipotecario o de la ANV, será el 35% hasta 3800 UR o 50% luego de las 3800UR. Existen también otros tipos de reducción de honorarios.

Por otra parte, el artículo 21 del Arancel Oficial prevé la posibilidad de incrementar en un 100% los honorarios del escribano, si este estimara que los honorarios no “retribuyan equitativamente su trabajo”.

El incumplimiento de las normas del Arancel, constituye falta sancionable conforme a lo dispuesto en el Código de Ética Notarial.

Según la Asociación de Escribanos del Uruguay, el escribano hará conocer a su cliente: la importancia y las consecuencias de los contratos de compraventa, permuta, cesión, donación, arrendamiento; la documentación de los distintos tipos de operaciones y sus incidencias impositivas; la trascendencia del estudio previo de títulos y de los requerimientos administrativos y registrales; los diversos tipos de contratos de garantía: hipoteca, fianza, prenda, etc.; los alcances de las cláusulas de los diversos contratos, en especial en los negocios preliminares (compromisos, boletos de reserva, señas); el significado y las consecuencias de la tenencia o posesión de los bienes adquiridos.

#### **4. DISCUSIÓN PRELIMINAR SOBRE ALGUNOS DE LOS COSTOS DE TRANSACCIÓN Y SU EVOLUCIÓN EN EL MERCADO INMOBILIARIO ACTUAL.**

En este cuarto capítulo, realizamos un breve y preliminar ensayo sobre los posibles costos de transacción que nuestro sistema registral carga al mercado inmobiliario. Estos cálculos son preliminares y están hechos sobre la mínima información disponible en las páginas de internet de la Dirección General de Registros, la Dirección de Estadísticas Agropecuarias, la Dirección Nacional de Catastro, el Banco Central del Uruguay, la Bolsa Electrónica de Valores y la Asociación de Escribanos del Uruguay.

##### **a. costos de la Dirección General de Registros:**

En 2008 se registraron 150.000 documentos de propiedad inmueble siendo 58.000 para Montevideo, en 2006 fueron 110.000, en 2004 fueron 120.000, y en 2002 fueron 110.000. En los cuales figuran para 2002 que 50% eran de titulación, 18% de hipotecas, 12% de resoluciones judiciales, 11% de promesas de compraventa, 7% de reservas de prioridad y 2% de arrendamientos.

De acuerdo con el sitio de internet de la Dirección General de Registros, en 2009 los ingresos por tasas registrales y otros a la Dirección General de Registros estaban en US\$ 20: de los que aproximadamente solo la mitad cubrirían el presupuesto de la Dirección. Desconocemos si la cifra es anual o correspondiente a los 5 años de administración, aplicando el cálculo más conservador, tomaremos que los costos mencionados son para cada año de la administración, otorgándole costos al mercado inmobiliario anuales de la Dirección General de Registros equivalentes a 1: US\$ (2: US\$ el total de los costos de la DGR anuales, aplicándole 50% solo para registro inmobiliario). Con un costo aproximado de 10US\$ la transacción.

##### **b. honorarios de los escribanos:**

Según los datos que hemos reunido hasta el momento, podemos revisar la evolución del mercado inmobiliario rural con datos de DIEA y la evolución del mercado inmobiliario de Maldonado con datos del Diario El País, referentes al derecho de preferencia de la Intendencia Departamental de Maldonado. Estos dos mercados son de suma relevancia para el Uruguay puesto que en ellos radica la producción agropecuaria de base exportadora y el principal destino de servicios turísticos con el desarrollo inmobiliario urbano más importante del país.

Asumimos que para ninguno de estos dos tipos de inmuebles se aplicarán reducción de honorarios puesto que no están incluidos en las excepciones del Arancel Oficial, por otra parte entendemos que dada la relación cliente-profesional pueden existir reducciones voluntarias, pero que éstas, bajo el Arancel Oficial, son una clara falta ética y corporativa por lo que no serán consideradas para el análisis. Siendo conservadores asumiremos que los notarios intervinientes todos comprendieron que estaban siendo remunerados equitativamente y que no aplicaron el aumento del 100% al arancel original de 3% sobre el valor base.

**c.i. Analizando los costos de transacción en el mercado de bienes inmuebles rurales observamos:**

Año	Número de operaciones	Superficie vendida		Valor	
		Total (miles ha)	Promedio (ha)	Total (millones U\$S)	Promedio (U\$S / ha)
<b>Total</b>	<b>23.205</b>	<b>5.909</b>	<b>255</b>	<b>5.453</b>	<b>923</b>
2000	1.517	308	203	138	448
2001	1.966	530	270	219	413
2002	1.598	365	229	141	385
2003	2.156	741	344	311	420
2004	2.746	758	276	503	664
2005	2.872	846	295	613	725
2006	3.245	859	265	972	1.132
2007	3.277	676	206	968	1.432
2008	2.952	684	231	1.260	1.844
2009 <sup>1/</sup>	869	143	164	328	2.299

Fuente: MGAP-DIEA en base a información de la DGR.

<sup>1/</sup>Enero 1 a junio 30 de 2009.

En 2008 (último año de información complet que hemos incorporado en la elaboración de este estudio, para el estudio final se prevé agregar 2009 y 2010) se vendieron inmuebles por un total de 1.260:US\$ en 2959 transacciones, si a esto le aplicamos el Arancel Oficial, los honorarios globales anuales ascenderían a 37.8: US\$ con un costo aproximado de 13.000 US\$ por transacción.

**c.ii. Analizando los costos de transacción en el mercado de bienes inmuebles urbanos y suburbanos de Maldonado:**

Entre el 1º de enero de 2009 y el 30 de junio de 2010, se registraron transacciones por un monto total de 1.450: US\$. Si este dato lo anualizamos nos da un monto anual de 966:US\$, si a esto le aplicamos el Arancel Oficial, los honorarios globales anuales ascenderían a 29: US\$. Al no tener identificada la cantidad de transacciones, es imposible conocer el costo por transacción, pero si estimamos una media de US\$200.000 por inmueble para Maldonado, podríamos advertir que hubo alrededor de 7.200 transacciones con un costo por transacción que ascendería a 4.000US\$.

Integrando ambos análisis: rural y Maldonado, podemos observar un costo global anualizado de 66: US\$ para un "año reciente". Es claro que este "año reciente" puede no ser representativo del mercado en la última década, sino que tiene un comportamiento relativamente mejor. Podemos entonces advertir que para los años más bajos este dato podría llegar a representar el 15%, correspondiendo a aproximadamente 10:US\$ anuales.

Por otra parte, podemos considerar escenarios en donde el volumen de transacciones

augmente hasta llegar a un monto posible y real de 100:US\$ de costos de transacción anualizado para los honorarios globales de escribanos, en el mercado inmobiliario rural y de Maldonado.

Es importante reconocer que los inmuebles rurales y los de Maldonado son los dos mercados inmobiliarios más importantes del país. El resto de los mercados inmobiliarios urbanos sumados pueden ofrecer cifras similares. Pudiendo considerarse un costo de honorarios de escribanos, ante un escenario de alta-media en 150:US\$ anuales para todo el Uruguay.

Para tener un marco de referencia sobre los costos de transacción relativos que tiene nuestro mercado inmobiliario ante otros mercados analicemos el mercado bursátil electrónico de Uruguay.

**c.iii. Analizando los costos de transacción en el mercado bursátil electrónico:**

	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09
Nº de días hábiles	20	18	22	20	19	21	23
DINERO*	32.777	62.853	52.997	66.374	56.324	52.359	53.987
CAMBIOS*	14.902	11.420	9.734	11.241	12.370	13.700	14.598
VALORES*	44.588	33.986	32.882	30.933	39.269	51.724	43.069
<b>TOTAL*</b>	<b>92.267</b>	<b>108.259</b>	<b>95.613</b>	<b>108.548</b>	<b>107.963</b>	<b>117.783</b>	<b>111.654</b>
<b>TOTAL MENSUAL</b>	<b>1.845.340.000</b>	<b>1.948.662.000</b>	<b>2.103.486.000</b>	<b>2.170.960.000</b>	<b>2.051.297.000</b>	<b>2.473.443.000</b>	<b>2.568.042.000</b>

	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09	Anual
Nº de días hábiles	20	22	21	20	21	247
DINERO*	45.183	46.059	36.183	74.427	50.296	629819
CAMBIOS*	14.575	14.149	20.086	19.756	24.595	181126
VALORES*	50.848	51.784	51.516	53.824	81.464	565887
<b>TOTAL*</b>	<b>110.606</b>	<b>111.993</b>	<b>107.784</b>	<b>148.007</b>	<b>156.355</b>	<b>1376832</b>
<b>TOTAL MENSUAL</b>	<b>1.845.340.000</b>	<b>1.948.662.000</b>	<b>2.103.486.000</b>	<b>2.170.960.000</b>	<b>2.051.297.000</b>	<b>2.473.443.000</b>

\*en miles de dolares / promedio diario del monto de transacciones

	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Set-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09	Anual
Nº de días hábiles	20	18	22	20	19	21	23	20	22	21	20	21	247
DINERO*	30	36	38	46	41	40	38	29	30	28	41	32	429
CAMBIOS*	75	49	41	48	46	46	46	49	55	78	74	89	696
VALORES*	29	28	31	29	31	31	26	32	36	32	25	36	366
<b>TOTAL*</b>	<b>134</b>	<b>114</b>	<b>110</b>	<b>123</b>	<b>117</b>	<b>117</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	<b>121</b>	<b>137</b>	<b>140</b>	<b>157</b>	<b>1490</b>
<b>TOTAL MENSUAL</b>	<b>2680</b>	<b>2052</b>	<b>2420</b>	<b>2460</b>	<b>2223</b>	<b>2457</b>	<b>2530</b>	<b>2200</b>	<b>2662</b>	<b>2877</b>	<b>2800</b>	<b>3297</b>	<b>30.658</b>

\*promedio diario de cantidad de transacciones

La Bolsa Electrónica de Valores S.A. (BEVSA) registró un valor negociado de 28.344: US\$ en 2009, gestionando entonces activos por 12 veces el valor de transacción anual inmobiliaria observada para un año reciente (2008 rural + 2009 Maldonado). Considerando que según consta en la Memoria Anual 2009 de BEVSA, se operaron 30.658 transacciones por las pantallas electrónicas en dicho año, y que de acuerdo con los estados contables de la institución los ingresos operativos ascendieron a 2,2: US\$, puede estimarse en 72 US\$ el costo por transacción, equivalente a un 0,01% del mercado transado.

Este es el costo de transacción en un mercado mayorista líquido como es BEVSA. Para arribar al costo de transacción total hasta el inversor individual, habría que

agregar luego lo que cada cliente de BEVSA cobra a sus clientes. Este valor es bastante complejo de estimar y excede el alcance del presente trabajo, pero podría simplificarse razonablemente suponiendo una comisión mínima usual en el mercado de valores del 0,5%. Es decir que para cada operación en BEVSA, podría pensarse que hay costos de transacción de 0,51%, o 4.695 US\$, hasta los inversores individuales<sup>1</sup>.

El mercado bursátil es un mercado mucho más complejo, con una mayor diversidad de operadores y operaciones más dinámicas, sin embargo se ha simplificado enormemente con la utilización del Sistema de Información de Operativa Electrónica (SIOPEL).

Es entonces claro y evidente que los costos de transacción inmobiliaria por volumen de montos transados en Uruguay son excesivamente altos si los comparamos con otros mercados más complejos y dinámicos. Teniendo una relación de costos de transacción de 3.05% (obligatorio) en el mercado inmobiliario contra uno estimado en 0,51% en el mercado bursátil electrónico.

Comparando los costos de las transacciones al respecto del volumen de montos transados entre los mercados estudiados podemos observar que los costos de transacción del mercado inmobiliario son 6 veces más caros para un mercado 12 veces más chico comparado con el mercado bursátil electrónico, dándonos un índice de eficiencia de 72 a 1 entre los costos de transacción de uno a otro mercado.

## **5. ENSAYO PRELIMINAR DE POSIBLES AVANCES HACIA UN NUEVO SISTEMA DE REGISTRO DE LA PROPIEDAD INMUEBLE EN EL URUGUAY DE LA REFORMA DEL ESTADO, EL GOBIERNO ELECTRÓNICO Y LAS TICS.**

El registro de la propiedad inmueble es una pieza clave de la Infraestructura de Datos Espaciales del Uruguay, esta pieza clave puede y debe tornarse en el claro articulador entre los derechos y deberes de los propietarios de los bienes inmuebles, el sistema tributario y el sistema de planificación y ordenación del territorio llevado adelante por el Estado.

Para comprender activamente esa función clave haremos un breve repaso de los dos principales obstáculos y sus costes y haremos mención de posibles caminos hacia un sistema más eficiente y económico:

### ***a. La multiplicación de instituciones que llevan el sistema registral inmobiliario:***

Varios organismos y personas están envueltos en el registro inmobiliario: la Dirección General de Registros, la Dirección Nacional de Catastro, los escribanos públicos y los ingenieros agrimensores. Si bien en el reparto actual de funciones, todos ellos tienen funciones medianamente claras e interrelacionadas, existen actividades duplicadas. Se podría fácilmente considerar una única institución que agrupe las actividades públicas y que claramente normalice y ordene las actividades profesionales privadas.

<sup>1</sup> - Es conveniente recordar que las transacciones en BEVSA tienen carácter mayorista, por lo que están asociadas a un número mayor de operaciones minoristas sucesivas.

Al respecto de esto existe desde 1994 en la Dirección General de Registros un anteproyecto de ley, con el que se constituiría una organización registral paraestatal, o persona jurídica pública no estatal, llamado Instituto Nacional de Registros.

Por otra parte desde 2008 existe en la Dirección Nacional de Catastro un anteproyecto de ley de catastro que establecería claramente las funciones de descripción espacial de los bienes inmuebles y la relación con el Registro y otras actividades al respecto del mercado inmobiliario.

Es de interés de los autores mencionar que la mejor opción ante estas aspiraciones de cambio, sea crear una única institución integrada bajo la forma jurídica ente autónomo (el grado mayor de autonomía que existe en el sistema administrativo uruguayo) de exclusiva actuación técnica, con las características de gobernanza electrónica que permita la gestión de todos los datos del mercado inmobiliario, sean estos: la definición espacial del bien inmueble bajo las mejores prácticas de agrimensura digital, los derechos y obligaciones que emanen del gobierno nacional o departamental o entre privados (incluidos hipotecas, normativas de planificación, y los embargos), tributación inmobiliaria, las servidumbres registradas, la titularidad y el valor en moneda del inmueble.

Y que utilice, como base, una matrícula digital única y universal por inmueble, del tipo folio real, que contenga tanto información de propiedad, como descripción espacial y que sanee completamente las incertidumbres de los bienes inmuebles en el mercado inmobiliario.

Este ente autónomo integrado deberá tener una estrecha relación con la Infraestructura de Datos Espaciales, la Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información, el Poder Judicial, los bancos hipotecarios, el Congreso de Intendentes, las Intendencias Departamentales y el Ministerio de Economía.

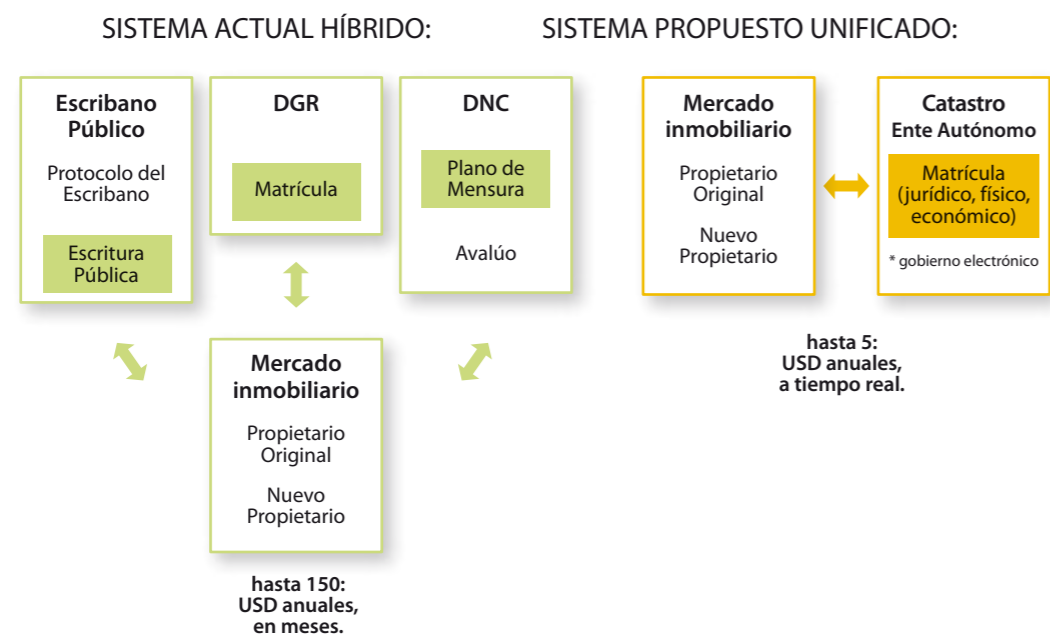
La construcción de un sistema de matriculación general y estatal deberá necesariamente incorporar un grupo reducido de funcionarios calificados (escribanos públicos estatales, juristas académicos que tengan la tarea de sanear las incongruencias jurídicas que se desprendan del sistema anterior), incongruencias que se dan en el menor de los casos y que a medida que se desarrolle el sistema comenzarán a verse disminuidas. Esta es en definitiva la tarea primordial que poseen hoy los escribanos al respecto del mercado inmobiliario, y es la característica fundamental del modelo del notariado "latino", que consiste en que el escribano es un jurista y no un mero certificador, resultando así en una figura que evita conflictos y da seguridad jurídica, y desde el caso propuesto sea desde el Estado y no por el Estado.

Es sensato pensar que un sistema como el propuesto tenga un costo de alta de 150: US\$ de instalación y un costo de mantenimiento de 5:US\$ anuales, el ahorro anual de este tipo de inversiones para el mercado inmobiliario podría estar en el entorno del 100:US\$ anuales (sin contar ahorros en actuaciones judiciales). No es difícil imaginarse a su vez que el éxito de este tipo de sistema pudiera ser fácilmente exportable a otros países y regiones en los cuales los costos de transacción inmobiliarios sean todavía altos o que ni tan siquiera existan mercados inmobiliarios desarrollados por falta de sistemas registrales evolucionados o falta de tecnología, lo que podría posibilitar que el Uruguay estuviera en

condiciones de vender conocimientos creados localmente, a terceros países, cuestión que podría incluso pagar parte del I+D de inversión inicial.

Este ente autónomo deberá a su vez proponer normalizaciones en las actividades registrales. Es, para el caso de la descripción espacial del bien inmueble, un excelente ejemplo la Norma de Ejecución No. 92 del Instituto Nacional de Colonización y Reforma Agraria (INCRA) dependiente del Ministerio de Agricultura de Brasil, que diseñó e implementó un sistema único y uniforme de descripción de inmuebles rurales, utilizando la red geodésica SIRGAS 2000, que todos los ingenieros agrimensores están obligados a utilizar y a producir sus planos en papel y de manera digital. La uniformidad y continuidad de la definición de bienes inmuebles ofrece seguridad jurídica y una clara definición del bien transable.

Por otra parte, el ente autónomo deberá analizar jurídica y económicamente y recomendar la simplificación de la multiplicidad de tipos registrables al respecto de enajenación de inmuebles. Como por ejemplo, los nefastos contratos de promesa de compraventa, promesa de enajenación de inmuebles a plazo, promesas simples y boletos de compraventa, que son fuentes de incertidumbre jurídica, puesto que no transmiten la propiedad, ni tampoco son una hipoteca.



Hasta el momento que una institución de este tipo no pueda ser creada, se podrían definir ajustes que desde el sistema actual reduzcan los costos de transacción del mercado, es allí que analizamos la fuente más importante de costos de transacción actuales, en busca de una alternativa temporal e inmediata:

### b. La aplicación de un "Arancel Oficial" de corte privado.

Los honorarios del escribano público debieran estar regidos por el Estado, como lo indica la Unión Internacional del Notariado Latino, de la que la Asociación de Escribanos

del Uruguay es parte, la UINL dice: "por las especiales características del servicio público encomendado a los notarios, siempre se ha considerado más razonable establecer su retribución por arancel fijo, determinado por los órganos del Gobierno. Un sistema de precios libres induciría una merma en la calidad del servicio y trastocaría el sistema de fe pública, con lo que resultaría afectado el valor constitucional de la seguridad jurídica. Así, en la casi totalidad de los países, los notarios son retribuidos por arancel fijado por los Gobiernos nacionales."

La fijación estatal de los honorarios del escribano público a costos razonables al respecto de la complejidad de sus funciones en actuaciones de bienes inmuebles induciría un cambio sustancial en los costos de transacción del mercado inmobiliario, y a pesar de que el sistema registral diste mucho de su estado de eficiencia óptima dada por un sistema único centralizado, esta alternativa temporal e inmediata sería económicamente más eficiente de lo que es el sistema actual.

Es claro que, ante cualquier intento de fijación de precios por parte del Estado, podría aducirse que la calidad del trabajo mermaría, se podría considerar entonces la existencia de un sistema de numeración dinámico en el cual se considere el volumen anual de transacciones en el mercado inmobiliario y el volumen total de honorarios percibidos y se fije la numeración anual que representase el ingreso promedio y el volumen de trabajo de un juez de la República, si consideramos que un juez puede tratar 150 casos anualmente y percibe aproximadamente 50.000US\$ anuales, estaríamos observando un costo por transacción de 330 US\$, si aplicáramos costos similares, el costo total por ejemplo para el mercado inmobiliario rural en 2008 (con 2959 transacciones) en Uruguay sería de 1: US\$ en vez de los 37.8: US\$ de costo bajo el régimen de Arancel Oficial de corte privado.

ESC.	CARGOS	Sueldo 40 horas	Sueldo con compensaciones 01/01/2010
I	Juez Ldo. 1º Inst. Cap.	67.803	85.949
I	Juez Ldo. 1º Inst. Sup.	67.803	85.949
I	Secretario Letrado	67.803	85.949
I	Prosecretario Letrado	59.363	75.160
I	Juez Ldo. 1º Inst. Int.	59.363	75.160
I	Juez Ldo. 1º Inst. Int. Sup.	59.363	75.160
I	Juez Paz Dep. Cap.	50.922	64.370
I	Juez Paz Dep. Sup.	50.922	64.370

No es para nada trivial comparar los costos profesionales del sistema judicial con el sistema notarial, puesto que en todo caso el sistema notarial existe para reducir los costos judiciales.

Necesariamente debe existir un mecanismo de ingreso a la numeración notarial, al que nuevamente se podría considerar el ejemplo del Poder Judicial: con un Centro de Estudios Notariales y un mecanismo de evaluación que expulse en cada numeración anual a los profesionales peor calificados.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

2010: Estadísticas y Presupuesto, Dirección General de Registros, Ministerio de Educación y Cultura. [www.dgr.gub.uy](http://www.dgr.gub.uy)

2003: **Croce, Juan Pablo**, El Sistema Registral Uruguayo, ponencia en Antigua.

1997: Ley 16871 "Registros Públicos", República Oriental del Uruguay.

2010: Asociación de Escribanos del Uruguay, Arancel Oficial. [www.aeu.org.uy](http://www.aeu.org.uy)

2010: **Asociación de Escribanos del Uruguay**: "El decálogo del Escribano", "El notariado en el Uruguay", "El Escribano profesional de confianza", "Naturaleza y marco regulatorio" [www.aeu.org.uy](http://www.aeu.org.uy)

2010: **Unión Internacional del Notariado Latino**: "El notario en la historia", "El notario en la sociedad moderna", "Principios de deontología notarial", "Principios fundamentales del sistema de notariado de tipo latino". [www.uinl.net](http://www.uinl.net)

2007: **Siniacoff y Fraga**: Historia y aspectos del Catastro, Intendencia Municipal de Montevideo.

2010: **INCRA**: Norma de ejecución No92, Gobierno Federal de Brasil.

2009: **BCU-KPMG**: Balance BEVSA "Informe dirigido al directorio referente a la auditoria de los estados contables consolidados por el ejercicio anual terminado el 31 de diciembre de 2009".

2009: **BEVSA**: "Memoria Anual del Directorio Correspondiente al Ejercicio Cerrado el 31 de diciembre de 2009."



**ide** infraestructura de datos espaciales  
de la república oriental del uruguay