

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

**Sistema de información geográfica aplicado a la integración de
Georeportes y Geoestadísticas de las empresas eléctricas de
distribución del país integrando la información espacial con
web services**

Giovanni Patricio Guartatanga Guartatanga

Richard Resl, Ph.Dc., Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención
del título de Magister en Sistemas de Información Geográfica

Quito, enero de 2013

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Postgrados

HOJA DE APROBACION DE TESIS

Sistema de información geográfica aplicado a la integración de Georeportes y Geoestadísticas de las empresas eléctricas de distribución del país integrando la información espacial con web services

Giovanni Patricio Guartatanga Guartatanga

Richard Resl, Ph.Dc.

Director de Tesis

Anton Eitzinger, Msc.,

Miembro del Comité de Tesis

Richard Resl, Ph.Dc.

Director del Programa de Maestría en
Sistemas de Información Geográfica

Stella de la Torre, Ph.D.,

Decana del Colegio de
Ciencias Biológicas y Ambientales

Victor Viteri Breedy, Ph.D.,

Decana del Colegio de Postgrados

Quito, enero de 2013

© Derechos de autor

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: Giovanni Patricio Guartatanga Guartatanga

C. I.: 0102076924

Fecha: Quito, 25/04/2013

DEDICATORIA

A mi esposa, a mis hijos, quienes
siempre me han brindado su apoyo
y comprensión.

AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer a la Universidad San Francisco de Quito y en forma muy particular a Richard Resl por toda su colaboración, apoyo y conocimientos compartidos.

Resumen

La Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR a través del proyecto SIGDE (Sistema Integrado de Gestión de la Distribución Eléctrica) del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, entre uno de sus objetivos está llevando a cabo la Infraestructura de Sistemas de Información Geográfica que garantice la publicación web y la interoperabilidad de esta información través de un modelo único de gestión y bajo estándares internacionales, que ayude a fortalecer los procesos de gestión de operación de las empresas de distribución eléctrica del país, mejorar la calidad del servicio, atención a los clientes, reducción del tiempo de atención a reclamos ubicando con precisión los sitios donde se producen eventos que afecten el normal funcionamiento del sistema, mejorar la planificación de la operación, ubicación geográfica referenciada de los clientes entre otros.

Dentro de este contexto, en el marco de adopción de un solo modelo de sistemas de información geográfico para todo el sector eléctrico del país, se desarrolló un Geoportal de estadísticas y georeportes, como complemento para el Sistema de Información Geográfico y Consultas, el mismo que constituye el punto de entrada a servicios de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), enmarcados en un diseño de interfaz de usuario que proporciona el acceso a funcionalidades para la consulta y obtención de datos estadísticos georeferenciados a través de servicios web de los elementos de las redes de distribución eléctrica y el estado de la infraestructura eléctrica, información que se convertirá en un insumo de gran valor para la toma de decisiones y para la

planificación de actividades, proyectos, obras e inversiones que requieran ejecutar las empresas y otras tareas de los organismos de control del MEER.

Abstract

The Regional Utility CENTROSUR through SIGDE (Integrated Electrical Distribution Management System) of the Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) has between one of its objectives, develop the Geographic Information Systems Infrastructure of the electric utility companies of the country to ensure web publication and interoperability of information through a single management model under international standards, to help strengthen management processes, improve service quality, customer service, reduced time of claims accurately by locating the places where events that affect the normal operation of the electric system occur, improve operation planning, customers geographic location, among others.

Within this context, as a part of the adoption of a single geographic information system model for the entire country, we developed in addition to the Geographic Information Queries System, a statistics and georeports portal that is an entry point to Spatial Data Infrastructure (SDI) services, framed in a user interface design that provides consultation access of geo-referenced statistical data that is obtained through web services; information that will become a valuable input for decision-making and planning activities that utilities and other MEER's agencies require.

TABLA DE CONTENIDOS

Contenido

CAPÍTULO I	16
1 INTRODUCCIÓN	16
1.1 ANTECEDENTES	16
1.2 PROPÓSITO	17
1.3 DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS	18
1.4 OBJETIVOS	19
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	19
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.4.3 JUSTIFICACION	20
CAPÍTULO II	24
2 MARCO TEÓRICO	24
2.1 PROGRAMAS INFORMÁTICOS SIG	24
2.1.1 DATOS	25
2.1.2 Componente espacial	26
2.1.3 Modelo vector	27
2.1.4 MODELO RASTER	28
2.2 CARTOGRAFÍA	30
2.2.1 INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM)	30

	11
2.3 SERVICIOS WEB.....	33
2.3.1 SOAP (Simple Object Access Protocol)	35
2.4 SERVICIOS DE MAPAS	36
2.5 GEOPORTALES	38
2.6 ESTADÍSTICAS Y GEOESTADÍSTICAS	39
2.7 PLATAFORMA .NET	40
2.7.1 INTRODUCCIÓN A .NET	40
2.7.2 LA ARQUITECTURA .NET FRAMEWORK	42
2.8 MICROSOFT SILVERLIGHT	42
2.8.1 INTRODUCCIÓN A SILVERLIGHT	42
2.8.2 EL USUARIO Y SILVERLIGHT	44
2.8.3 LA ARQUITECTURA DE SILVERLIGHT	46
2.8.4 XAML.....	48
2.8.5 SERVICIOS WEB EN SILVERLIGHT	49
2.8.6 ARCGIS VIEWER FOR SILVERLIGHT	52
2.9 GIS AM/FM	54
2.10 IMPLEMENTACION DEL MODELO MULTI SPEAK.....	54
2.11 APLICACIONES BASADAS EN SIG	56
2.12 CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE Y SOFTWARE	56
2.12.1 SERVIDORES.....	56
2.12.2 BASE DE DATOS	57
2.12.3 SOFTWARE	57

	12
CAPÍTULO III	59
3 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB SIG	59
3.1 ANÁLISIS DE REQUISITOS	62
3.1.1 ELEMENTOS FUNCIONALES	62
3.1.2 ELEMENTOS NO FUNCIONALES.....	64
3.2 METODOLOGÍA DE DESARROLLO	66
3.3 PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD Y DESARROLLO	68
3.4 ELEMENTOS DE LA APLICACIÓN	71
3.4.1 MAPAS BASE.....	71
3.4.2 Utilidades y herramientas	73
3.4.3 Herramienta para identificar capas.....	74
3.5 Evaluación de resultados.	75
3.5.1 ArcGIS Server.....	76
3.5.2 Cartografía.....	77
3.5.3 API de ArcGIS para Microsoft Silverlight	78
3.5.4 DEFINICIÓN DE ESTÁNDARES.....	78
3.5.5 CONSULTAS PREPROCESADAS.....	79
CAPITULO IV	80
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
4.1 CONCLUSIONES.....	80
4.2 RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	83

ANEXO A	86
1 MANUAL DE USUARIO.....	86
1.1 INICIAR APLICACIÓN	86
1.2 BARRA SUPERIOR CINTA DE OPCIONES.....	87
HERRAMIENTA CAPAS.....	88
1.2.1 HERRAMIENTA LAYERS	89
1.2.2 HERRAMIENTA MEDIR	90
1.2.3 HERRAMIENTA CONSULTA	91
1.2.4 HERRAMIENTA ESTADÍSTICA	93
1.2.5 ELEMENTO IMPRESIÓN.....	95
1.3 BARRA LATERAL SUPERIOR DERECHA.....	96
1.3.1 HERRAMIENTA FULL MAPA.....	97
1.3.2 HERRAMIENTA MOVER	97
1.3.3 HERRAMIENTA RELIEVE	98

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Flujograma	19
Ilustración 2 –Modelos de datos Raster y Vectorial.....	27
Ilustración 3 - Imagen vector	28
Ilustración 4 - Imagen raster.....	28
Ilustración 5 Catálogo de Objetos Cartográficos	33
Ilustración 6 - Esquema funcionamiento Web Services	34
Ilustración 7 - Web Services y aplicación desktop.....	35
Ilustración 8 - Cuadro de arquitectura .NET Framework	42
Ilustración 9 - Modelos de programación y presentación Web	44
Ilustración 10 - La arquitectura Silverlight	46
Ilustración 11 - Arquitectura de aplicación con Silverlight	48
Ilustración 12 - Modelo Multispeak del Cliente	55
Ilustración 13 Proceso de Desarrollo del Geoportal	59
Ilustración 14 - Esquema de las diferentes APIs para desarrollo web en ArcGIS Server.....	61
Ilustración 15 - Cuadro con los elementos funcionales de la aplicación Web ..	63
Ilustración 16 - Cuadro con los elementos no funcionales de la aplicación Web	66
Ilustración 17 - Visión general de la aplicación Web.	68
Ilustración 18 - Mapas Base utilizados en la aplicación Web	72
Ilustración 19 - Aplicación Web donde se muestra la herramienta de navegación.....	74

Ilustración 20 - Herramienta el control de las capas operacionales de la aplicación Web.....	75
Ilustración 21 Arquitectura de ArcGIS Server.....	77
Ilustración 22 - Ventana Principal.....	86
Ilustración 23 - Cinta de opciones	87
Ilustración 24 - Elementos de la Cinta.....	88
Ilustración 25 - herramienta capas	89
Ilustración 26 - Herramienta Layers	90
Ilustración 27 - Herramienta medir	90
Ilustración 28 - Herramienta Consulta	91
Ilustración 29- Herramienta Selección.....	92
Ilustración 30 - Herramienta Estadística.....	93
Ilustración 31 - Herramienta Exportación	94
Ilustración 32 - Herramienta estadística predeterminada	95
Ilustración 33 - Grafica estadística	95
Ilustración 34 - Herramienta impresión.....	96
Ilustración 35 - Barra lateral superior derecha.....	96
Ilustración 36 - Herramienta Full Mapa	97
Ilustración 37 - Herramienta mover	98
Ilustración 38 - Herramienta relieve.....	98

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur a través de los años, ha venido liderando la implantación de proyectos de última tecnología que le permiten contar con una infraestructura adecuada con el propósito de mejorar su gestión y de cumplir con su misión de suministrar el servicio público de electricidad con calidad y eficiencia.

Una de las principales características de esta Empresa y que le ha llevado a liderar a nivel nacional y ser reconocida internacionalmente es la conformación de equipos interdisciplinarios con la participación de personal técnico más capacitado de las diferentes direcciones de la Empresa.

Uno de los proyectos en los cuales se conformó un equipo interdisciplinario debido a la imperiosa necesidad de disponer información de las redes eléctricas actualizadas que le permita mejorar el mantenimiento preventivo y la atención inmediata a sus clientes cuando exista deficiencia de la calidad del servicio eléctrico fue la implantación del AM/FM-GIS (Automatic Mapping / Facilities Manager Sistema de Información Geográfico) basado en las experiencias disponibles a nivel mundial.

En la actualidad la explotación del AM/FM GIS, está en la parte operativa como es el estándar a nivel mundial, el sistema mantiene la información de la red eléctrica, el principal objetivo es monitorear los parámetros de calidad de servicio respecto a los clientes, siendo necesario conocer la relación del cliente

a la red para determinar sus interrupciones de servicio, su nivel de tensión en el punto de entrega, cuando se interrumpe por mantenimiento y compensaciones de acuerdo a la Ley.

Si bien existen procedimientos para mantener la información eléctrica y cartográfica actualizada, es necesario contar con herramientas que permita a todos los usuarios realizar diferentes consultas de los datos de redes ingresados para los diferentes informes internos y externos, brindar eficientemente y adecuada la información, para la toma de decisiones o para verificar el crecimiento de las redes de distribución.

1.2 PROPÓSITO

El Geoportal deberá permitir el acceso a un visor de mapas en donde se integren los datos alfanuméricos y geográficos para obtener la información con respecto al acceso común a los servicios de exploración, consulta, visualización y resultados estadísticos de Redes de Distribución de la CENTROSUR.

Actualmente están disponibles, mapas, incluyendo el metadato correspondiente e imágenes de referencia rápida.

Las funciones disponibles en el Geoportal son:

- Visualización y sobre posición de mapas utilizando Web Services.
- Herramientas básicas de navegación y consulta (visualización a diferentes escalas, transparencia y consulta de atributos).
- Búsqueda y filtración de datos estadísticos.
- Descarga de los resultados en formato de tabla Excel.

- Visualización de metadatos en formato HTML.
- Visualización de mapas prediseñados para impresión.

1.3 DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS

En base a las necesidades planteadas por los representantes de las empresas eléctricas en el Subcomité de Sistemas Geográficos, el Geoportal deberá tener la opción de mostrar un visor de mapas y la administración de un servicio Web para metadatos.

El visor de mapas del Geoportal permitirá realizar consultas por provincia, cantón o parroquia de tramos estatales del Ecuador, donde se muestre la información por tipo de contenido ya sea longitud, área u otros datos de Redes de Distribución del país.

Además debe ofrecer opciones de navegación como: acercar mapa, alejar mapa, desplazamiento en el mapa, presentar la información del tramo seleccionado en el mapa y contar con la opción de consulta de información del metadato adjunto a cada servicio proporcionado por el servidor de mapas.

En la presente tesis no se hace referencia a la integración del SIG con otras aplicaciones o sistemas propios para el sector eléctrico que paralelamente se están implementando para el control y análisis de la red eléctrica como SCADA y Análisis Técnico ya que son parte de otros estudios.

Para realizar el presente trabajo se ha elaborado un diagrama del proceso que se llevará a cabo y que permita plasmar los objetivos de la presente tesis.

FLUJOGRAMA DEL PROCESO

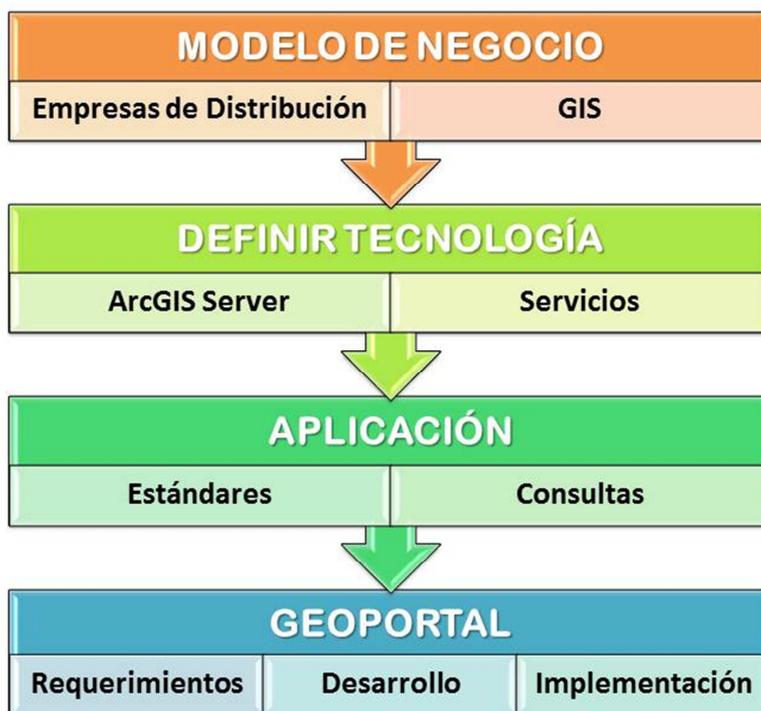


Ilustración 1 Flujograma

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una herramienta en ambiente web que presente información estadística y gráfica de los datos del SIG del sector eléctrico, para realizar informes, análisis, y brindar soluciones eficientes con el fin de monitorear, planificar y mejorar la calidad de las redes de distribución de cada empresa y servicio a sus clientes dentro su área de concesión.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el modelo homologado de SIG implementado en las empresas de distribución eléctrica del país.

- Definir la tecnología a ser utilizada para desarrollar el Geoportal en base al software existente en las ED's
- Determinar el uso de las herramientas y tecnologías de software y servicios para el desarrollo y utilización en el Geoportal.
- Desarrollar un Geoportal que integre la información de la base de datos geográfica para mostrar la información estadística requeridas por el usuario.
- Permitir la entrada y acceso de datos cartográficos y de atributos en diversos formatos estandarizados y fuentes.
- Desplegar y controlar múltiples capas cartográficas.
- Visualizar los datos en forma de mapa presentaciones para impresión.
- Manejar múltiples escalas y sistemas de proyección tanto en las capas como en el mapa.
- Crear diversos tipos de mapas temáticos.
- Disponer de un sistema de gestión de bases de datos, que incluya operaciones de enlace de datos no espaciales con los espaciales.
- Seleccionar y realizar consultas espaciales de los datos, incluyendo operaciones geográficas sobre una o varias capas cartográficas y atributos de las capas.

1.4.3 JUSTIFICACION

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable ha emprendido el proyecto "SIGDE" que pretende entre uno de sus objetivos la implementación de un SIG homologado para el sector eléctrico en todas las empresas de distribución del

país, con el propósito de optimizar el uso de recursos, mantener las redes actualizadas, mejorar y planificar el crecimiento de las redes de distribución, disminuir las variaciones y cortes de energía, detectar fallas, disminuir los problemas de atención a reclamos, de tal manera que se brinde un servicio de calidad y eficiencia a los clientes.

En virtud de que la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur tiene implementado un SIG-AM/FM desde el año 2003 ha servido de base para que con la adquisición del software ArcGIS de ESRI se replique a nivel nacional el modelo implantado en CENTROSUR a todas las empresas del país en base a la experiencia adquirida por CENTROSUR.

Para lograr una coordinación adecuada, a través del proyecto “SIGDE” se han formado subcomités, con delegados de las distintas empresas de distribución, entre los cuales se encuentra el Subcomité de Sistemas Geográficos” que lidera el personal de CENTROSUR, que entre sus objetivos principales se encuentran los siguientes:

- Disponer a corto plazo de un Sistema de Información Geográfico interoperable con los nuevos sistemas a implementarse mediante el proyecto SIGDE, que permitan mejorar la gestión de las Empresas Eléctricas.
- Unificar, definir y controlar los procesos, procedimientos e indicadores de gestión para control de la información en TIC´s en los SIG para obtener servicios homologados e información de calidad.

- Controlar la implementación de aplicaciones e interfaces informáticas relacionadas con los SIG en las empresas con el fin de que se ajusten a los objetivos generales del Proyecto SIGDE.
- Gestionar y normalizar automatizaciones, interfaces y la interoperabilidad entre los SIG y los Sistemas de Gestión:
 - Comercial
 - Sistemas de Gestión de Activos: transformadores, equipos, luminarias, flujo de trabajo, etc.
 - Sistemas de Análisis Técnico
 - Sistemas SCADA/OMS/DMS

Sin embargo para lograr cumplir con los objetivos planteados dentro del proyecto, si bien ya se encuentra implementado el modelo SIG-AM/FM en las empresas de distribución, es necesario contar con una herramienta que permita realizar consultas de la información de la red eléctrica de cualquier parte del país, es por ello que se ha optado por realizar la presente tesis con el propósito de apoyar activamente el proyecto, con el fin de contribuir al fortalecimiento de la gestión de la distribución eléctrica con el desarrollo de Georeportes y Geoestadísticas a través de un Geoportal en donde se pueda acceder a la información del SIG a través de web services, beneficiando la gestión de las empresas distribuidoras de energía y demás instituciones de regulación, control y planificación.

Un Portal es un sitio de navegación en Internet donde se permite publicar información en la web de manera fácil y rápida, sin tener conocimientos de

programación, ni de diseño de páginas web, ya que el sistema gestionará todos los demás detalles técnicos y administrativos.

Gracias a las nuevas tecnologías adquiridas por las empresas de distribución del país se propone la creación de un Geoportal que partiendo del software existente, el desarrollo del Geoportal permitirá la visualización de datos estadísticos geográficos utilizando web services para acceder a las diferentes geodatabases de las empresas distribuidoras.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 PROGRAMAS INFORMÁTICOS SIG

Los programas de manipulación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) constan de las herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y visualizar información geográfica.

Los componentes principales de un programa informático que permita construir un SIG son los siguientes:

- Sistema de manejo de base de datos.
- Interfaz gráfica con los usuarios para el fácil acceso a las herramientas.
- Herramientas para captura y manejo de información georeferenciada.
- Herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

Los programas informáticos disponibles para manejar los Sistemas de Información Geográfica (SIG) pueden ser comerciales, de dominio público y de enseñanza.

Los SIG comerciales están elaborados y vendidos por empresas que los mantienen y desarrollan continuamente, entre ellos se puede mencionar:

ARCGIS de ESRI (USA), IMAGINE de ERDAS (USA), MICROSTATION de INTERGRAPH (USA), etc.

Los programas de dominio público son elaborados por instituciones públicas y están disponibles de forma gratuita como por ejemplo los programas GRASS, SPRING, etc.

2.1.1 DATOS

Los datos representan el principal activo de cualquier Sistema de Información Geográfica (SIG), lo que significa que su eficacia se mide por el tipo, la calidad y la vigencia de los datos con los que opera.

La obtención de buenos datos puede absorber la mayor parte del presupuesto y del tiempo que se requiere para implementar un SIG. Previo a la utilización de cualquier herramienta SIG es recomendable plantearse dónde y cómo se obtendrá la información que integrará la base de datos, es decir, se debe estudiar la disponibilidad de datos geográficos con la que se cuenta.

Un dato geográfico se puede descomponer en dos elementos, que se describen a continuación.

- **Componente espacial o soporte:** Se refiere a una entidad geométrica sobre la cual se observa un fenómeno, puede ser puntual, lineal o poligonal.
- **Componente temática o atributo temático:** Puede ser cualquier hecho que adopte diferentes modalidades en cada observación, por ejemplo la concentración de metales pesados en el suelo.

Existen dos grandes tipos de fuentes de datos: la observación directa de la realidad y el uso de fuentes secundarias como mapas analógicos, fotografías aéreas, imágenes tomadas por sensores remotos en formato digital y

documentos numéricos que recogen informaciones temáticas, censales o de cualquier otro tipo.

La componente espacial se puede adquirir a partir de datos geométricos existentes en soporte CAD (diseño asistido por ordenador), capturándola por digitalización, por vectorización de imágenes o con técnicas topográficas mediante estaciones totales y GPS (Global Position System) o por fotogrametría. Existen funciones en un SIG que permiten depurar los datos, estructurarlos topológicamente y asociarlos con las bases de datos alfanuméricas (componente temática).

La componente temática se obtiene a partir de documentos alfanuméricos almacenados en forma de base de datos.

2.1.2 Componente espacial

Como se mencionó previamente, la componente espacial de un dato geográfico se refiere a una entidad geométrica sobre la cual se observa un fenómeno. Se puede codificar de dos maneras distintas: el modelo vectorial y el modelo raster. En la figura 2 se observa la representación de la realidad a través de los dos modelos.

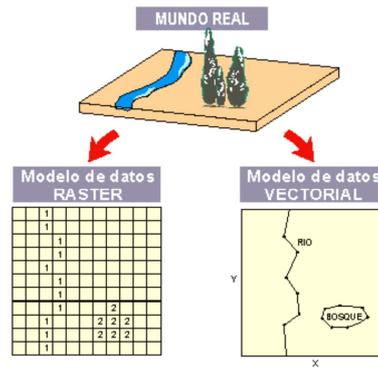


Ilustración 2 – Ortiz,G (2002) Modelos de datos Raster y Vectorial

Gabriel ortiz.com, Teoría GIS.

<http://www.gabrielortiz.com/index.asp?Info=012>

Se describen en los siguientes apartados los dos tipos de modelos y además la comparación entre ellos analizando sus ventajas y desventajas.

2.1.3 Modelo vector

En el modelo vector, la información sobre puntos, líneas y polígonos se almacena como una colección de coordenadas (x,y).

La ubicación de una característica puntual puede describirse con un solo punto de coordenadas (x, y), las características lineales se almacenan como un conjunto de puntos y finalmente las características poligonales, pueden guardarse como un circuito cerrado de coordenadas.

El modelo vectorial resulta extremadamente útil para describir características discretas, pero menos útil para describir características de variación continua.

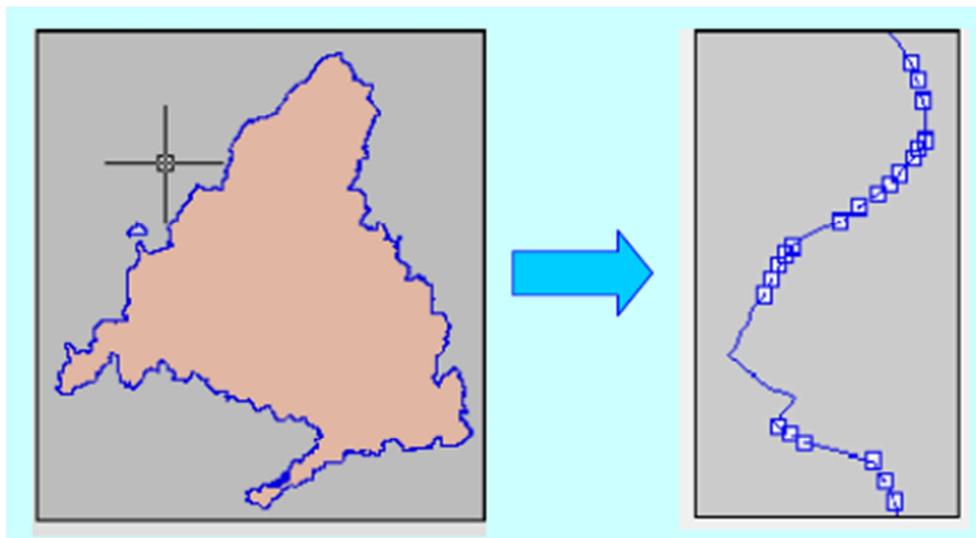


Ilustración 3 - Imagen vector

Fuente: www.esri.com

2.1.4 MODELO RASTER

En los sistemas raster el mapa se representa a base de celdas o píxeles de formas rectangulares o en células rectangulares o cuadradas, a cada una de las cuales se le asigna un valor.

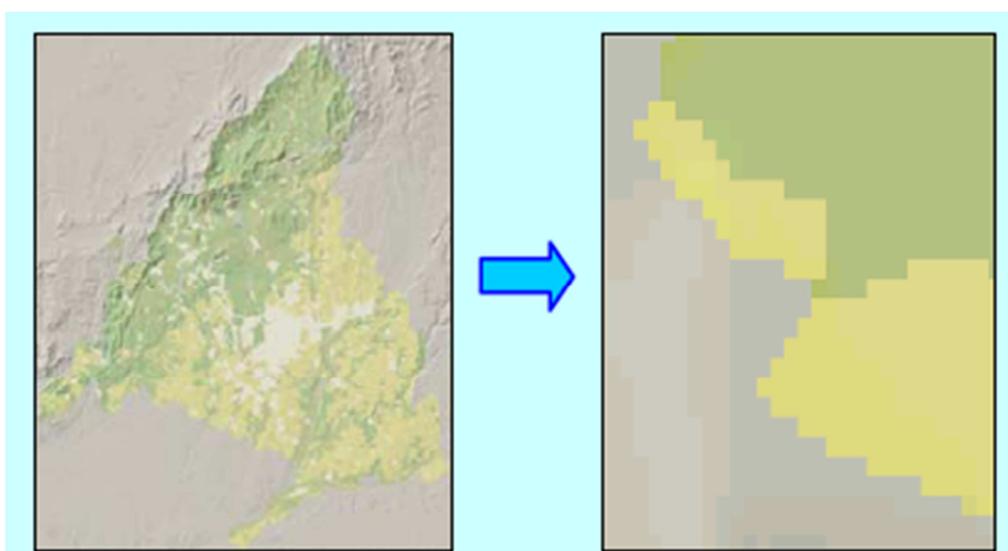


Ilustración 4 - Imagen raster.

Fuente: www.esri.com

En un modelo raster no se consideran explícitamente los objetos geográficos, sino que éstos surgen, de forma implícita, de la ordenación espacial de los valores de los píxeles. La topología de los objetos está contenida en la regularidad de la rejilla, la cual permite conocer cuáles son los vecinos de cada uno de los puntos del mapa y tener una idea de las relaciones espaciales existentes entre los elementos representados en el mapa.

Un elemento esencial de las imágenes raster es el tamaño del píxel ya que tiene asociado el número total de filas y columnas de toda la cuadrícula.

El tamaño del píxel establece la escala del mapa, es decir, la relación que existe entre una longitud de la realidad y su representación en el mapa. Cuanto más pequeño sea el píxel, más precisa será la representación de la realidad. Al mismo tiempo, cuanto más pequeño sea el píxel, mayor número de filas y columnas se necesitará para representar una misma porción del mapa y más laborioso será su tratamiento y análisis.

El criterio básico para establecer la escala de un mapa raster es el siguiente Star y Estes. (1990) *la longitud del píxel debe ser la mitad de la longitud más pequeña que sea necesaria representar de todas las existentes en la realidad.*

2.2 CARTOGRAFÍA

La cartografía ha desempeñado un papel fundamental a lo largo de la historia de la Humanidad. Tradicionalmente, los mapas han existido como láminas de papel individuales o como conjuntos de mapas denominados atlas. Con la llegada de las computadoras en el siglo XX, el concepto de mapa se ha ampliado, incluyendo en la actualidad además de la versión impresa su homólogo en formato digital.

La Cartografía es la ciencia que estudia los diferentes métodos y sistemas para representar sobre un plano una parte o la totalidad de la superficie terrestre, de modo que las deformaciones sean mínimas o que la representación cumpla condiciones especiales para su posterior utilización.

Dependiendo de la dimensión de superficie a representar será suficiente con un simple plano (Topografía) o una superficie más compleja similar a la superficie terrestre (Geodesia).

2.2.1 INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM)

Se enmarca en la década de los años veinte y respondió al imperioso requerimiento de las Fuerzas Armadas de disponer de la Carta Básica del país que permitiera planificar la seguridad del estado ecuatoriano.

Fue el Dr. Isidro Ayora, hombre con visión de futuro y devoción por la ciencia y la cultura, que atendiendo los requerimientos planteados por el Ejército, mediante Decreto Ejecutivo No. 163 del 11 de abril de 1928, creó el Servicio Geográfico Militar como un Departamento adscrito al Estado Mayor del Ejército. En 1947, durante el período presidencial del Dr. José María Velasco Ibarra, fue

elevado a la categoría de Instituto. Es la institución que grafica palmo a palmo el verdadero rostro geográfico del Ecuador de manera esforzada y silenciosa, cumpliendo 83 años de vida institucional y siendo artífice de su propio destino y desarrollo integral, de cuyos réditos ha sido beneficiaria la nación ecuatoriana.

En esta larga trayectoria son muchos los logros alcanzados por el IGM, en agosto de 1978 se promulga la Ley de la Cartografía Nacional, en la cual se establece su misión de realizar las actividades requeridas para la elaboración de la Cartografía Nacional y del archivo de Datos Geográficos y Cartográficos del país. De igual forma en el mismo año, mediante decreto No. 014 se facultó al I.G.M. la impresión de documentos valorados y de seguridad como timbres fiscales, sellos postales y toda especie valorada que necesite de seguridades extremas para su emisión, contribuyendo de esta forma al desarrollo socioeconómico y seguridad del país.

Actualmente el I.G.M. mantiene el liderazgo en la elaboración de la Cartografía Nacional, proporcionando datos reales en apoyo efectivo a la planificación de obras de ingeniería, planeación ambiental, el manejo de recursos y fundamentalmente en las decisiones de la política de gobierno, con la utilización de tecnología moderna y de última generación. Proporciona cartas y mapas actualizados, aplicando técnicas modernas para la obtención de cartografía en formato digital, utilización de ortofotos, mosaicos, fotografía a color, cartas de visualización tridimensional, etc.

La importancia de la cartografía radica que de ella se logren documentos de diferentes tipos que permitan la elaboración y ejecución de planes de seguridad y desarrollo. En este ámbito se enmarca la misión del I.G.M. por medio de la

generación de información geográfica y cartográfica que necesita nuestro país para alcanzar su seguridad y desarrollo, además elaborando productos gráficos de seguridad que los organismos públicos y privados requieren e instruyendo a la comunidad en materias relacionadas con la geografía, astronomía y otras ciencias de la tierra a través del Centro Cultural y el Planetario Universal.

En el ámbito de la Seguridad Nacional, el I.G.M. proporciona cartografía actualizada a los diferentes Niveles militares, Unidades y Destacamentos, especialmente a los ubicados en todos los sectores fronterizos y de áreas reservadas, para lograr un desarrollo armónico y sustentable. En apoyo al desarrollo nacional, el Instituto Geográfico Militar cumple con la tarea de proporcionar la Cartografía Básica de todo el territorio ecuatoriano, porque es la base indispensable para la planificación de proyectos y obras que tienen gran trascendencia, como trazado de vías, trabajos de ingeniería, prospección minera, planificación y ordenamiento urbano, catastros, exploración petrolera, educación, turismo y otros.

Presta asesoramiento a entidades públicas y empresas privadas en lo relacionado a levantamientos aerofotogramétricos, trabajos topográficos, implementación de sistemas catastrales urbanos y rurales multifinalitarios, posicionamiento satelitario, trabajos geodésicos, cartografía digital, cartografía temática, monitoreo multitemporal de volcanes a través de fotografía aérea, estudios geográficos, entre otros.

Dentro del proyecto SIGDE una comisión conformada por representantes de las empresas distribuidoras con el objetivo de normalizar y optimizar su gestión mediante un sistema único apoyado en un sistema de información geográfico

adoptaron y generaron un catálogo de objetos de cartografía básica basado en la publicación del Catálogo de Objetos de Cartografía Base versión 4 publicada por el Instituto Geográfico Militar.

LISTA DE CATÁLOGO DE OBJETOS PARA LAS EMPRESAS DE DISTRIBUCIÓN

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	OBJETO	CODIGO
CULTURA-A	RECREACIONAL	PARQUE_A	AK120
CULTURA-A	MISCELANEOS	EDIFICIO_A	AL015
CULTURA-A	MISCELANEOS	EDIFICIO_P	AL015
CULTURA-A	MISCELANEOS	ZONAURBANA_A	AL020
CULTURA-A	MISCELANEOS	POBLADO_P	AL105
CULTURA-A	MISCELANEOS	COMUNIDAD_P	AL135
CULTURA-A	TRANSPORTACIÓN-FERROVIAS	LINEADETREN_L	AN010
CULTURA-A	TRANSPORTACIÓN-CARRETERAS	VIA_L	AP030
CULTURA-A	TRANSPORTACIÓN-CARRETERAS	SENDERO_L	AP050
CULTURA-A	TRANSPORTACIÓN-CARRETERAS	PUENTE_L	AQ040
CULTURA-A	TRANSPORTACIÓN-CARRETERAS	TUNEL_L	AQ130
HIDROGRAFIA-B	HIDROGRAFÍA COSTANERA	ISLA_A	BA030
HIDROGRAFIA-B	AGUA EN TIERRA	LAGO LAGUNA_A	BH080
HIDROGRAFIA-B	AGUA EN TIERRA	RIO_L	BH140
CULTURA-C	MISCELANEOS	CURVAS DE NIVEL_L	CA010
VEGETACIÓN	VEGETACION BOSQUES	BOSQUE_A	EC015
DEMARCACIÓN	LÍMITES/ZONAS(TOPOGRÁFICAS)	LÍMITEADMINISTRATIVO_A	FA000
DEMARCACIÓN	LÍMITES/ZONAS(TOPOGRÁFICAS)	LIMITE INTERNACIONAL_A	FA023
DEMARCACIÓN	LÍMITES/ZONAS(TOPOGRÁFICAS)	LIMITE PROVINCIAL_A	FA026
DEMARCACIÓN	LÍMITES/ZONAS(TOPOGRÁFICAS)	LIMITE CANTONAL_A	FA030
DEMARCACIÓN	LÍMITES/ZONAS(TOPOGRÁFICAS)	LIMITE PARROQUIAL_A	FA031
DEMARCACIÓN	LÍMITES/ZONAS(TOPOGRÁFICAS)	GRILLA_A	FA090
CATASTRO	AREAS DE CATASTRO	LIMITE MAPA_A	IA010
CATASTRO	AREAS DE CATASTRO	MANZANA_A	IA030
CATASTRO	AREAS DE CATASTRO	PARCELA_A	IA040
GENERAL	MISCELANEOS	ZONAS_P	ZD040

Ilustración 5 Catálogo de Objetos Cartográficos

Fuente: Subcomité de Sistemas Geográficos – Proyecto SIGDE

2.3 SERVICIOS WEB

Es una interfaz capaz de recibir una petición, activar unos procesos y devolver los resultados. Todo esto, en Internet y a través de protocolos de red (HTTP, FTP, SMTP). La comunicación entre los diferentes entornos del Web Services se realiza mediante XML.

Para establecer un diálogo coherente entre el WSC (Web Services Cliente), que envía la petición y recibe la respuesta y el WSS (Web Services Servidor), el que ejecuta el proceso y envía la respuesta, se utiliza SOAP (Simple Object Access Protocol), que es una codificación basada en XML.

Un Web Services, en vez de obtener peticiones desde un navegador y devolver páginas web como respuesta, recibe peticiones, mediante un mensaje formateado con SOAP, desde otras aplicaciones realiza la labor que le han pedido y devuelve un mensaje de respuesta también con formato SOAP.

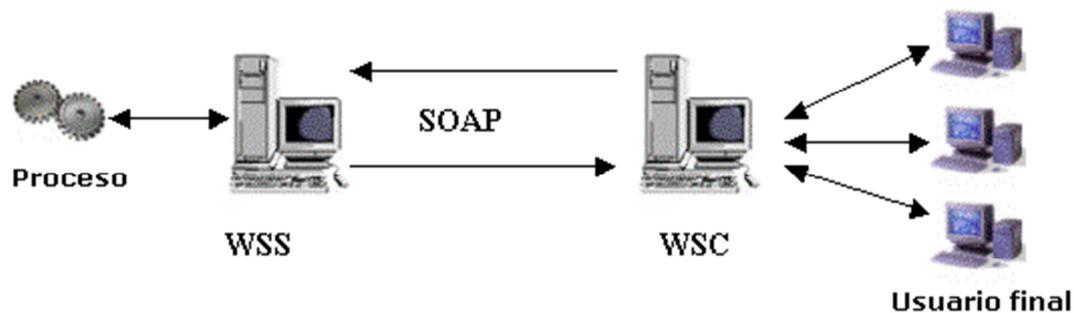


Ilustración 6 - Esquema funcionamiento Web Services

Independientemente de la arquitectura y lenguajes de programación utilizados tanto en el Web Services cliente como en el Web Services servidor, los dos tendrán que ser capaces de enviar, recibir e interpretar SOAP. Esto se consigue gracias a las diferentes librerías u objetos dedicados a los Web Services y basados en tecnologías como .NET, JAVA, PHP o PERL.

- La necesidad de obtener / dar información sobre qué hace y dónde está el Web Services (UDDI).
- La necesidad de obtener / ofrecer cómo interrogar el Web Services (WSDL).

Para tener acceso a información y procesos remotos a través de aplicaciones web o desktop.

Esto quiere decir, por ejemplo, que un Web Services puede ser invocado remotamente como una funcionalidad más dentro de una aplicación SIG desktop, con las ventajas que: Es totalmente transparente para el usuario final, al ser un proceso remoto el consumo de recursos es absorbido por el Web Services y la aplicación puede estar desarrollada en cualquier lenguaje y plataforma.

La finalidad de un Web Services, es la de ofrecer, vender o alquilar un proceso y que este pueda ser invocado por otras aplicaciones sin considerar el lenguaje de programación utilizado.

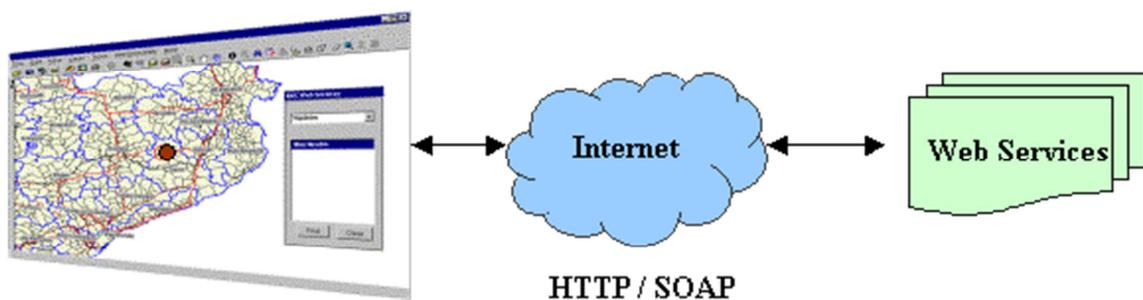


Ilustración 7 - Web Services y aplicación desktop

Fuente: IDEC

<http://www.geoportal-idec.cat/geoportal/cas/geoserveis/ws-i/index.jsp>

2.3.1 SOAP (Simple Object Access Protocol)

Una de las principales razones de su uso es el gran apoyo que ha recibido por parte de la industria. SOAP es el primer protocolo de este tipo que ha sido

aceptado prácticamente por todas las grandes compañías de software del mundo, entre las cuales hay Microsoft, IBM, SUN Microsystems, SAP, etc.

En función de lo comentado anteriormente, SOAP se utilizará como "plantilla" encargada del diálogo petición - respuesta entre el WSC y el WSS.

SOAP dicta cómo se tienen de empaquetar (organizar), transmitir y definir los datos.

SOAP es muy parecido a una carta: es un sobre (ENVELOPE) que contiene una cabecera (HEADER) con la dirección del receptor del mensaje y con un conjunto de opciones de entrega. Dentro del sobre hay el contenido del mensaje (BODY).

2.4 SERVICIOS DE MAPAS

El servicio Web Map Service (WMS) definido por el OGC (Open Geospatial Consortium) produce mapas de datos espaciales referidos de forma dinámica a partir de la Información Geográfica producida. Este estándar internacional 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 estándar define tres operaciones:

- Devolver metadatos del nivel de servicio.
- Devolver un mapa cuyos parámetros geográficos y dimensionales han sido bien definidos.
- Devolver información de características particulares mostradas en el mapa (opcionales).

Las operaciones WMS pueden ser invocadas usando un navegador estándar realizando peticiones en la forma de URLs (Uniform Resource Locators). El contenido de tales URLs depende de la operación solicitada. Concretamente, al solicitar un mapa, la URL indica qué información debe ser mostrada en el mapa, qué porción de la tierra debe dibujar, el sistema de coordenadas de referencia, y la anchura y la altura de la imagen de salida. Cuando dos o más mapas se producen con los mismos parámetros geográficos y tamaño de salida, los resultados se pueden solapar para producir un mapa compuesto. El uso de formatos de imagen que soportan fondos transparentes (GIF o PNG) permite que los mapas subyacentes sean visibles. Además, se puede solicitar mapas individuales de diversos servidores.

El servicio Web Feature Service (WFS) del Consorcio (Open Geospatial Consortium) es un servicio estándar, que ofrece una interfaz de comunicación que permite interactuar con los mapas servidos por el estándar WMS, como por ejemplo, editar la imagen que nos ofrece el servicio WMS o analizar la imagen siguiendo criterios geográficos.

Para realizar estas operaciones se utiliza el lenguaje GML que deriva del XML, que es el estándar a través del que se transmiten las ordenes WFS.

El servicio Web Coverage Service (WCS) pertenece a los servicios de la OGC (Open Geospatial Consortium), permite obtener e intercambiar información geoespacial en forma de coberturas que corresponden a objetos de tipo vectorial, raster o modelos digitales, donde para su intercambio usamos ficheros XML donde encontramos asociados el descriptor del servicio y con una breve descripción de las coberturas, todo mediante consultas tipo POST y GET según la implementación.

2.5 GEOPORTALES

Para el caso de un geoportal, este puede definirse como un tipo específico de portal web especializado en información geográfica y geomática. Estos servicios incorporan, entre otras funciones, acceso a cartografía web que además de la visualización, pueden ofrecer herramientas para el análisis y la edición de mapas digitales.

Los Geoportales son elementos clave para el uso efectivo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y constituyen un componente básico de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), por ello tienen una importancia creciente en la elaboración y compartición de la información cartográfica en formato digital.

Los Geoportales de datos de SIG se basan en el intercambio de archivos distribuidos a bajo nivel, los datos almacenados en el servidor son gestionados por las bases de datos espaciales, el cliente utiliza archivos remotos en los sistemas SIG de escritorio, a través de procesos de llamadas a procedimiento remoto (RPC).

Ventajas:

Ampliar el alcance para el usuario.- Los clientes pueden acceder a los datos en varios servidores en diferentes lugares al mismo tiempo, es más fácil lograr la gestión y la síntesis de la distribución en múltiples fuentes de datos.

Independencia de Plataforma.- Debido a que se utiliza un navegador web común, los usuarios pueden acceder de forma transparente a los datos, se realiza el intercambio de datos heterogéneamente.

Puede reducir el costo del sistema y reducir el trabajo duplicado.- Los costos de mantenimiento del sistema son muy bajos.

Equilibra la carga, el alto rendimiento.- Los procesos básicos se ejecutan del lado del servidor, el cliente ejecuta los procesos simples con poca necesidad de datos.

2.6 ESTADÍSTICAS Y GEOESTADÍSTICAS

El término “Geoestadística” fue acuñado por G. Matheron (1962), definiéndolo como “la aplicación del formalismo de las funciones aleatorias al reconocimiento y estimación de los fenómenos naturales”. Dichos fenómenos los caracterizamos por la distribución espacial de una o más variables, proponiendo minimizar la varianza del error de estimación, obteniéndose el mejor estimador.

Cuando se realiza un estudio de interés de algún parámetro o variable, es importante realizar un análisis estadístico. Existen dos tipos de análisis estadísticos: Descriptivo e inferencial. El descriptivo consiste en poder describir

una muestra o población a partir de unos pocos datos utilizando sus medidas de tendencia central, como la media, moda, varianza, etc. Por su parte, la estadística inferencial se aplica para realizar inferencias acerca de la población en general a partir de los estadísticos muestrales

En los estudios estadísticos, dependiendo del problema, se trabaja con la población total o con una muestra de ella; en el presente caso, se trabajó con ambas. Se debe tomar en cuenta que en Geofísica la población representa tomar medidas a una distancia mínima, es decir, para así poder obtener la repuesta de cada uno de los cuerpos que se encuentran en el subsuelo; en cambio la muestra representa los valores que se obtienen por medio de un levantamiento de campo con un número límite de estaciones levantadas.

2.7 PLATAFORMA .NET

2.7.1 INTRODUCCIÓN A .NET

.NET es un proyecto de Microsoft para crear una nueva plataforma de desarrollo de software con énfasis en transparencia de redes, con independencia de plataforma y que permita un rápido desarrollo de aplicaciones. .NET se podría considerar como una respuesta de Microsoft al creciente mercado de los negocios en entornos Web, en competencia con la plataforma Java de Sun.

A largo plazo Microsoft pretende remplazar la Interfaz de Programación de Aplicaciones (API por sus siglas en inglés) Win32 o Windows API con la plataforma .NET.

Esto debido a que la API Win32 o Windows API fue desarrollada sobre la marcha, careciendo de documentación detallada, uniformidad y cohesión entre sus distintos componentes, provocando múltiples problemas en el desarrollo de aplicaciones para el sistema operativo Windows. La plataforma .NET pretende solventar la mayoría de estos problemas proveyendo un conjunto único y expandible con facilidad, de bloques interconectados, diseñados de forma uniforme y bien documentados, que permitan a los desarrolladores tener a mano todo lo que necesitan para producir aplicaciones sólidas.

Debido a las ventajas que la disponibilidad de una plataforma de este tipo puede darle a las empresas de tecnología y al usuario en general, muchas otras empresas e instituciones se han unido a Microsoft en el desarrollo y fortalecimiento de la plataforma .Net, ya sea por medio de la implementación de la plataforma para otros sistemas operativos aparte de Windows (Proyecto Mono de Ximian/Novell para Linux/MacOS X/BSD/Solaris), el desarrollo de lenguajes de programación adicionales para la plataforma (ANSI C de la Universidad de Princeton, NetCOBOL de Fujitsu, Delphi de Borland, entre otros) o la creación de bloques adicionales para la plataforma (como controles, componentes y librerías de clases adicionales); siendo algunas de ellas iniciativas de distribución gratuita bajo la licencia GNU.

Actualmente, el Framework de .Net es una plataforma no incluida en los diferentes sistemas operativos distribuidos por Microsoft, por lo que es necesaria su instalación previa a la ejecución de programas creados mediante .Net. El Framework se puede descargar gratuitamente desde la Web oficial de Microsoft.

2.7.2 LA ARQUITECTURA .NET FRAMEWORK

Es la arquitectura básica de la plataforma .Net. El Framework de .Net es una infraestructura sobre la que se reúne todo un conjunto de lenguajes y servicios que simplifican el desarrollo de aplicaciones. Mediante esta herramienta se ofrece un entorno de ejecución distribuido.

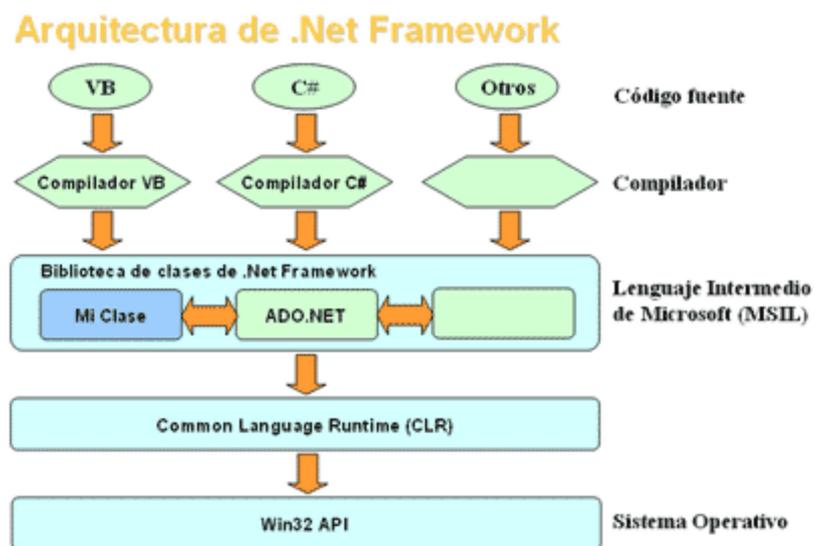


Ilustración 8 - Cuadro de arquitectura .NET Framework

Fuente: www.desarrolloweb.com

<http://www.desarrolloweb.com/articulos/1328.php>

2.8 MICROSOFT SILVERLIGHT

2.8.1 INTRODUCCIÓN A SILVERLIGHT

Silverlight representa un gran avance en la experiencia del usuario mediante la tecnología Web. El objetivo de Silverlight es ofrecer la misma calidad de las interfaces de usuario presentes en las aplicaciones de escritorio a las aplicaciones Web, permitiendo a los desarrolladores y diseñadores Web la creación de aplicaciones acordes a las necesidades específicas de sus

clientes. Está diseñado para cubrir la brecha tecnológica existente entre los diseñadores y los desarrolladores ofreciéndoles un formato común con el que trabajar.

Este formato será analizado y presentado por el Geoportal y está basado en XML, lo que hace más sencilla la creación automática de plantillas y su generación. El formato es XAML (Extensible Application Markup Language, Lenguaje extensible de marcado de aplicaciones).

Antes de XAML, el diseñador Web utilizaba un conjunto de herramientas para expresar un diseño utilizando una tecnología que le era familiar.

El desarrollador tras ello tenía que tomar lo ofrecido por el diseñador e interpretarlo utilizando su tecnología. El diseño no se transfería necesariamente bien a la diferente tecnología de desarrollo y el desarrollador debía realizar modificaciones que podían alterar el diseño. Con Silverlight, el diseñador puede utilizar herramientas para expresar un diseño con XAML y el desarrollador puede tomar ese XAML, activarlo con código y desplegarlo.

Microsoft Silverlight es un complemento multiplataforma desarrollado para ofrecer experiencias multimedia y aplicaciones interactivas a través de la Web. Dispone de un completo modelo de programación que soporta AJAX, .NET y lenguajes dinámicos como Python y Ruby. Silverlight 1.0 es programable empleando las tecnologías Web actuales, como AJAX, JavaScript y DHTML. Silverlight 2 añade soporte de lenguajes dinámicos y .NET, así como un conjunto de nuevas características que sólo son posibles empleando .NET Framework, como el almacenamiento aislado, conexión de red y conjuntos de controles avanzados.

2.8.2 EL USUARIO Y SILVERLIGHT

Concentrándonos en la Web, la Ilustración 9: Modelos de programación y presentación Web, muestra los modelos de presentación y programación disponibles hoy en día.

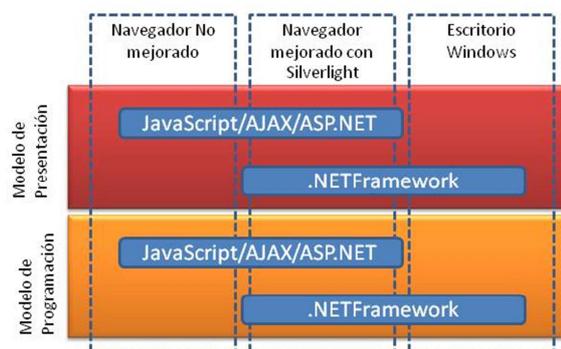


Ilustración 9 - Modelos de programación y presentación Web

Como puede verse, las tecnologías típicas de desarrollo basado en navegadores disponen de CSS/DHTML en el modelo de presentación y JavaScript/AJAX en el modelo de desarrollo.

En los desarrollos de escritorio, con .NET Framework 3.x, XAML implementa el modelo de presentación y el propio Framework el modelo de desarrollo. Silverlight solapa los dos modelos.

La típica aplicación interactiva está basada en tecnologías que existen en los navegadores sin Silverlight. La típica aplicación de escritorio se encuentra en el otro extremo del espectro, y utiliza tecnologías no relacionadas.

La oportunidad de unir ambas en una aplicación y que se ejecute en el navegador se aprovecha en los navegadores con Silverlight que ofrecen el modelo de diseño mediante CSS/DHTML y XAML y el modelo de programación mediante JavaScript/AJAX/.NET Framework.

Silverlight logra esto mediante un complemento de navegador que mejora la funcionalidad del mismo añadiéndole las tecnologías típicas que proporcionan ricas interfaces de usuario, como animaciones basadas en línea de tiempos, gráficos vectoriales y contenidos audiovisuales.

Todo ello gracias al motor de presentación de XAML. La interfaz de usuario puede ser diseñada como XAML y, dado que XAML es un lenguaje basado en XML, y éste es texto, las aplicaciones son compatible con los cortafuegos y (potencialmente) susceptible de ser sometida a operaciones de búsqueda. El navegador XAML, lo interpreta y lo presenta.

Cuando todo esto se combina con tecnologías como AJAX y JavaScript puede convertirse en un proceso dinámico: es posible descargar pequeños trozos XAML y tras ello añadirlos a su interfaz gráfica, o puede editar, reordenar o eliminar XAML que se encuentre en el árbol de presentación utilizando simplemente programación en JavaScript.

2.8.3 LA ARQUITECTURA DE SILVERLIGHT

Como hemos comentado, la funcionalidad principal de Silverlight es implementada por un complemento de navegador que renderiza XAML y ofrece un modelo de programación que puede emplear JavaScript y ser basado en navegadores o .NET Framework y orientado a escritorio.

La arquitectura que soporta esto se muestra en la Ilustración 7: La arquitectura Silverlight siguiente. Al enviar comandos al control en el navegador, la interfaz principal de programación que se expuso en Silverlight 1.0 es API de JavaScript DOM.

Esto nos permite capturar eventos de usuarios que son generados en el interior de la aplicación (como movimientos de ratón o clics sobre elementos determinados) y disponer de código que se ejecute como respuesta a los mismos. Podemos llamar a métodos de JavaScript DOM sobre los elementos XAML para manipularlos permitiendo, por ejemplo, controlar la reproducción multimedia o el inicio de animaciones.

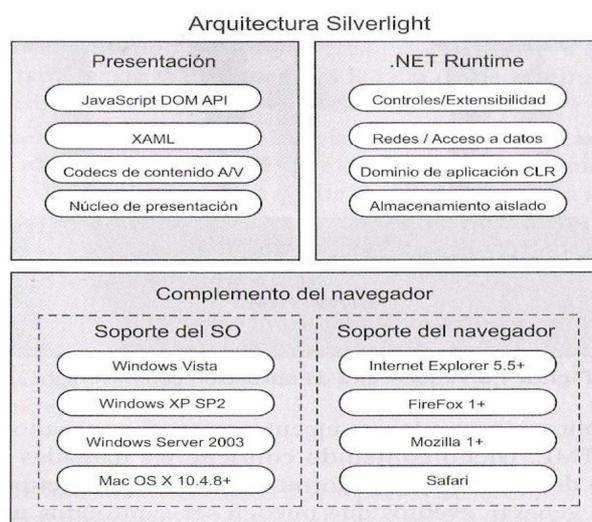


Ilustración 10 - La arquitectura Silverlight

También podemos programar una aplicación renderizada por el control utilizando el entorno común de ejecución de lenguajes (CLR) de .NET Framework.

Además de lo que podemos hacer con JavaScript, esto nos permite utilizar gran parte de los espacios de nombre y controles incluidos en .NET Framework, logrando resultados que son muy difíciles de conseguir, si no imposible, con JavaScript, como acceder a datos con ADO.NET y LINQ, comunicarse con Web Services, crear y utilizar controles personalizados, etc.

Adicionalmente, el entorno de ejecución de la presentación incluye todo el software necesario para lograr que tecnologías como WMV, WMA, MP3 sean reproducidas en el navegador sin la necesidad de dependencias externas.

De este modo, por ejemplo los usuarios de Macintosh no necesitan el reproductor de Windows Media para reproducir contenido WMV, con Silverlight es suficiente.

La arquitectura de una aplicación sencilla ejecutándose en el navegador utilizando Silverlight se muestra a continuación:

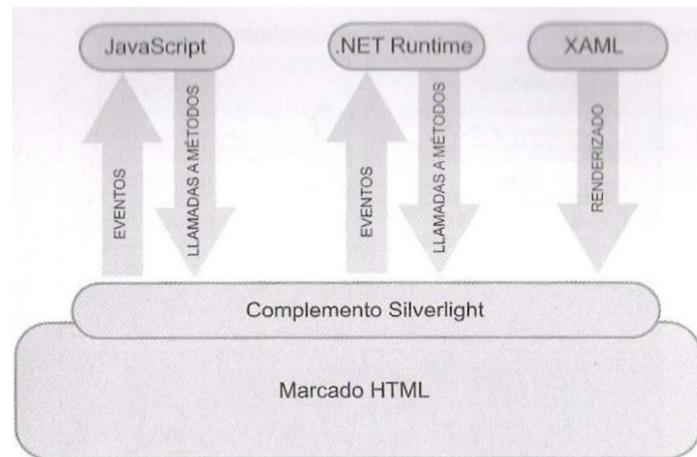


Ilustración 11 - Arquitectura de aplicación con Silverlight

Cuando la aplicación empieza a ejecutarse en el navegador, se interpreta su contenido HTML.

Dicho contenido contiene las llamadas para instanciar el complemento de Silverlight.

Conforme el usuario interactúa con la aplicación Silverlight, se generan eventos que pueden ser capturados mediante funciones JavaScript o .NET Framework. Por su parte, el código del programa puede realizar llamadas a métodos que actúan sobre los elementos del contenido Silverlight para manipularlo, añadir nuevo contenido o eliminar el existente.

El contenido XAML puede encontrarse en la propia página, externamente en un archivo estático o ser XAML dinámico generado por un servidor.

2.8.4 XAML

La tecnología base que logra toda esta experiencia descrita anteriormente es XAML, éste es un lenguaje basado en XML empleado para definir los elementos visuales de su aplicación.

Ello incluye interfaces de usuario, elementos gráficos, animaciones, contenido multimedia, controles y mucho más. Fue introducido por Microsoft para Windows Presentation Foundation (WPF), conocida anteriormente como Avalon, que es una tecnología orientada al escritorio parte de .NET Framework 3.0 y posteriores.

Ha sido diseñada, como se ha indicado anteriormente, para tender un puente entre diseñadores y desarrolladores durante la creación de aplicaciones.

2.8.5 SERVICIOS WEB EN SILVERLIGHT

2.8.5.1 ACCESO A SERVICIOS WEB EN SILVERLIGHT

Las aplicaciones cliente de Silverlight se ejecutan en el explorador y, a menudo, necesitan tener acceso a los datos desde varios orígenes externos. Un ejemplo típico es el acceso a los datos desde una base de datos en un servidor back-end y la visualización de los mismos en la interfaz de usuario de Silverlight. Otro escenario común es la actualización de datos en un servicio back-end a través de la interfaz de usuario de Silverlight que realiza envíos a ese servicio. A menudo, dichos orígenes de datos externos adquieren la forma de servicios web.

Éstos pueden ser servicios SOAP creados mediante Windows Communication Foundation (WCF) o cualquier otra tecnología SOAP.

También pueden ser servicios HTTP o REST sin formato. Los clientes de Silverlight pueden tener acceso a estos servicios Web directamente o, en el caso de los servicios SOAP, mediante un proxy generado a partir de metadatos que haya publicado el servicio en cuestión.

Silverlight también ofrece la funcionalidad necesaria para trabajar con los distintos formatos de datos que usan los servicios. Los formatos pueden ser XML, JSON, RSS y Atom.

Es posible tener acceso a los formatos de datos mediante los componentes de serialización, Linq to XML, Linq to JSON y Syndication. Los servicios web a los que una aplicación de Silverlight puede tener acceso deben cumplir con determinadas reglas a fin de permitir dicho acceso.

2.8.5.2 ACCESO A UN SERVICIO WEB EN SILVERLIGHT CON VISUAL STUDIO

En este tema se describe cómo tener acceso a un servicio web desde un cliente de Silverlight mediante un proxy. Un proxy es una clase que le ayuda a tener acceso a un servicio determinado; se crea automáticamente mediante la herramienta “Agregar referencia de servicio” en Visual Studio 2008. Debe crear un proxy independiente para cada servicio al que desee tener acceso.

Se puede utilizar el mismo procedimiento que se describe aquí para tener acceso a un servicio SOAP público en caso de que se conozca la dirección del servicio en cuestión y siempre que dicho servicio permita tener acceso mediante aplicaciones del explorador desde el dominio de la aplicación.

En algunos casos puede producirse errores que Silverlight entienda o que la dirección del servicio no sea correcta. También se pueden producir errores derivados de problemas de acceso entre dominios. El servicio al que intenta conectarse puede no publicar una directiva entre dominios adecuada y, por

tanto, no se permitirá el acceso desde las aplicaciones basadas en el explorador.

En otra clase específica de errores, puede encontrarse un error concreto aplicable a un servicio determinado que se envía como un error de SOAP. Un ejemplo de ello puede ser que se haya intentado llamar a ExecJob con un parámetro incorrecto.

2.8.5.3 CONFIGURACIÓN DE LA DIRECCIÓN DEL SERVICIO

Para las aplicaciones de Silverlight, el archivo de configuración del cliente contiene un subconjunto de configuración del cliente de Windows Communication Foundation (WCF).

El nombre del archivo de configuración de Silverlight debe ser *ServiceReferences.ClientConfig* y también se debe empaquetar e implementar junto con la aplicación.

La herramienta Agregar referencia de servicio genera automáticamente la configuración del cliente que se encuentra en el archivo *ServiceReferences.ClientConfig*.

La configuración se compone de una sección de <bindings> y de una sección de <client>, como se puede observar en el ejemplo siguiente. Las secciones se encuentran en el elemento <system.serviceModel>.

Los elementos que se encargan de configurar el cliente de server_qsub para tener acceso al servicio web de Service1, que cuenta con un contrato de

IService, se encuentran en el elemento <system.serviceModel> que, a su vez, se encuentra en el elemento <configuration>.

2.8.5.4 PERMISOS PARA EL ACCESO A SERVICIOS WEB EN OTRO DOMINIO

Por razones de seguridad, un servicio web no se puede consumir desde Silverlight sin que se especifiquen los permisos en un fichero.

Este fichero puede ser clientaccesspolicy.xml o crossdomain.xml y se debe emplazar en el directorio raíz del servidor que ofrece el Servicio Web.

2.8.6 ARCGIS VIEWER FOR SILVERLIGHT

ArcGIS Viewer for Silverlight 1.0.1 le permite crear rápidamente abundantes aplicaciones de representación cartográfica en la red utilizando una experiencia de configuración completamente interactiva. Puede configurar y modificar el mapa base de una aplicación, las capas operacionales, herramientas, colores, título, logotipo, diseño, vínculos y más sin escribir ningún código o editar los archivos de configuración. Además, el Visor es totalmente extensible, de manera que los diseñadores y los desarrolladores pueden implementar nuevas herramientas y crear nuevos diseños e integrarlos fácilmente en el Visor.

Con ArcGIS Viewer for Silverlight, puede:

- Utilizar ArcGIS Online, Bing Maps o los servicios de mapas de ArcGIS Server como mapas base
- Agregar datos desde ArcGIS Server y ArcGIS Online sobre su mapa base

- Abrir mapas de ArcGIS.com
- Realizar la navegación del mapa
- Buscar direcciones y nombres de lugares (a través de los servicios de ArcGIS Server y ArcGIS Online)
- Ejecutar el análisis SIG (a través de los servicios de geoprocésamiento)
- Editar entidades de las capas de entidades que tienen habilitada la edición
- Visualizar datos tabulares para datasets en el mapa.
- Hacer zoom a las capas y entidades seleccionadas.
- Imprimir usando diseños suministrados previamente.

Para utilizar ArcGIS Viewer for Silverlight, hay que descargar e instalar ArcGIS Viewer for Silverlight y se puede empezar a crear aplicaciones utilizando el Application Builder. Para comenzar a desarrollar add-ins para el Visor, descargar e instalar ArcGIS Extensibility SDK for Silverlight y se puede comenzar por escribir herramientas y los comportamientos con Visual Studio 2010, o diseños con Expression Blend 4.

En ésta tesis se desarrolla una herramienta en ambiente web que presente información estadística y gráfica de los datos del SIG, para realizar informes, análisis, y brindar soluciones eficientes con el fin de monitorear y mejorar la calidad de las redes de distribución de una empresa y servicio a sus clientes dentro su área de concesión.

2.9 GIS AM/FM

El término AM/FM GIS hace referencia a Automatic Mapping / Facility Management Geographic Information System, (Mapeo Automático / Gestión de Instalaciones asociado con un Sistema de Información Geográfico) que permite la digitalización, gestión y análisis de la información de la red de servicios en el caso de las empresas eléctricas sirven para la gestión de la red eléctrica manteniendo las relaciones entre los elementos gráficos como son las redes de media y baja tensión sus elementos y sus características.

La combinación de las utilidades que brindan estos dos sistemas permite el mapeo automatizado de la gestión de la red eléctrica en una forma simple, completa y eficaz que permiten tener una representación real de la red, manipular, organizar sus elementos y mantener la productividad de las empresas.

2.10 IMPLEMENTACION DEL MODELO MULTI SPEAK

MultiSpeak es un estándar que define las interfaces entre las aplicaciones usadas generalmente en empresas eléctricas. En este modelo se definen los detalles de los datos que necesitan ser intercambiados entre las aplicaciones de software a fin de apoyar los diferentes procesos aplicados para las empresas de distribución eléctrica. MultiSpeak es el resultado de una iniciativa financiada por la NRECA (National Rural Electric Cooperative Association) y los proveedores de software.

Las definiciones semánticas de datos comunes, contienen los detalles de los datos que necesitan ser cambiados. La semántica de los datos están documentados en XML (Lenguaje de marcado extensible).

Las definiciones de la estructura de los mensajes sirven para apoyar los intercambios de datos necesarios y los servicios Web utilizan llamadas con estructuras específicas para intercambio de datos en tiempo real.

La definición de los mensajes se requiere para apoyar tareas específicas del negocio.

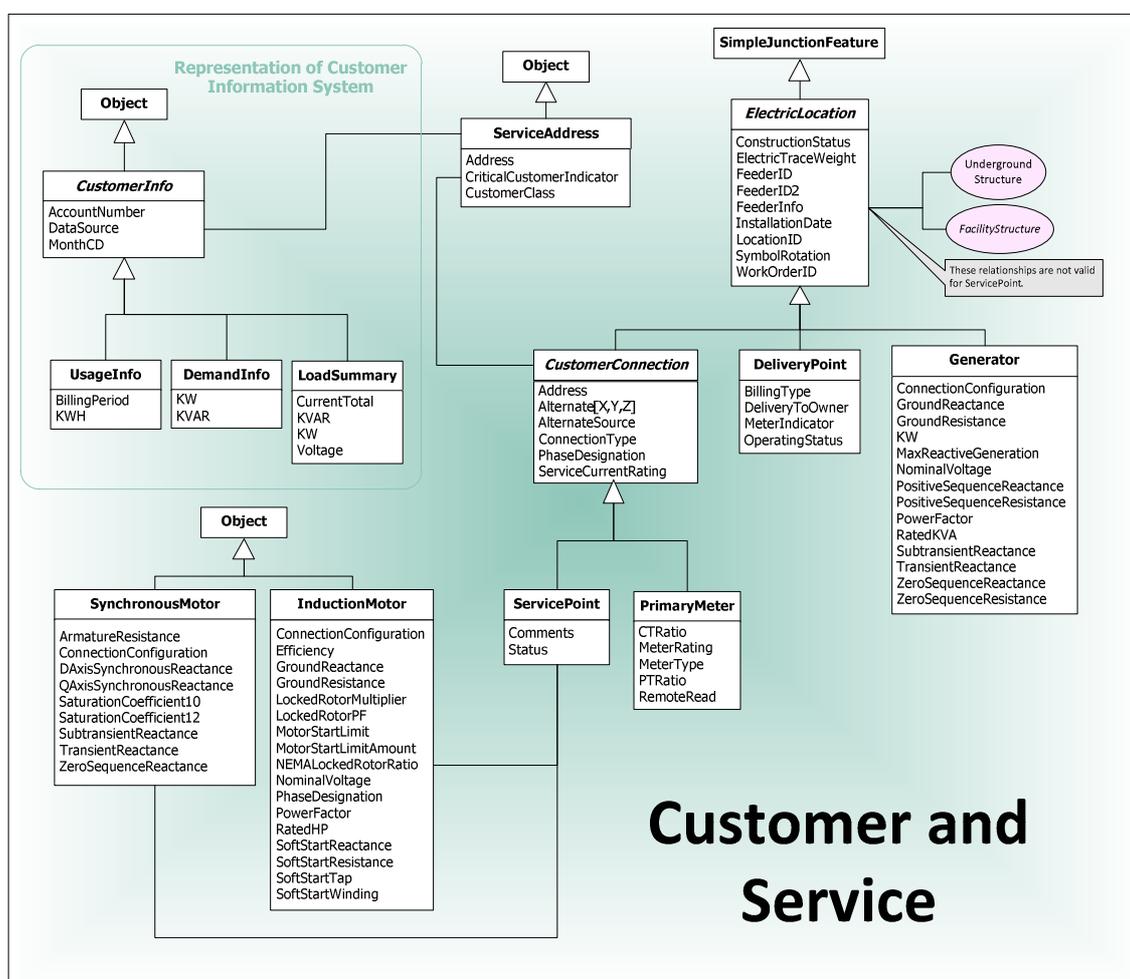


Ilustración 12 - Modelo Multispeak del Cliente

Fuente: www.telvent.com

2.11 APLICACIONES BASADAS EN SIG

En la actualidad las empresas eléctricas cuentan con un sistema AM/FM-GIS, en donde se mantiene el control total de las redes de distribución de las empresas en las que se puede identificar las siguientes características:

- Mantienen el control de la información de alta tensión, subestaciones de distribución (AT/MT), media tensión, estaciones de transformación (MT/BT), baja tensión, acometidas y medidores.
- Relacionan el consumidor a la red eléctrica, la información del consumidor está almacenada en DB2 y en la mayoría de empresas reside en un servidor iSeries.
- La información de la red eléctrica se encuentra georeferenciada en la totalidad del área de concesión de cada empresa que comprende todos los cantones del país.
- El sistema actúa con otros sistemas como por ejemplo el software de análisis técnico CYMDIST, Control de calidad del producto, Interrupciones de servicio, SCADA, Consultas, etc.

2.12 CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE Y SOFTWARE

2.12.1 SERVIDORES

El modelo SIG de producción, en el caso de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur se encuentra implementado en un servidor pSeries de IBM, con Raid 5 y 10 Gb. De memoria RAM.

Existe también un pSeries de IBM, modelo 610 como servidor de respaldo.

2.12.2 BASE DE DATOS

- Oracle 11g service pack 2 de 64 bits

2.12.3 SOFTWARE

2.12.3.1 PRODUCTOS ADQUIRIDOS DE ESRI

- ArcSDE Proporciona una interfaz que permite almacenar y manejar datos espaciales en un sistema gestor de bases de datos como Oracle. Es el software principal de GIS que está implementado en una base de datos Oracle 11 R2 para que otros productos como ArcInfo, ArcEditor y otros puedan trabajar directamente con información geográfica almacenada y actualizada de las redes de distribución y cartografía básica.

- ArcEditor Está diseñado principalmente para crear y editar geodatabases. Abarca una versión completa de ArcMap, incluyendo todo el editor de objetos, y ArcCatalog. Con ArcEditor puede crear y modificar bases de datos y esquemas de bases de datos para ficheros shape, coberturas, geodatabases personales, y corporativas o multiusuario.

En el caso de las distribuidoras eléctricas se encuentra instalado sobre ArcGIS, ArcFM que permite manejar las funcionalidades de una red eléctrica.

- ArcInfo Es el producto funcionalmente más completo en la familia de productos ArcGIS. A más la potencia que puede dar ArcView y ArcEditor, incluye una aplicación completa de herramientas como ArcToolbox y una versión de ArcInfo Workstation (Arc, ArcEdit, ArcPlot,

Arc Lenguaje y todas las extensiones). ArcInfo es un completo programa de GIS, que se utiliza para añadir datos, modificar, consultar, hacer mapas y analiza sistemas.

CAPÍTULO III

3 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB SIG

Para realizar el desarrollo de la presente tesis se ha seguido el siguiente proceso en donde se indican los criterios evaluados:

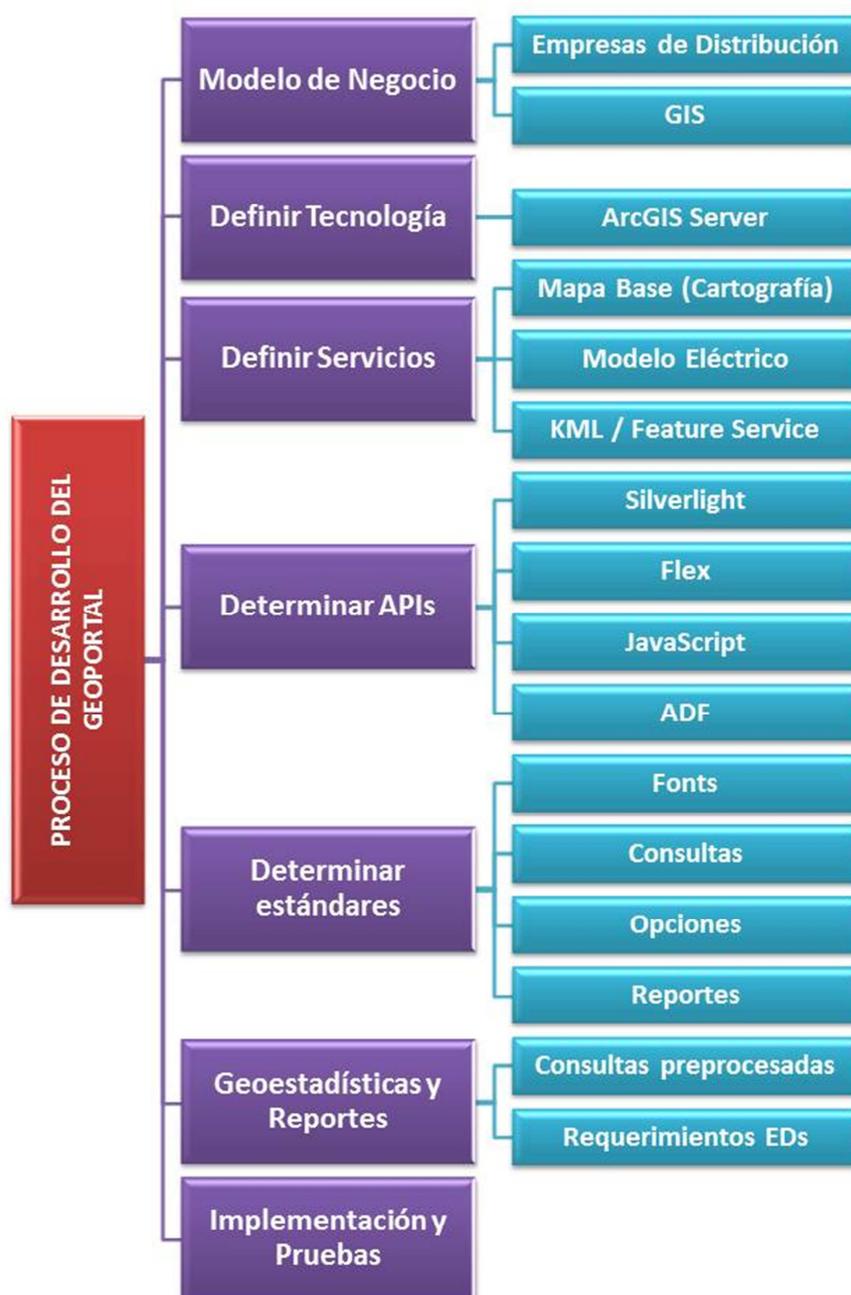


Ilustración 13 Proceso de Desarrollo del Geoportal

La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur de acuerdo a los procesos homologados por el Subcomité de SIG, aprovechando la infraestructura tanto de servidores como de telecomunicaciones que posee, será la encargada de publicar la información en el Geoportal utilizando los servicios web que publiquen las demás empresas distribuidoras. Para lograrlo cuenta con las plataformas de hardware y software necesario como ArcGIS Server.

A diferencia de las aplicaciones Web, los servicios Web no son utilizados por los usuarios sino por aplicaciones de software. Por lo tanto, los servicios Web no poseen ninguna interfaz de usuario; la aplicación que utiliza el servicio Web es responsable de proporcionar la interfaz. Generalmente, el hecho de que una aplicación utiliza un servicio Web está completamente oculto a todo usuario de la aplicación. Los servicios Web de ArcGIS Server no son diferentes. Proporcionan la funcionalidad SIG a las aplicaciones que la necesitan, con la esperanza de que esas aplicaciones brindarán la experiencia de usuario necesaria que expone la funcionalidad.

La primera decisión que se debe tomar en el desarrollo de una aplicación Web SIG es el software a utilizar. Esri pone a disposición del cliente diferentes interfaces de desarrollo de aplicaciones (APIs) que se conectan mediante protocolo REST: Silverlight, Flex y Javascript; para tres plataformas diferentes. Cada una tiene sus propias ventajas e inconvenientes. Principalmente para este proyecto se ha decidido utilizar el **API de ArcGIS para Silverlight**, por su conocimiento previo del framework que utiliza, **.NET**, y por poderse desarrollar bajo el lenguaje de programación **C#**, que ampliamente se conocía.

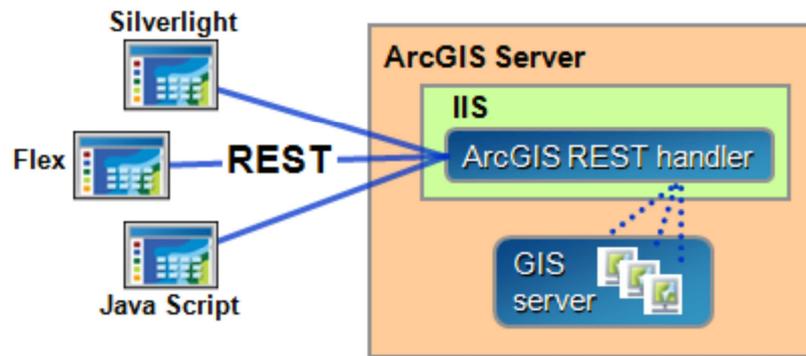


Ilustración 14 - Esquema de las diferentes APIs para desarrollo web en ArcGIS Server

Fuente: www.resources.arcgis.com

Para realizar este proyecto se ha optado por el desarrollo de **una aplicación desde el inicio** porque es la solución que permite una mayor especialización en las necesidades que se han de cubrir. Además la edición de una aplicación ya fabricada, o incluso prefabricada, si es que la primera de ellas lo permite, supone un gran esfuerzo para la persona encargada de dicha tarea, al enfrentarse a un código y a un diseño cuya estructuración se desconoce, siendo muy fácil que un simple error suponga que la aplicación deje de funcionar en su totalidad.

Con el desarrollo de la aplicación no se pretende realizar un simple visor Web con la información del proyecto, sino además, **crear un método que permita a los diferentes usuarios utilizar la aplicación para crear sus propios mapas, con los atributos que ellos elijan, y con el color que prefieran, para de esta forma utilizar la aplicación para realizar sus propios análisis.**

En este apartado, se detalla la arquitectura de la aplicación Web SIG desarrollada bajo las herramientas software elegidas en el capítulo 2. La

arquitectura de la aplicación se aborda tanto a nivel de servidor como de cliente.

3.1 ANÁLISIS DE REQUISITOS

En este capítulo se definen los requerimientos no funcionales y funcionales de la aplicación, con el fin de establecer las distintas restricciones bajo la que fue concebido, y los comportamientos internos de la propia aplicación, respectivamente.

3.1.1 ELEMENTOS FUNCIONALES

Id.	Nombre	Descripción
1	Datos	Debe recuperar datos alfanuméricos y cartográficos de una base de datos espacial (FileGDB).
2	Representación	Debe representar datos alfanuméricos mediante cartografía.
3	Consulta	Debe consultar variables a nivel de entidad de punto (Provincia).
4	Fuentes	El usuario no debe poder consultar las fuentes de los datos.
5	Interfaz	La interfaz Web debe ser sencilla e intuitiva, y estar dividida en dos partes.
6	Créditos	El usuario puede ver los créditos del proyecto.

Id.	Nombre	Descripción
7	Local	Los datos deben ser presentados con formato local.
8	Información	Debe obtener información de las geometrías representadas y sus atributos.
9	Zoom	Debe permitir zoom sobre la cartografía, de diferentes tipos (acercar, alejar, extender).
10	Pan	Debe ofrecer una herramienta de pan.
11	Leyenda	Debe ofrecer una leyenda de los datos.
12	Mapa Base	Debe ofrecer como mínimo un mapa de referencia.
13	Barra de escala	Debe mostrar siempre la escala actual, y sus unidades.
14	Capas	Debe haber opción a la visualización de 3 capas (Mapa Base, CC.AA. y Universidades).
15	Estado	Debe poder activar y desactivar las capas mostradas.
16	Opacidad	Debe poder alterar la opacidad de las capas.
17	Fijas	Debe haber una capa fija como mínimo, el Mapa Base.
18	Enlace	Debe ofrecer un enlace concreto a la vista actual.

Ilustración 15 - Cuadro con los elementos funcionales de la aplicación Web

3.1.2 ELEMENTOS NO FUNCIONALES.

Este tipo de requerimientos sirven para especificar propiedades del sistema, tales como dependencias de plataformas, mantenimiento o confiabilidad.

La aplicación expuesta presenta los siguientes requerimientos no funcionales.

Id	Nombre	Descripción
1	Naturaleza	Debe ser una aplicación Web.
2	Concurrencia	Debe permitir el acceso concurrente. Es una característica vital para esta aplicación ya que debe ser consultada por diferentes personas pertenecientes a diferentes grupos de investigación.
3	Cliente/Servidor	Debe seguir el modelo arquitectónico cliente/servidor, centralizando los datos consultados en un único lugar (sin replicación).
4	24/365	Debe estar disponible 24 horas al día, 365 días al año.
5	Integridad	Debe ofrecer garantías en la integridad de los datos almacenados.
6	Seguridad	Debe ser una aplicación segura, respecto a los datos de los usuarios y los datos propios de la aplicación.
7	Confiabilidad	Debe comportarse exactamente como el

Id	Nombre	Descripción
		usuario espera que lo haga.
8	Portabilidad	Debe ser independiente de la plataforma en la que corre.
9	Flexibilidad	Debe poder adaptarse a nuevos requisitos funcionales (ser modular).
10	Escalabilidad	Debe estar preparado para crecer sin perder calidad en los servicios ofrecidos.
11	Extensibilidad	Debe poder adaptarse a cambios en la especificación.
12	Eficiencia	Debe ser eficiente en tiempos de computación.
13	Estabilidad	Debe tener un nivel muy bajo de fallos.
14	Robustez	Debe poder reaccionar apropiadamente ante la aparición de condiciones excepcionales.
15	Mantenimiento	No debe ser difícil de mantener por los desarrolladores.
16	Plataforma	Debe ser multiplataforma.
17	Compatibilidad	Compatible con principales formatos vectoriales.
18	Soporte	Debe disponer de un soporte adecuado.

Id	Nombre	Descripción
19	Documentación	Debe disponer de una documentación extensa y adecuada, tanto para usuarios como para futuros desarrolladores.
20	Sistema Operativo	Windows 7.
21	Software GIS	ArcGIS 10.0.
22	Servidor Web	IIS de Microsoft.
23	Plataforma de Desarrollo	Framework .NET Silverlight (Lenguaje C#).

Ilustración 16 - Cuadro con los elementos no funcionales de la aplicación Web

3.2 METODOLOGÍA DE DESARROLLO

Durante este proceso se llevó a cabo el diseño y desarrollo de la aplicación Web diseñada para consulta de información relevante en el estudio llevado a cabo en el proyecto.

Al empezar a diseñar una aplicación, la primera tarea consistió en centrarse en el nivel más alto de abstracción y comenzar mediante la agrupación de funcionalidad en capas. A continuación, se debe definir la interfaz pública para cada capa, que depende del tipo de aplicación que se está diseñando. Una vez que haya definido las capas y las interfaces, es necesario determinar cómo la aplicación se desplegará. Para ello se definieron los colores, estilos, efectos, imágenes, iconos, botones y la vista de mapa.

La aplicación está desarrollada en el lenguaje de programación orientado a objetos C#. Estructurado en clases y métodos que trae implementados Visual Studio, y los que se agregaron con la API de Esri para Silverlight. Para el correcto desarrollo de la aplicación se tuvieron que crear diferentes recursos y variables:

- **Recursos:** clases fuera del código principal del proyecto que describen algunos métodos y efectos de las barras de herramientas y botones.
- **Variables Locales:** fue imprescindible para la ejecución de los distintos métodos de la clase principal la definición de atributos globales y variables locales.

En lo relativo al **diseño de la interfaz de la aplicación** se escogió una plantilla de Silverlight, la cual fue modificada para cumplir los objetivos de la aplicación. Estas plantillas son productos de alta calidad de diseño realizados para el motor de Microsoft Silverlight, cuentan con una impresionante calidad y han sido creadas por diseñadores profesionales, por lo tanto, no hay duda acerca de su calidad y son una buena opción para comenzar un proyecto desde cero.

No se siguió una metodología concreta para desarrollar la interfaz, pero si se puso especial hincapié en que esta fuese lo más sencilla e intuitiva posible. El objetivo final era que un nuevo usuario con conocimientos medios sobre Internet pudiera usarla sin indicaciones.

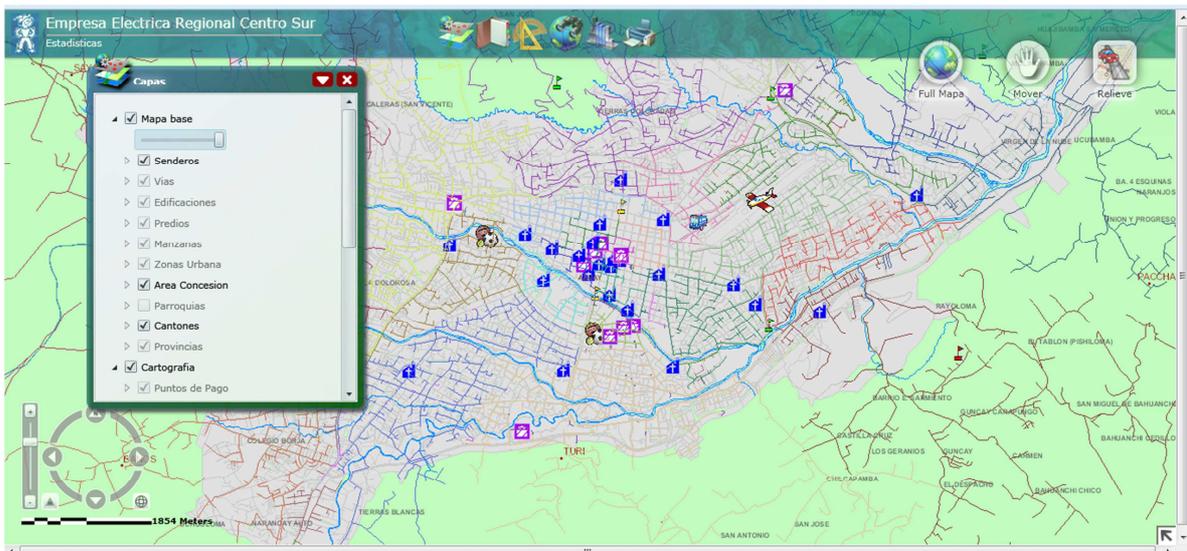


Ilustración 17 - Visión general de la aplicación Web.

Se decidió dividir la ventana de navegación en dos partes de manera que el usuario tuviese todos los datos concentrados en un espacio que fuese consultable con una sola mirada. En la parte superior se sitúa el título de la aplicación, así como los botones de utilidades y herramientas. En la parte inferior se sitúa el visor de mapas y capas, y en esta parte se desplegarán las ventanas de las herramientas.

3.3 PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD Y DESARROLLO

Los programas informáticos son a menudo imperfectos y, por lo tanto, el código puede contener diversos tipos de errores. La única forma de detectar los errores lógicos es probar el programa, ya sea manual o automáticamente, y comprobar que el resultado es el esperado. Las pruebas deben ser una parte integrante del proceso de desarrollo del software.

Las pruebas de rendimiento pueden conducir a la resolución proactiva de problemas funcionales y relacionados con el sistema antes de que afecten a los usuarios finales, y permiten la identificación de cuellos de botella y de recursos

infrautilizados para la re-implementación. Para asegurar una correcta implementación empresarial, se deben realizar los siguientes pasos de pruebas:

- **Pruebas funcionales de aplicación:** las pruebas funcionales de aplicación son un paso crucial para una correcta implementación de SIG. Es importante que la aplicación sea completa, sólida, fiable y representativa de los requisitos empresariales definidos.
- **Ajuste del sistema:** las pruebas a menudo revelan áreas que necesitan mejorarse (p. ej., rendimiento lento). En esta fase, se adoptó las mejores prácticas de rendimiento y escalabilidad para asegurar de que el sistema que se puso a prueba proporcione resultados válidos. Esto incluyó la evaluación de las modificaciones de estructura de datos, ubicación de datos y documentos de mapa.
- **Desarrollo del plan de prueba:** era imprescindible aplicar un completo plan de prueba con la intervención de usuarios encargados de la actualización del sistema, flujos de trabajo de usuario documentados y configuración del sistema documentado que garanticen el éxito de las pruebas con unos resultados prácticos y eficaces.
- **Creación de secuencias de comandos de prueba:** las secuencias de comandos de prueba son necesarios de forma que las pruebas se puedan volver a ejecutar según se requiera en un enfoque repetido y controlado empezando por las pruebas de interacciones de un único usuario y, a continuación, escalando la prueba a una prueba de carga simulada. En las secuencias de comandos se incluye inserción de transacciones de usuario, tiempo de pensamiento de usuario,

seguimiento de tareas de usuario así como entradas de transacción de parametrización.

- **Ejecución de pruebas:** la ejecución se realizó con varias herramientas de pruebas de carga al tiempo que se asegura que solo se van a probar las aplicaciones de destino que se están ejecutando, así como la coherencia en los datos de las aplicaciones y la configuración del sistema en los ciclos de prueba. Esto produjo unos resultados de las pruebas fiables para navegadores como Internet Explorer, Firefox, Google Chrome.
- **Análisis de resultados:** analizar, comparar y correlacionar medidas claves, como tiempos de respuesta y comportamiento del sistema, evaluar los resultados inesperados originados por error de componente o caso de prueba y evaluar limitaciones y umbrales de capacidad.

Desgraciadamente, aunque las pruebas pueden indicar que el resultado de un programa es incorrecto, normalmente no proporcionarán ninguna pista acerca de que parte del código ha causado realmente el problema. Es aquí donde cobra sentido el proceso de depuración.

En la depuración de la aplicación Web se consiguió que esta funcionase a la perfección según los objetivos definidos, aun así, como cualquier programa informático, esta es una primera versión de la aplicación, que con el tiempo puede mejorarse y depurar los errores que aparezcan tras su uso e incrementarse algunas funcionalidades adicionales.

3.4 ELEMENTOS DE LA APLICACIÓN

La aplicación web SIG es un visor para consultar datos sobre las Redes de Distribución de las parroquias pertenecientes a sus cantones y estos a su Provincia. A continuación, se va a detallar los elementos de los que va a constar esta aplicación: mapas base, capas operacionales y herramientas.

3.4.1 MAPAS BASE

Los mapas base se utilizan en las aplicaciones WebGIS para la referencia de ubicaciones, ofreciendo un marco en el que los usuarios superponen o combinan sus capas operacionales, realizan tareas y visualizan información geográfica.

En la aplicación SIG los mapas base ofrecen el entorno de la aplicación, y normalmente es el uso de la aplicación el que define el tipo de mapa base que se deberá utilizar. Se han usado algunos gratuitos ya publicados en entornos colaborativos de mapas base:

(http://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Street_Map/MapServer), con cartografía genérica y de uso común de todo el mundo:

Las características de estos servicios son:

Sistema de Coordenadas y Sistema de Proyección: WGS 1984 Web Mercator (Auxiliary Sphere)

Unidades de Medida: Metros

Extensión Espacial: Código de Referencia Espacial: 102100 (3857)

DPI: 96

Tamaño de Tesela del Mapa Cacheado: 256 * 256 pixeles

Escala Máxima (Level 0): -79.021, -2.9

Escala Mínima (Level 12): -78.871, 2.9

Se han escogido tres distintos, ya creados y servidos gratuitamente, con el fin de que los usuarios tengan la posibilidad de cambiar de mapa de fondo de la aplicación: World Street Map, World Shaded Relief y World Imagery.



Ilustración 18 - Mapas Base utilizados en la aplicación Web

(Fuente: Directorio de servicios de Esri)

Las capas operacionales serán aquellos servicios publicados que vayan a cumplir cierta funcionalidad en la aplicación. No son mapas cacheados, serán capas de tipo vector que podrán ser consumidas como capas dinámicas o capas de entidades en función de lo que se vaya a hacer con ellas. La idea es tener el mínimo número de capas operacionales posibles. Además se han publicado como servicios independientes de cara a optimizar la atención a las peticiones de los usuarios.

En la aplicación hay tres capas operacionales. Son servicios publicados en ArcGIS Server de aquellas capas de datos del proyecto SIG que precisa la aplicación. Tienen el mismo sistema de referencia que los mapas base que se

han escogido, con simbología específica establecida, ya que no serán valores configurables por la propia aplicación. Las capas operacionales utilizadas en la aplicación son dinámicas; se recuperan desde la base de datos SIG y se visualizan durante el “runtime”, por ejemplo, cada vez que hace desplazamiento panorámico, hace zoom o actualiza el mapa.

- **Mapa base Zona Ecuador:** Capa de tipo “Layers” obtenida del recurso MEER/CartografiaEcuador. Muestra las zonas delimitadas por provincia de la zona Ecuador.
- **Cartografía:** Capa de tipo “Layers” que muestra las entidades de acuerdo a la zona de selección por ejemplo calles, vías, predios, etc., obtenidas del recurso EERCS/Cartografia_EERCS.
- **Redes de Distribución:** Capa de tipo “Layer” que muestra las la simbología y los elementos que posee una red de distribución eléctrica, tales como: luminarias, postes punto de carga etc. Obtenida del recurso EERCS/ RedesDist_EERCS.

3.4.2 Utilidades y herramientas

La aplicación WebGIS incluye varias herramientas para interactuar y trabajar con la información geográfica. Las herramientas que se incluyen en la aplicación están vinculadas al mapa base y al conjunto de capas operacionales de la aplicación.

Herramientas de navegación para la realización de zoom y desplazamiento panorámico del mapa.

Compuesta por un conjunto de elementos denominado en su conjunto “Navigator” y situada en la parte superior izquierda del mapa:

- Zoom: permite el aumento y disminución del zoom aplicado al mapa.
- Botón inferior izquierdo: permite una extensión completa.
- Rosa de los vientos: permite rotar el mapa y desplazarse en las direcciones Norte, Sur, Este y Oeste.
- Botón inferior izquierdo: permite resetear la rotación del mapa.

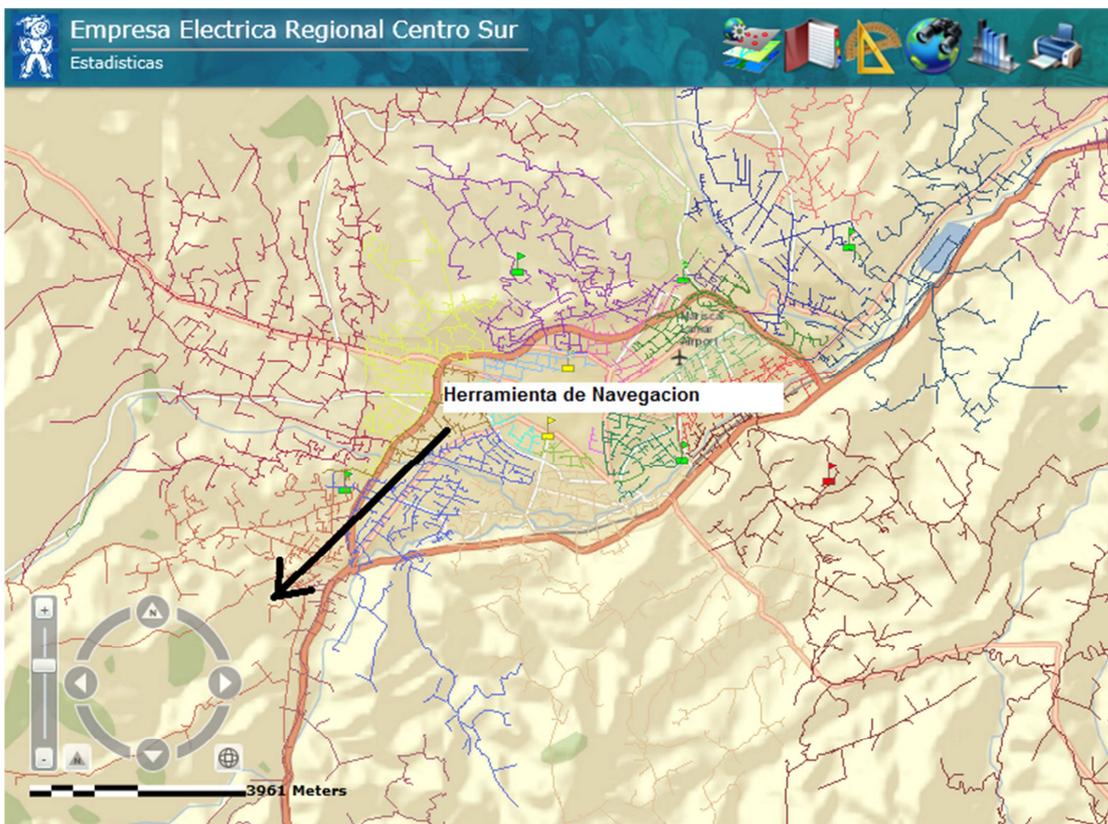


Ilustración 19 - Aplicación Web donde se muestra la herramienta de navegación

3.4.3 Herramienta para identificar capas.

Presionando en cualquier elemento del mapa se despliega una ventana de información con los atributos correspondientes a la entidad seleccionada.

Permite una rápida visualización de los diferentes atributos de una forma sencilla y amigable.

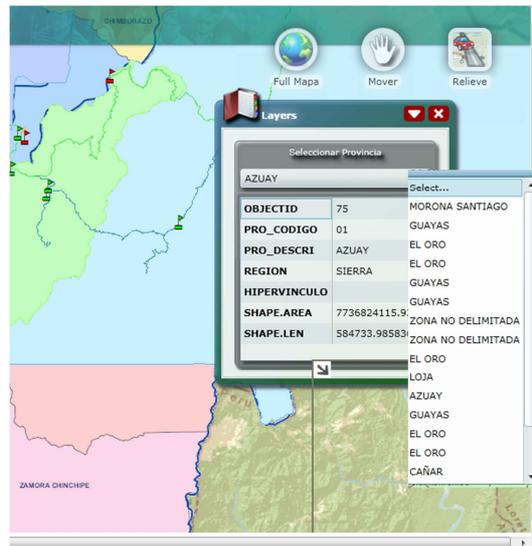


Ilustración 20 - Herramienta el control de las capas operacionales de la aplicación Web.

3.5 Evaluación de resultados.

El rendimiento de la aplicación Web implica dos aspectos importantes a la hora de evaluar una aplicación como son: la velocidad en el tiempo de respuesta y la cantidad de usuarios que puede soportar. Para mejorar estos dos aspectos hay muchas alternativas tanto de hardware y de software que se deben considerar; las que se han elegido para desarrollar esta tesis corresponden a herramientas que están soportadas por ArcGIS que constituye el software base adoptado para las empresas de distribución eléctrica que luego de las pruebas realizadas, las herramientas que han brindado los mejores resultados son las siguientes:

3.5.1 ArcGIS Server

Es una herramienta que proporciona la plataforma para compartir los recursos SIG tanto al interior de una empresa o una oficina, así como a través de la Web permitiendo tener la información centralizada, admiten el trabajo de varios usuarios al mismo tiempo y permiten acceder a la funcionalidad SIG incorporada en ellos a través de servicios Web. También permite combinar los datos locales con datos y servicios de ArcGIS, Open Geospatial Consortium (OGC), servicios de mapas Web (WMS) y servicios de ArcGIS Online.

En el caso de la CENTROSUR posee ArcGIS Server versión 10.1 además de ArcFM Server para permitir análisis de trazabilidad eléctrica.

The ArcGIS Server System Architecture

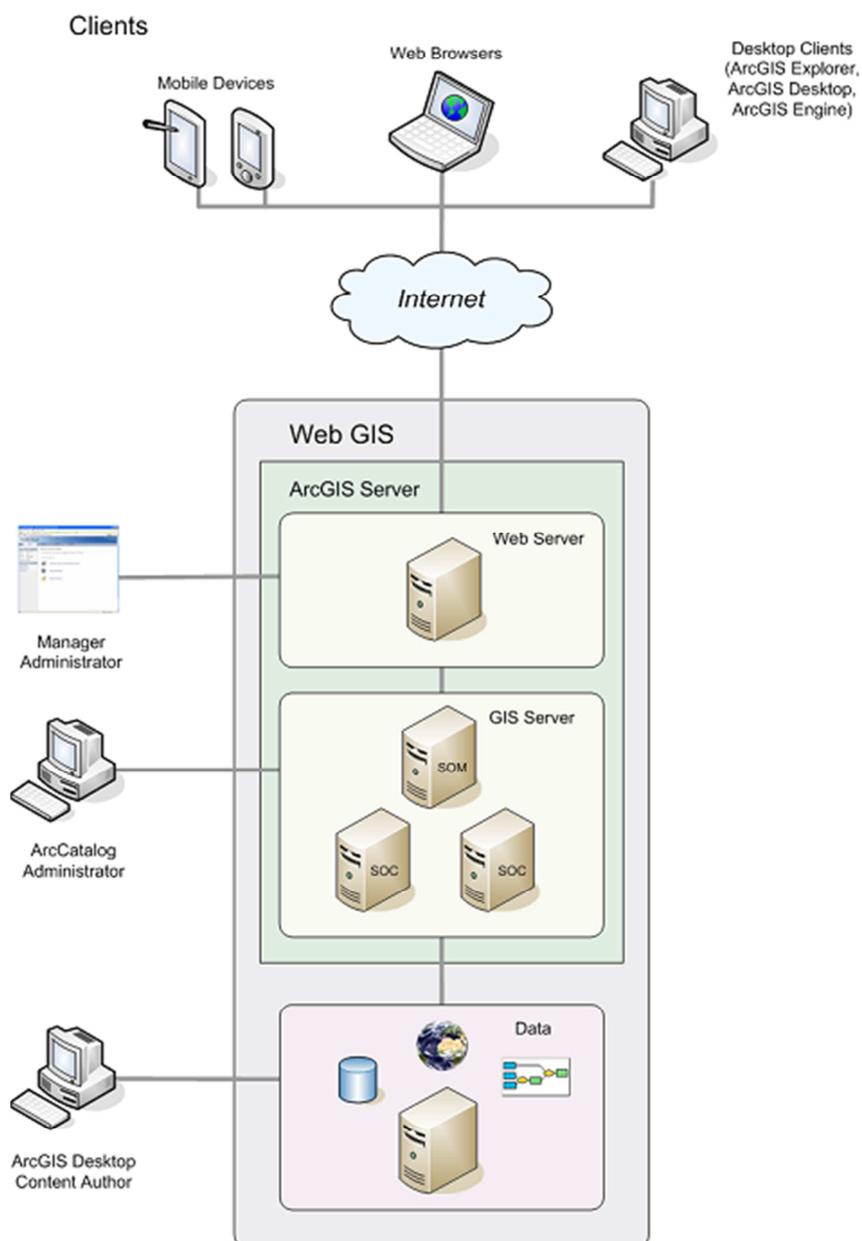


Ilustración 21 Arquitectura de ArcGIS Server

Fuente: www.resources.arcgis.com

3.5.2 Cartografía

Aprovechando los recursos de ArcGIS Server y ArcMAP se ha creado un servicio de mapas (MSD) que se crea a partir de un documento de mapa (MXD) y que se pueden utilizar como recursos SIG obteniéndose un mejor

rendimiento en la publicación de los mapas de cartografía básica necesarios para esta aplicación que fueron definidos por los delegados de las distribuidoras y que corresponden a Provincias, Cantones, Parroquias, localidades, Ríos, Lagunas, Areas verdes, Vías rurales, Calles y Predios.

3.5.3 API de ArcGIS para Microsoft Silverlight

Se ha elegido el viewer de Silverlight porque permite crear rápidamente aplicaciones de representación cartográfica en la red utilizando una experiencia de configuración completamente interactiva. Permitiendo configurar y modificar el mapa base de una aplicación, las capas operacionales, herramientas, colores, título, logotipo, diseño, vínculos y más sin escribir ningún código o editar los archivos de configuración. Además, el Visor es totalmente extensible, de manera que los diseñadores y los desarrolladores pueden implementar nuevas herramientas y crear nuevos diseños e integrarlos fácilmente en el Visor.

Si bien no es una respuesta única, en función de Otras APIs como FLEX, ADF o JavaScript, por las altas prestaciones, el framework de .NET que utiliza y fácil desarrollo que tienen han dado los resultados esperados en el presente trabajo.

3.5.4 DEFINICIÓN DE ESTÁNDARES

Se ha cumplido con todos los requisitos planteados para el desarrollo de la aplicación, tanto los requisitos funcionales como son: presentación de la información, zoom, pan, leyenda, mapa base, barra de escala, definición de capas, opacidad, estado, etc. Y los requisitos no funcionales como seguridad, integridad, plataforma de desarrollo, robustez, etc.

3.5.5 CONSULTAS PREPROCESADAS

Se ha realizado pruebas con consultas pre-procesadas mejorando considerablemente el resultado y dado que la publicación de los datos en un futuro va a agrupar a todas las empresas eléctricas del país, es necesario para todas ellas que la publicación de los datos a través de los servicios Web se realicen de esta forma con el propósito de no interferir sobre la base de datos de producción directamente, acelerando la velocidad de las consultas de información en el Geoportal.

CAPITULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Con el surgimiento de nuevas tecnologías como los SIG y herramientas para toma de decisiones en los últimos años, todas las organizaciones y de manera particular el Ministerio de Energía Renovable a través del proyecto SIGDE conjuntamente con la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur han realizado esfuerzos para crear proyectos que apunten al mejoramientos de los servicios a los usuarios del sector eléctrico a través de mejores procesos para toma de decisiones, integrando los datos de las redes eléctricas de distribución con la información comercial y entregándola de manera condensada y fácilmente entendible basado en software de ESRI complementado con ArcFM como componente para manejar y administrar la información georeferenciada de las redes eléctricas de manera homologada para todo el país.

Para lograr este propósito el Subcomité de SIG, se encargó de implementar el modelo de red Multispeak de la empresa TELVENT adoptado por la empresa CENTROSUR, haciéndose necesario la incorporación de nuevas herramientas en función de los requerimientos particulares de las empresas que actualmente manejan el SIG. Como uno de los aportes, se presenta el “Geoportal estadístico”, una herramienta basada en los datos del SIG en la cual se puede consultar reportes espaciales y estadísticas, del cual se presentan las siguientes conclusiones:

- De las pruebas realizadas se ha logrado determinar que para obtener un mejor tiempo de respuesta en las consultas, estas deben estar preprocesadas y luego publicadas a través de los servicios.
- Con la publicación de toda la información del sector eléctrico integrada en un Geoportal único, con información homologada que beneficia a todo el sector eléctrico de nuestro país y en especial a los niveles superiores (instituciones de control), ya que permite en un solo ambiente de manera ágil, verificar el estado de las redes de distribución.
- En general en este Geoportal Estadístico se logra observar información referente al catastro nacional eléctrico, por ejemplo número de luminarias por provincia, número de transformadores por cantón, número de clientes por parroquia, cantidad de kilómetros de líneas de redes de media tensión, baja tensión, etc.
- En el Geoportal estadístico se puede consultar la cantidad de información que ingresa en el proceso de levantamiento de datos del GIS luego de su implementación hace un año aproximadamente en las empresas distribuidoras del país, proporcionando una herramienta de gestión al ministerio en la parte de fiscalización de los recursos asignados para este propósito.
- Este trabajo se lo ha podido realizar gracias a los esfuerzos emprendidos por todas las empresas para disponer de un Sistema de Información Geográfico actualizado, que cumpla con el mismo modelo de datos y hasta la misma plataforma, logrando así consolidar en una sola fuente de información todos los datos de las redes eléctricas de las empresa de distribución del Ecuador.

4.2 RECOMENDACIONES

Una vez concluido el trabajo de tesis, a continuación se presentan algunas recomendaciones.

- Este tipo de proyectos como los que actualmente ejecuta el MEER a través del proyecto SIGDE, que en esta ocasión se lo desarrolló como proyecto piloto para la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur y que será replicado al resto de empresas de distribución, podría ser aplicado en otros sectores y en otros países de nuestro medio, optimizando recursos y beneficiando a todos los usuarios.
- A través de las comisiones conformadas, debe adoptarse políticas eficientes de actualización de las redes eléctricas para que las consultas sean apegadas a la realidad existente.
- Es necesario unificar esfuerzos en la obtención de la cartografía básica para que la misma, se encuentre permanentemente actualizada y disponible en el Geoportal, almacenándose en memoria caché, mejorando la visualización de los mapas e incrementando el número de usuarios que pueden conectarse.
- Se debe mantener la conformación de equipos de trabajo con el fin de mejorar continuamente los procesos homologados.
- Como última recomendación es necesario conformar equipos de investigación que se encarguen del análisis y dimensionamiento de los nuevos requerimientos del sector eléctrico como por ejemplo la unificación o replicación de todas las geodatabases existentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Tomilson, R. (2008). Pensando en el SIG, Planificación del Sistema de Información Geográfica Dirigida a Gerentes, 3ª ed. ESRI Press.
- Trayectoria. (2005-2012). Boletín Estadístico, Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.
- Proyecto SIGDE (2010-2013) Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Accedido el 12 de enero de 2013
[Http://www.energia.gob.ec/](http://www.energia.gob.ec/)
<http://www.centrosur.com.ec/>
- CENTROSUR. (1950). Historia de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur. Accedido el 17 de enero de 2013
<http://www.centrosur.com.ec/centrosur/historia>
- CONELEC. (2012). Consejo Nacional de Electricidad. Accedido el 19 de enero de 2013 a Mandatos, Leyes, Regulaciones.
www.conelec.gob.ec/
- CENACE. (2013). Centro Nacional de Control de Energía. Accedido el 13 de enero de 2013 a publicaciones, artículos
<http://www.cenace.org.ec/>
- Moreno Jimenez, A.(2008) Sistemas y Análisis de la Información Geográfica, 2ª ed. Alfaomega
- SIG. (n.d.). Wikipedia. Accedido el 2 de febrero de 2013,
http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3%A1fica
- Cartografía. (n.d.). Wikipedia. Accedido el 2 de febrero de 2013 en

<http://es.wikipedia.org/wiki/Cartograf%C3%ADa>

- Cartografía, (2013). Instituto Geográfico Militar, accedido el 3 de febrero de 2013 en

<http://www.igm.gob.ec/work/index.php>

- Posadas, M. (2011). Programación en Silverlight 4.0. 1ª ed. Publidisa

- Servicio Web. (n.d.). Wikipedia. Accedido el 9 de febrero de 2013 en

http://es.wikipedia.org/wiki/Servicio_web

- EPRI Electric Power Research Institute “Common Information Model (CIM) and Multispeak June 2010

- SOAP. (n.d.). Wikipedia. Accedido el 9 de febrero de 2013 en

<http://en.wikipedia.org/wiki/SOAP>

- Web Map Service. (n.d.). Wikipedia. Accedido el 1 de febrero de 2013 en

http://es.wikipedia.org/wiki/Web_Map_Service

- Geoportal. (n.d.). Wikipedia. Accedido el 9 de febrero de 2013 en

<http://en.wikipedia.org/wiki/Geoportal>

- Geostatistics. (n.d.). Wikipedia. Accedido el 2 de marzo de 2013 en

<http://en.wikipedia.org/wiki/Geostatistics>

- Geoportal. (2013). IDEC INfraestructura de datos espaciales Cataluña. accedido el 9 de febrero de 2012 en

<http://www.geoportal-idec.cat/geoportal/cas/index.jsp>

- Microsoft .NET. (n.d.). Wikipedia. Accedido el 3 de marzo de 2013 en

http://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft_.NET

- Microsoft Silverlight. (n.d.). Wikipedia. Accedido el 2 de marzo de 2013 en

http://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Silverlight

- XAML. (n.d.). Wikipedia. Accedido el 16 de marzo de 2013 en
<http://es.wikipedia.org/wiki/XAML>
- ArcGIS Viewer for Silverlight (2013). Accedido el 6 de marzo de 2013 en
<http://resources.arcgis.com/en/communities/silverlight-viewer/>
- Directorio de Servicios web
<http://geoportal.centrosur.com.ec/arcgis/rest/services>
- ArcGIS Resource Center (2013) ESRI España. Accedido el 29,30,31 de marzo de 2013 en
<http://resources.arcgis.com/es/content/arcgisserver/10.0/gis-services>

ANEXO A

1 MANUAL DE USUARIO.

1.1 INICIAR APLICACIÓN

La aplicación es una página web. Ésta se proporciona en formato html y dentro del directorio Web, su nombre es Portal_Estadistico.html. De esta manera, para iniciar la aplicación basta con cargar dicha página y se nos abrirá el explorador web por defecto con una página como esta:

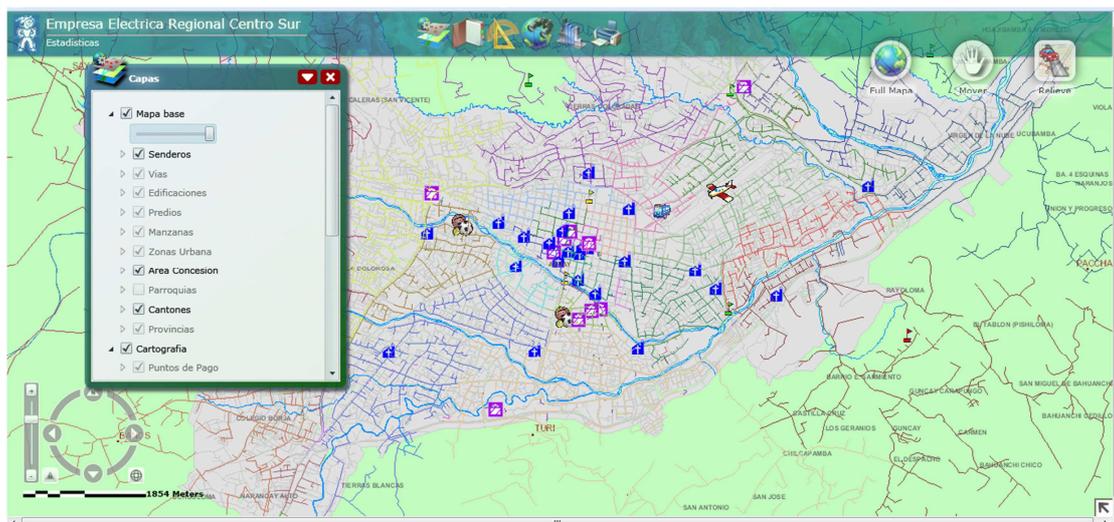


Ilustración 22 - Ventana Principal

En la interfaz web se pueden distinguir varias zonas las cuales nos proporcionan información del estado de la aplicación.

1.2 BARRA SUPERIOR CINTA DE OPCIONES

La barra superior consta de elementos que son usados por el usuario donde se puede ver las diferentes opciones como se muestra a continuación.

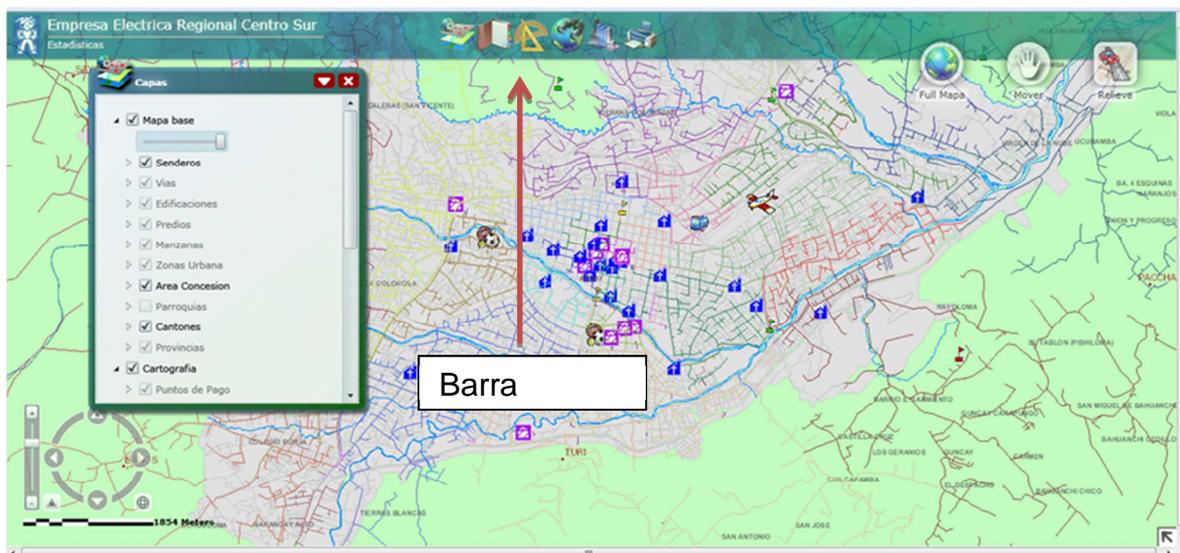


Ilustración 23 - Cinta de opciones

Elementos de la Barra Superior

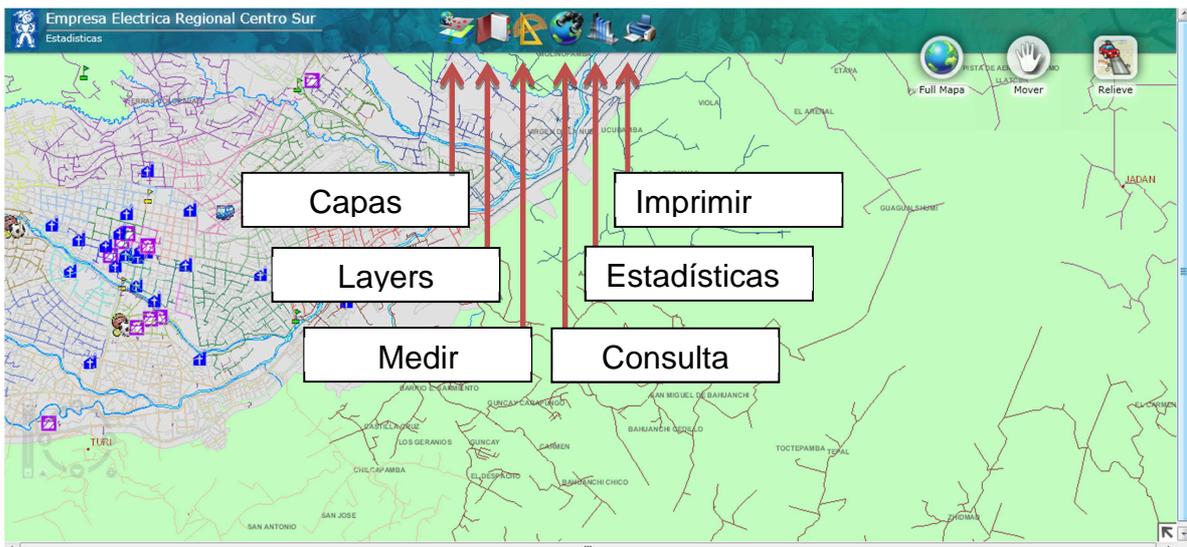


Ilustración 24 - Elementos de la Cinta

HERRAMIENTA CAPAS

Cuando el usuario selecciona el elemento capas, se visualiza una ventana flotante donde a su vez se puede escoger diferentes tipos de capas de los servicios web ya preestablecidas como mapa base, su cartografía o ya sea los elementos de la red de distribución.

Dependiendo del zoom que se encuentre el mapa se mostraran los elementos que se hallan en estado transparente.

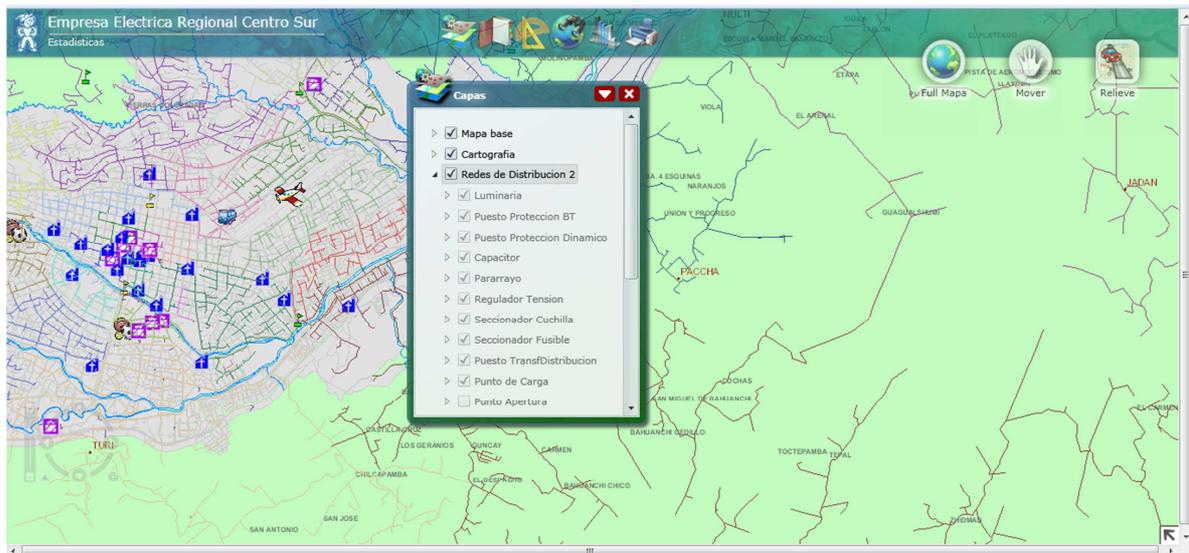


Ilustración 25 - herramienta capas

1.2.1 HERRAMIENTA LAYERS

Cuando el usuario selecciona el elemento layers, se visualiza una ventana flotante donde a su vez puede seleccionar un item que en este caso sería un listado de provincias aplicándole un zoom y un detalle al elemento seleccionado.

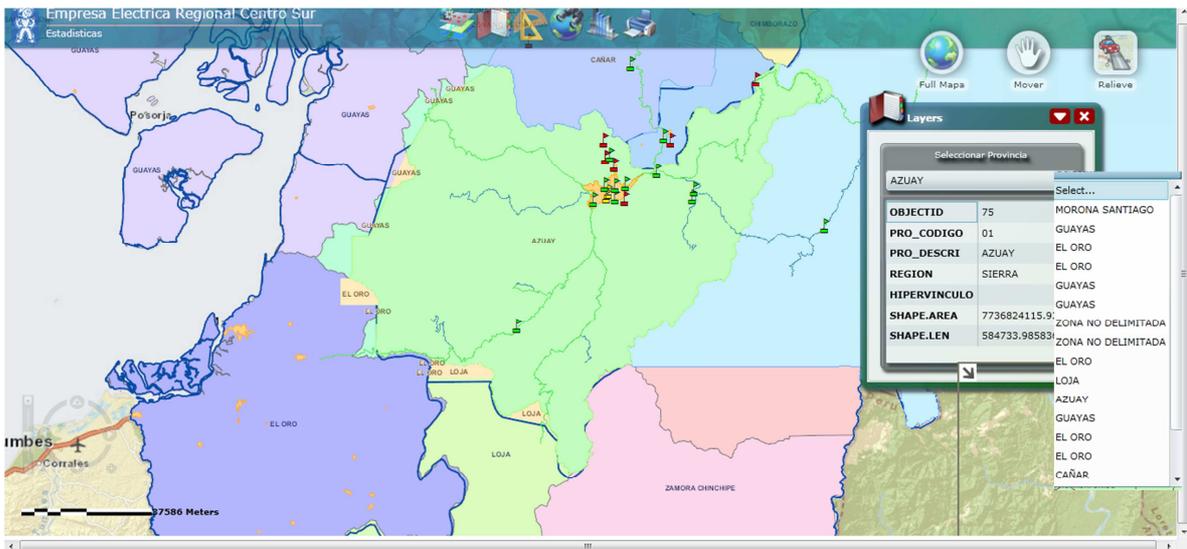


Ilustración 26 - Herramienta Layers

1.2.2 HERRAMIENTA MEDIR

Cuando el usuario selecciona el elemento medir, se visualiza una ventana flotante donde a su vez puede seleccionar diferentes opciones como medida de longitud, medida de área (ya sea en metros, kilómetros, yardas, pies, etc.) o punto de coordenada x,y.

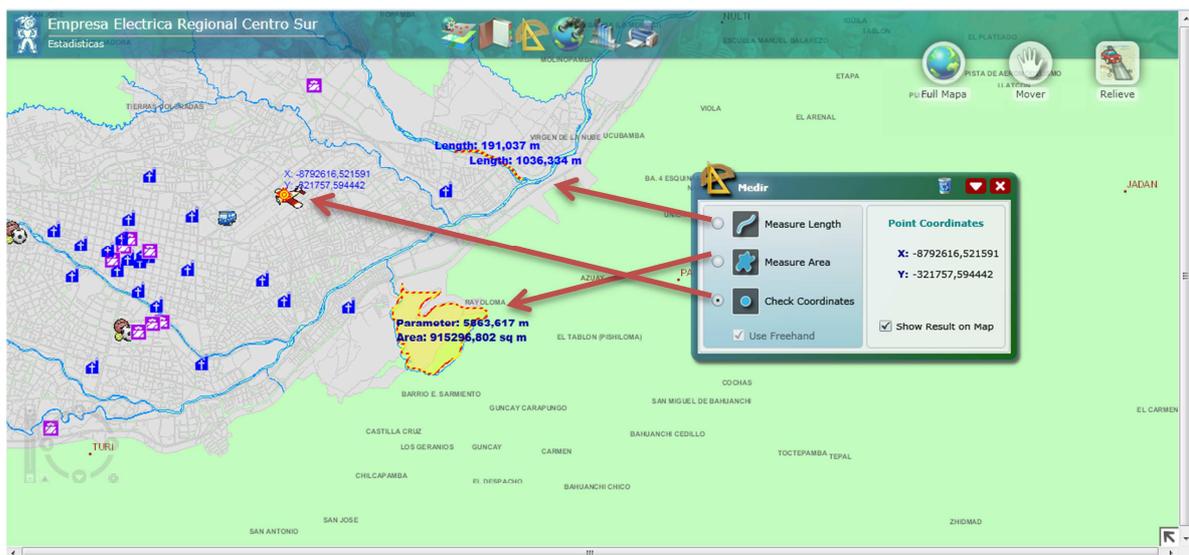


Ilustración 27 - Herramienta medir

1.2.3 HERRAMIENTA CONSULTA

Cuando el usuario selecciona el elemento consulta, se visualiza una ventana flotante donde a su vez puede seleccionar diferentes opciones

Crear consulta de un layer preestablecido ya sea Provincia, cantón o parroquia aplicando zoom y detalle al resultado obtenido.

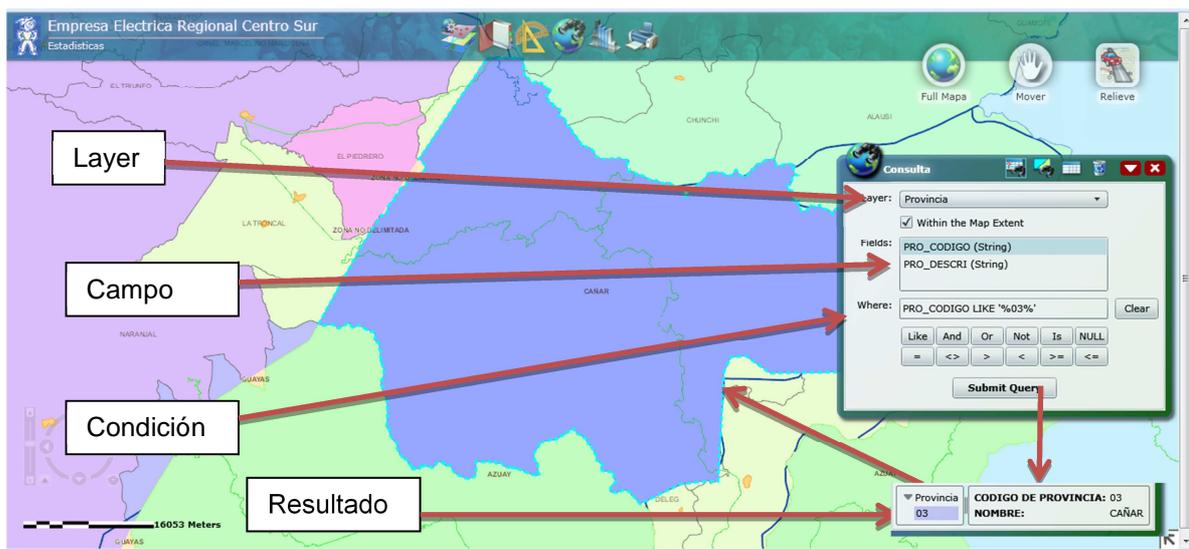


Ilustración 28 - Herramienta Consulta

Herramienta de selección ya sea por punto, línea o polígono de un layer preestablecido ya sea Provincia, cantón o parroquia aplicando zoom y detalle al resultado obtenido.

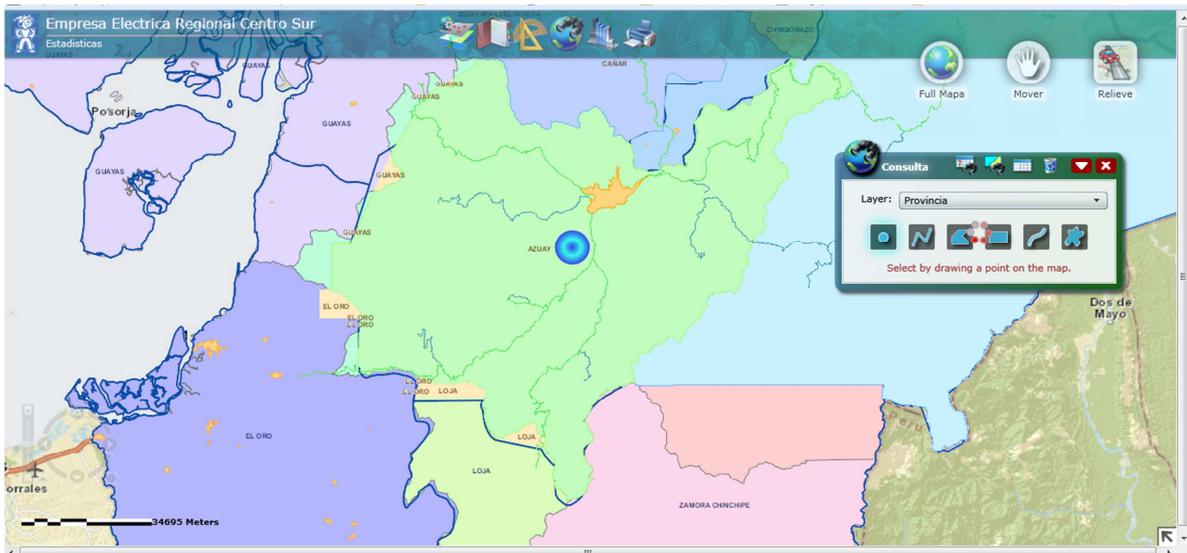


Ilustración 29- Herramienta Selección

1.2.4 HERRAMIENTA ESTADÍSTICA

Cuando el usuario selecciona el elemento Estadística, se visualiza una ventana flotante donde a su vez puede seleccionar diferentes opciones como consulta por criterios o consultas predeterminadas.

Hay que tomar en cuenta cuando selecciona este elemento la información es obtenida de una base de datos geo referenciada y no de un layer.

Al elegir por criterio consulta se puede escoger una de las tablas establecidas en la misma base, de acuerdo al criterio de agrupación ya sea Provincia, cantón o parroquia mostrara el resultado en una tabla resultante y su estadística donde el usuario aplica zoom y detalle al resultado obtenido.

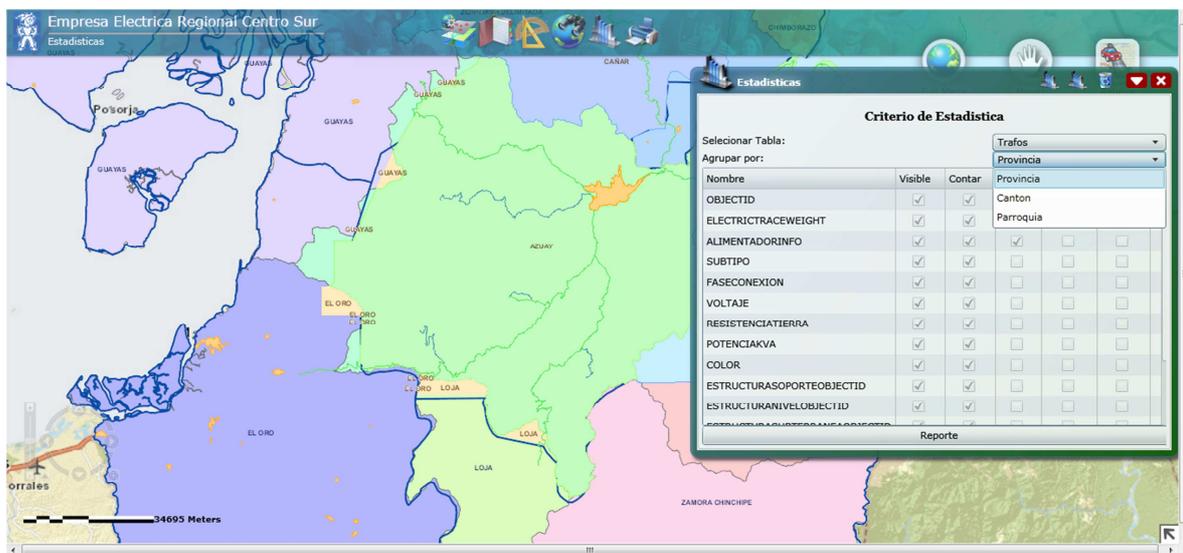


Ilustración 30 - Herramienta Estadística

Cuando los resultados ya son obtenidos de acuerdo al criterio de selección por parte del usuario este podrá guardar dichos resultados tabulados exportándolos a una hoja de Excel.

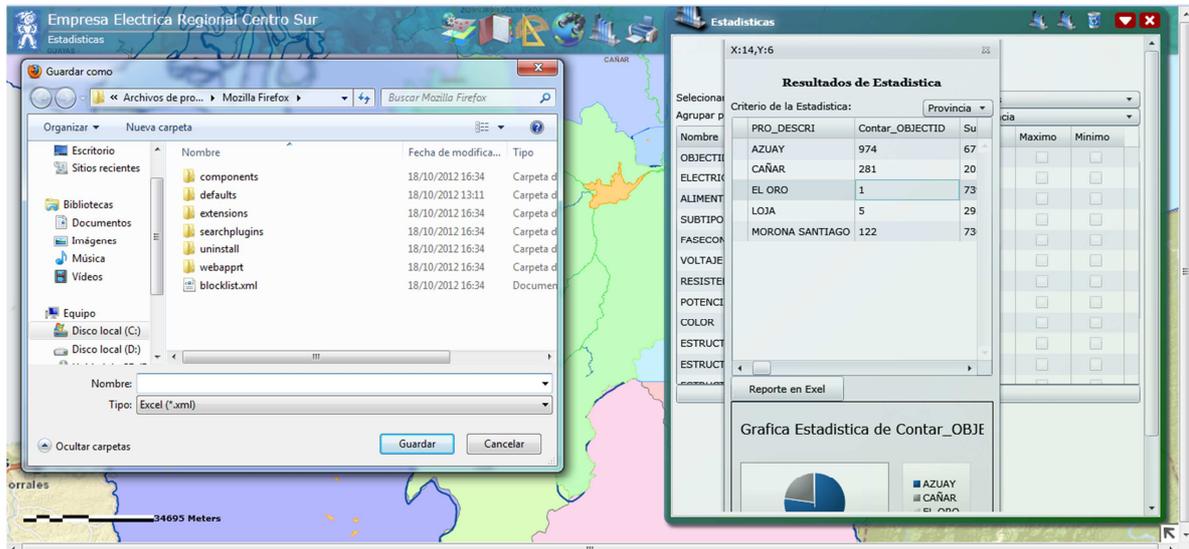


Ilustración 31 - Herramienta Exportación

Al elegir por consulta predeterminada se puede escoger mostrar todo de tablas establecidas en la misma base, obtendrá todo el detalle en una nueva tabla resultante y su estadística donde el usuario aplica zoom y detalle al resultado obtenido.

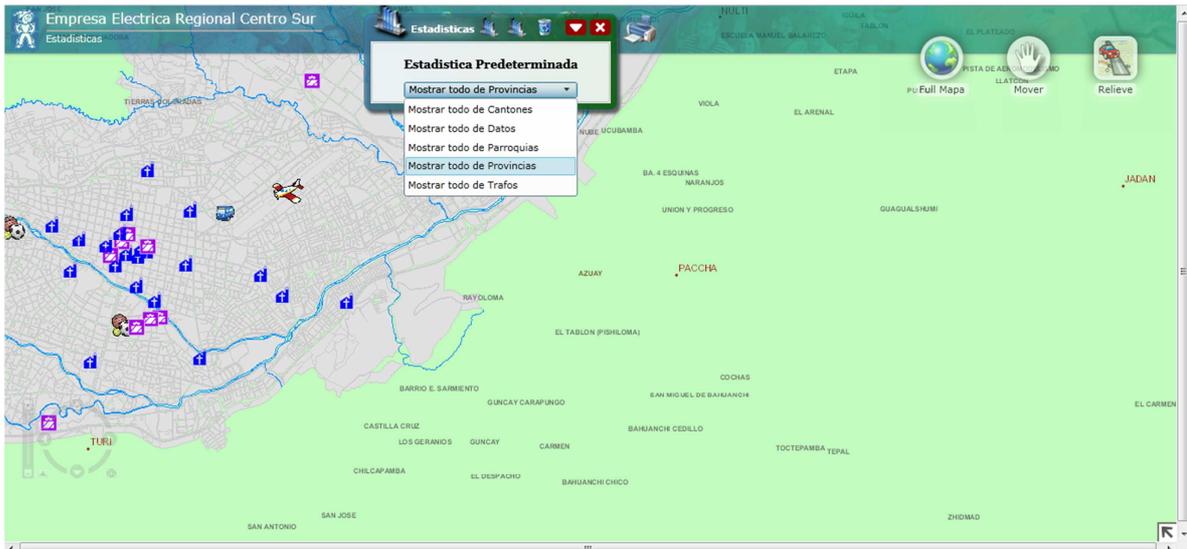


Ilustración 32 - Herramienta estadística predeterminada

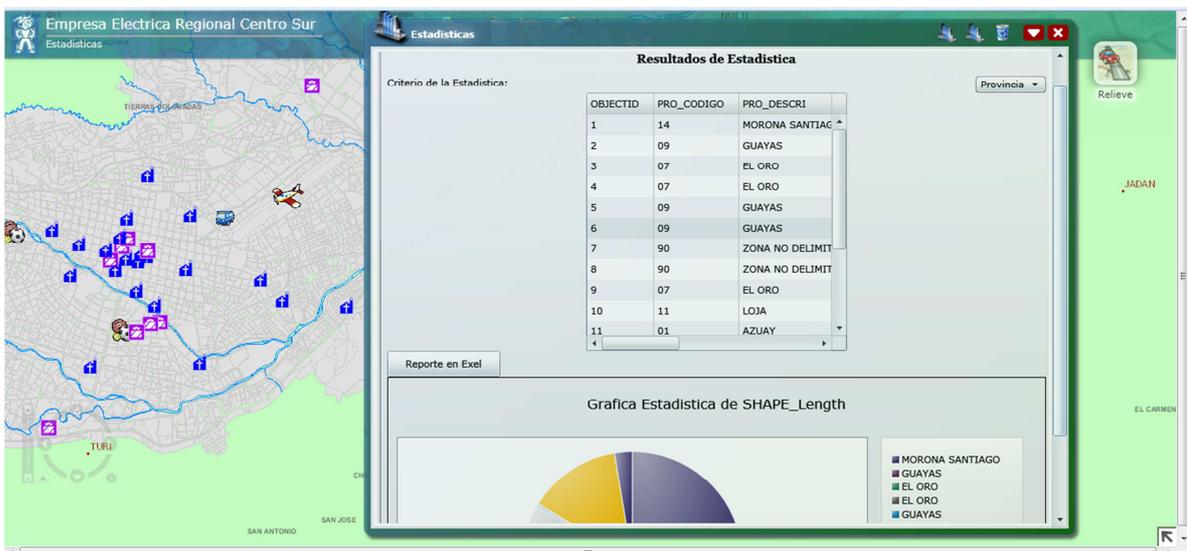


Ilustración 33 - Grafica estadística

1.2.5 ELEMENTO IMPRESIÓN

Cuando el usuario selecciona el elemento Impresión, se visualiza una ventana flotante donde a su vez puede obtener los resultados del mapa en impresión como se muestra a continuación.

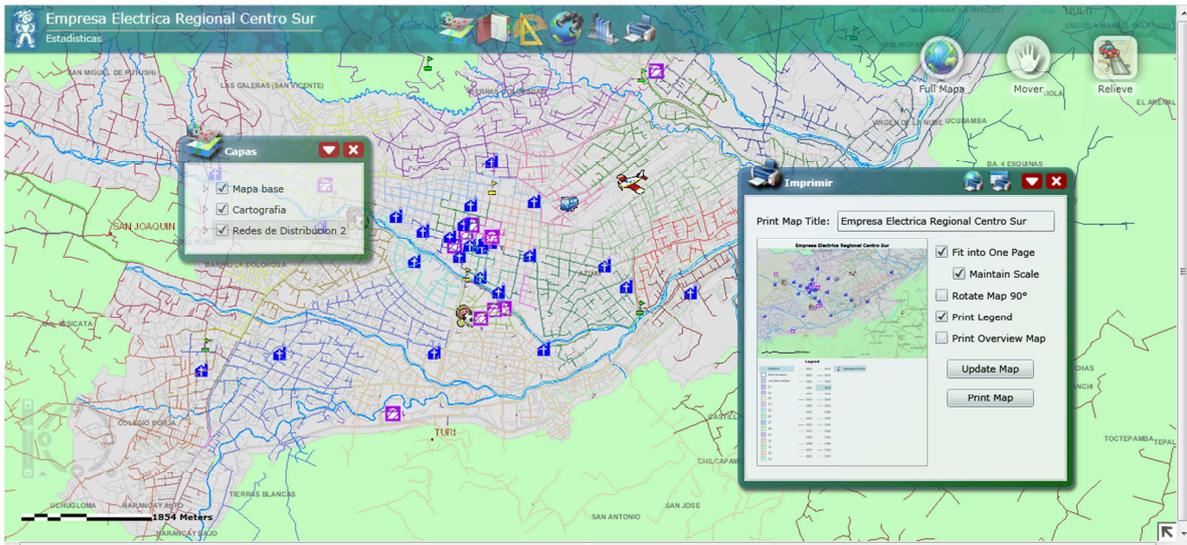


Ilustración 34 - Herramienta impresión

1.3 BARRA LATERAL SUPERIOR DERECHA

La barra Lateral Superior derecha consta de elementos que son usados por el usuario donde se puede ver las diferentes opciones como se muestra a continuación.

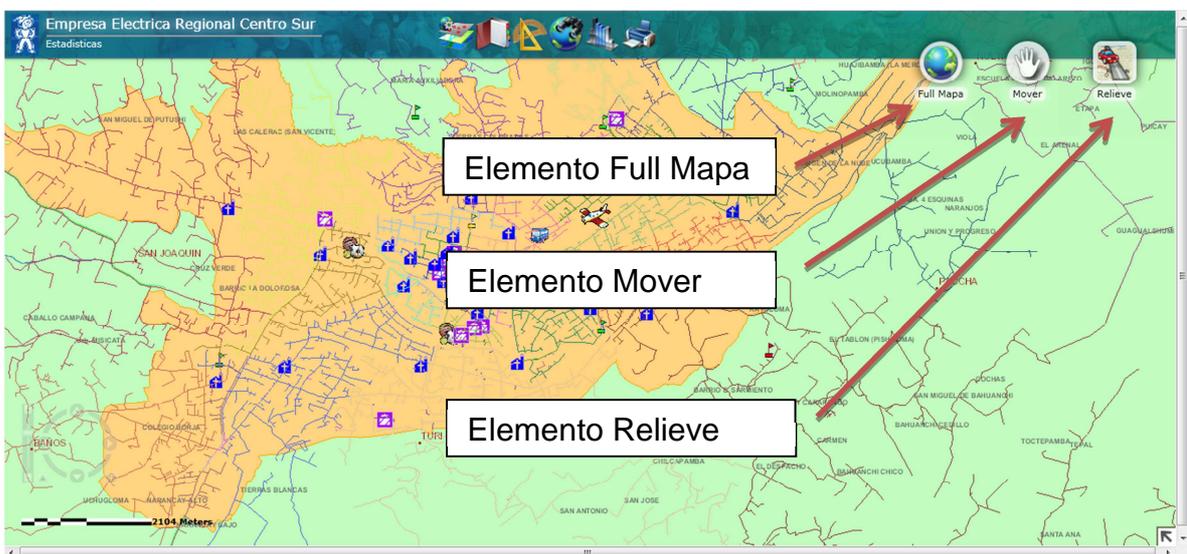


Ilustración 35 - Barra lateral superior derecha

1.3.1 HERRAMIENTA FULL MAPA

Cuando el usuario selecciona el elemento Full Mapa manifestara el plano completo de la zona Ecuatorial o Ecuador.

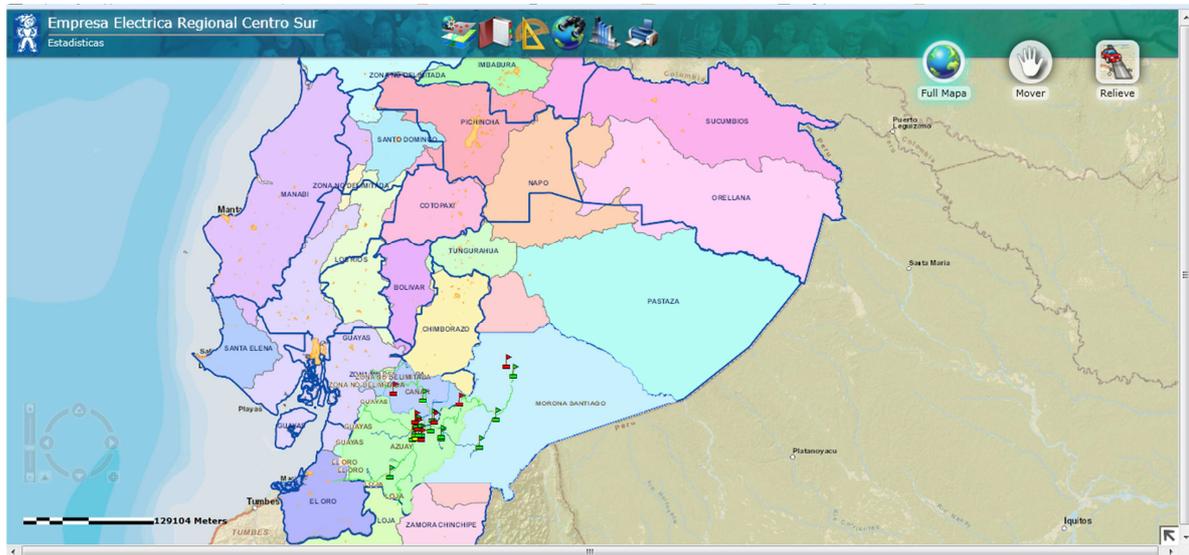


Ilustración 36 - Herramienta Full Mapa

1.3.2 HERRAMIENTA MOVER

Cuando el usuario selecciona el elemento Mover mostrara elementos para aplicar al mapa como Herramienta mano o mover, Zoom In (Expandir mapa), Zoom out (Contraer Mapa) e identificador para visualizar un detalle del elemento seleccionado en dicho mapa.

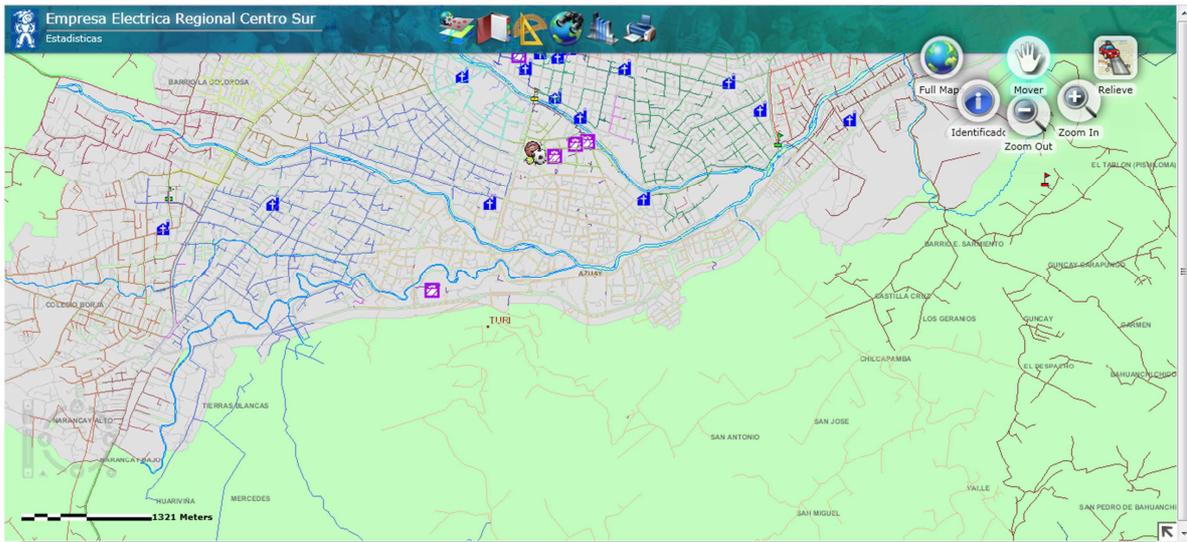


Ilustración 37 - Herramienta mover

1.3.3 HERRAMIENTA RELIEVE

Cuando el usuario selecciona el elemento Relieve, permite elegir entre opciones mostrar el mapa base como relieve, imagen o topográfica.

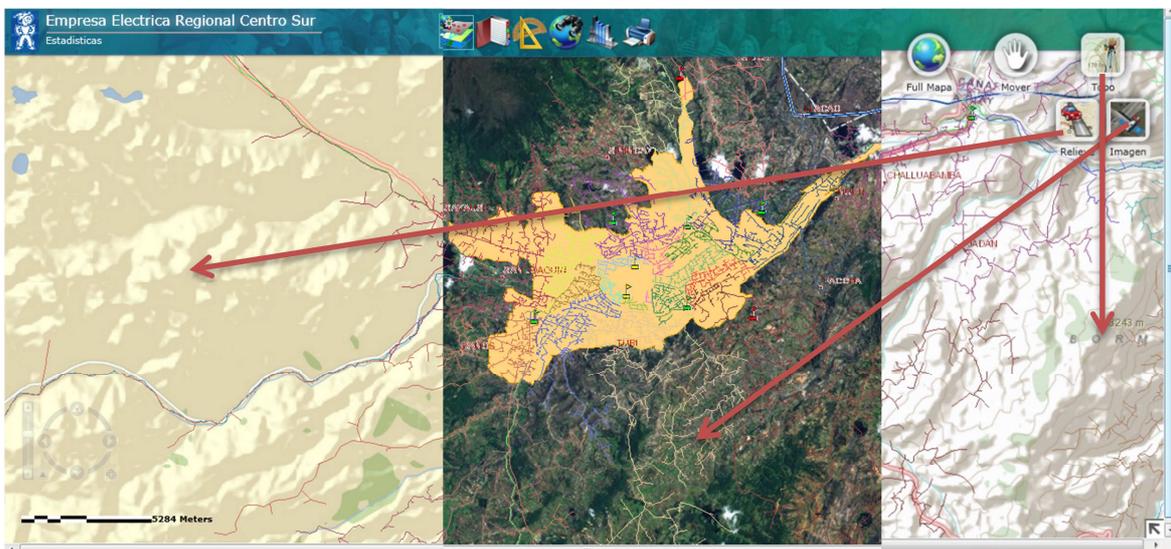


Ilustración 38 - Herramienta relieve