



UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS
FACULTAD 3
DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS DE PROGRAMACIÓN

Servicio de Mapas Temáticos

Tesis presentada en opción al título de
Máster en Informática Aplicada

Autor: Ing. Alexander Rodríguez Torres
Tutor: MSc. Rafael Rodríguez Puente

Ciudad de la Habana, Diciembre de 2010

Agradecimientos

A mi madre por el apoyo, la constancia y por ayudarme a ser quien soy hoy. Tu amor es lo más grande que tengo. Aunque no te lo digo muy a menudo, te quiero con todas las fuerzas de mi corazón.

A Rafael mi tutor, amigo y hermano. ¿Hasta cuándo tendré que cargar contigo? Sé que vas a preguntar lo mismo.

A Neyaris, mi negra, amiga, hermana. De ti jamás me podré librar. Te quiero.

A Dayana. Me hiciste una persona mejor. Gracias.

A Leonardo, mi padrastro, que ha sido y será siempre mi padre. Todos los días deseo que estés de nuevo en la casa.

A la familia de Dayana, en especial a Dayma que ha sido mi otra madre.

A los amigos, amigas y colegas, del apartamento, de la facultad, de la universidad y de la casa.

A aquellos familiares que se preocuparon alguna vez por cómo iba el trabajo y a mi hermano en particular que aunque hace mucho no está siempre confió en mí.

A todos los que en algún instante se preocuparon por ayudar, aprender o simplemente preguntar cómo marchaba todo.

Dedicatoria

A mi madre.

SÍNTESIS

Este trabajo describe el desarrollo de un servicio que permite la creación de mapas temáticos a partir de datos estadísticos proporcionados por los usuarios y de la base geográfica escogida por ellos. Surge porque en la actualidad no existen soluciones que permitan representar la información estadística con la que cuentan las personas en un área geoespacial determinada, que sean de código abierto y que además estén disponibles estando en línea o desconectado de la red.

Se realizó un estudio de las distintas técnicas de simbolización cartográfica que se han desarrollado para la representación de datos estadísticos, identificando la existencia de nueve de ellas. Además se analizaron las herramientas informáticas más importantes que se utilizan en la actualidad para la generación de mapas temáticos.

Como resultado del trabajo se obtuvo un servicio que permite la generación de ocho tipos de mapas temáticos. El servicio permite además la obtención de los datos estadísticos a partir de un libro de cálculo o de una base de datos.

El resultado obtenido servirá de apoyo al proceso de toma de decisiones y le dará un valor agregado a los sistemas de información a los que se integre.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1 Introducción	5
1.2 Mapas	5
1.3 La representación de los datos	8
1.4 Tipos de cartografías temáticas	11
1.5 Soluciones informáticas que permiten crear mapas temáticos	20
1.6 Conclusiones	24
2. ESPECIFICACIÓN DEL SERVICIO DE MAPAS TEMÁTICOS	25
2.1 Introducción	25
2.2 Términos y definiciones	25
2.3 Servicio de mapas temáticos (WTM)	27
2.4 Operaciones del Servicio de Mapas Temáticos	27
2.5 Interfaz del servicio de mapas temáticos	35
2.6 Conclusiones	36
3. CONSTRUCCIÓN DEL SERVICIO DE MAPAS TEMÁTICOS	37
3.1 Introducción	37
3.2 Términos y definiciones	38
3.3 Metodología XP	38
3.4 Propuesta del servicio	39
3.5 Historias de usuario	41
3.6 Estimación del esfuerzo	46
3.7 Plan de iteraciones	46
3.8 Plan de duración de iteraciones	47
3.9 Plan de entregas	48
3.10 Arquitectura del servicio	48
3.11 Tarjetas C.R.C	50

3.12	Lenguaje de programación del lado del servidor: Python	50
3.13	Lenguaje de programación del lado del cliente: JavaScript	51
3.14	Interfaz web	52
3.15	Resultados obtenidos	53
3.16	Conclusiones	54
CONCLUSIONES GENERALES		55
RECOMENDACIONES		56
GLOSARIO DE TÉRMINOS		57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		58
BIBLIOGRAFÍA		60
ANEXOS		61
	Anexo I. Tipos de mapas	61
	Anexo II. Mapas temáticos generados por otras soluciones.	64
	Anexo III. Tarjetas CRC	68
	Anexo IV. WTMCapabilities Documento XML	70

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 2.1: Parámetros de la petición GetCapabilities.</i>	28
<i>Tabla 2.2: Parámetros de la petición GetThematicMap.</i>	30
<i>Tabla 2.3: Parámetros de la petición GetCapabilities.</i>	34
<i>Tabla 3.1: HU Importar datos desde libro de cálculo.</i>	42
<i>Tabla 3.2: HU Importar datos desde tabla en base de datos.</i>	42
<i>Tabla 3.3: HU Dibujar mapa temático de datos puntuales.</i>	42
<i>Tabla 3.4: HU Dibujar mapa temático de datos lineales.</i>	43
<i>Tabla 3.5: HU Dibujar mapa temático de datos superficiales.</i>	43
<i>Tabla 3.6: HU Dibujar mapa temático de puntos.</i>	43
<i>Tabla 3.7: HU Dibujar mapa temático de símbolos proporcionales.</i>	44
<i>Tabla 3.8: HU Dibujar mapa temático de coropletas.</i>	44
<i>Tabla 3.9: HU Dibujar mapa temático de flujos.</i>	44
<i>Tabla 3.10: HU Dibujar cartograma.</i>	45
<i>Tabla 3.11: HU Mostrar leyenda.</i>	45
<i>Tabla 3.12: HU Crear mapa temático en línea.</i>	45
<i>Tabla 3.13: Estimación de esfuerzo por historia de usuario.</i>	46
<i>Tabla 3.14: Plan de duración de iteraciones.</i>	48
<i>Tabla 3.15: Plan de entregas.</i>	48

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 2.1: Intercambio de mensajes entre una aplicación cliente y el servidor de mapas temáticos.</i>	27
<i>Ilustración 2.2: Interfaz del Servicio de mapas temáticos.</i>	35
<i>Ilustración 3.1: Modelo de dominio.</i>	40
<i>Ilustración 3.2: Arquitectura de servicios OpenGIS sobre clientes pesados y ligeros.</i>	49
<i>Ilustración 3.3: Arquitectura lógica del servicio de mapas temáticos.</i>	49
<i>Ilustración 3.4: Arquitectura física del servicio de mapas temáticos.</i>	50
<i>Ilustración 3.5: Interfaz web para interactuar con el servidor de mapas temáticos.</i>	52
<i>Ilustración 3.6: Mapa de coropletas. Población Mundial. Resultado mostrado en la interfaz web.</i>	53
<i>Ilustración I. 1: Mapas de pequeña escala.</i>	61
<i>Ilustración I. 2: Mapas de gran escala.</i>	61
<i>Ilustración I. 3: Mapas Topográficos.</i>	61
<i>Ilustración I. 4: Mapas temáticos.</i>	61
<i>Ilustración I. 5: Componentes de un mapa temático.</i>	61
<i>Ilustración I. 6: Mapa de datos puntuales.</i>	61
<i>Ilustración I. 7: Mapa de datos lineales.</i>	61
<i>Ilustración I. 8: Mapa de datos superficiales.</i>	61
<i>Ilustración I. 9: Mapa de puntos.</i>	62
<i>Ilustración I. 10: Mapa de puntos.</i>	62
<i>Ilustración I. 11: Mapa de símbolos proporcionales. Círculos.</i>	62
<i>Ilustración I. 12: Mapa de símbolos proporcionales. Barras.</i>	62
<i>Ilustración I. 13: Mapa de isolíneas.</i>	62
<i>Ilustración I. 14: Mapa de isolíneas. Isotérmico.</i>	62
<i>Ilustración I. 15: Mapa de flujo.</i>	62
<i>Ilustración I. 16: Mapa de flujo. Leyenda escalonada.</i>	62
<i>Ilustración I. 17: Mapa de coropletas.</i>	63
<i>Ilustración I. 18: Mapa de coropletas. Monocromático.</i>	63
<i>Ilustración I. 19: Cartograma.</i>	63
<i>Ilustración I. 20: Cartograma con continuidad comparado con la base geográfica.</i>	63
<i>Ilustración I. 21: Cartograma sin continuidad comparado con la base geográfica.</i>	63
<i>Ilustración II. 1: Mapa temático generado con QGis. Modo Single Symbol.</i>	64
<i>Ilustración II. 2: Mapa temático generado con QGis. Modo Graduated Symbol.</i>	64
<i>Ilustración II. 3: Mapa temático generado con QGis. Modo Continuos Color.</i>	64
<i>Ilustración II. 4: Mapa temático generado con QGis. Modo Unique Value.</i>	65
<i>Ilustración II. 5: Mapa temático generado con MapInfo.</i>	65
<i>Ilustración II. 6: Mapa temático generado con MapInfo. Modo Ranges. Tipo Region Ranges.</i>	65
<i>Ilustración II. 7: Mapa temático generado con MapInfo. Modo Ranges. Tipo Point Ranges.</i>	66
<i>Ilustración II. 8: Mapa temático generado con MapInfo. Modo Graduated. Tipo Graduated Symbol.</i>	66
<i>Ilustración II. 9: Mapa temático generado con MapInfo. Modo Dot Density. Tipo Dot Density.</i>	66
<i>Ilustración II. 10: Mapa temático generado con MapInfo. Modo Individual. Tipo Region Individual.</i>	67
<i>Ilustración II. 11: Mapa temático generado con UDig.</i>	67
<i>Ilustración II. 12: Mapa generado utilizando Up2Maps.</i>	67

INTRODUCCIÓN

La creación de herramientas de aplicación específica mediante las cuales se puede mostrar el conocimiento y el estado del arte de las más disímiles áreas del saber son una muestra del desarrollo acelerado de la informática; los sistemas de información y en particular los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son prueba de este progreso (Toledo, 1999).

Los SIG son sistemas de información especializados que se distinguen por su capacidad de manejar información espacialmente referenciada y que permiten además su representación gráfica; analistas argumentan que más del 80 por ciento de la toma de decisiones involucra algún componente espacial (Suñer, 2009).

Un SIG se define como “un sistema computacional para la entrada; manejo (almacenamiento y recuperación de información); manipulación, análisis; y representación de datos geográficos” (Aronoff, 1989).

Los SIG son herramientas muy novedosas con cerca de sólo cuatro décadas de existencia pero muy difundidas en la actualidad gracias a que sirven de apoyo para la formación de elementos de juicio para la toma de decisiones.

Desde su aparición entre los años 1960 y 1970 los SIG han evolucionado a un ritmo acelerado. En sus orígenes estos sistemas se basaban en proyectos, luego pasaron a ser orientados a instituciones y empresas, ya en la actualidad existen SIG dirigidos a las comunidades y a la sociedad en general (Delgado, 2005).

Los mapas de propósito general o de referencia, fueron hasta mediados del siglo XVIII el objetivo principal de la cartografía. El ánimo de geógrafos, exploradores y cartógrafos hasta entonces, había sido el conocimiento geográfico del mundo. Luego de haber obtenido importantes avances en estas tareas los cartógrafos tuvieron la posibilidad de comenzar a expresar en los mapas datos sociales y científicos, lo que conllevó al nacimiento de la cartografía temática cuyo objetivo es la representación gráfica de estos datos, transformándolos en símbolos cartográficos y sus relaciones en todo lo que afecte al espacio geográfico (Ciampagna & Asociados).

“Un mapa temático es aquel que está diseñado para mostrar características o conceptos particulares. En el uso convencional de los mapas, este término excluye los mapas topográficos” (Asociación Cartográfica Internacional). Los mapas temáticos están compuestos por un mapa base y una capa de contenido temático.

El hecho de que un SIG brinde la posibilidad de mostrar mapas temáticos lo convierte en una herramienta aún más potente porque es posible evaluar cómo está distribuido un fenómeno particular en un área específica.

Se puede dividir la cartografía temática en dos tipos: la cartografía temática cualitativa (cuando la información cartografiada es una descripción de características) y la cartografía temática cuantitativa (cuando se describen valores) (Ciampagna & Asociados).

Mediante un mapa cualitativo se muestra la distribución espacial o la situación de un grupo de datos a los que se les asigna una característica no numérica, de ahí que no se puedan determinar relaciones de cantidad en este tipo de mapas.

Los mapas de carácter cuantitativo informan el comportamiento de una variable atendiendo a criterios de cantidad.

Existen técnicas de representación de datos estadísticos entre las que se destacan los mapas de datos puntuales, de datos superficiales, de puntos, de coropletas y de símbolos proporcionales, estas técnicas se conocen también como técnicas de simbolización cartográfica.

Importancia

Los mapas temáticos son utilizados para representar diferentes aspectos de índole económico, social, ambiental, histórico, etcétera; ya sea de una región, país o continente; brindando la posibilidad de tener conocimiento de la información concreta existente en determinado espacio.

Según (Millington y Alexander, 2000) este tipo de mapas es “uno de los insumos más importantes para definir políticas de aprovechamiento y de conservación de los recursos naturales.”

Antecedentes

Hoy en día existen servicios en línea que son capaces de generar mapas temáticos a partir de ciertos parámetros de entrada. Sin embargo es pequeña la cantidad de técnicas de representación de datos estadísticos que se pueden manejar, en general los datos estadísticos y geográficos disponibles son los que se encuentran en los servidores de quienes administran el servicio y en la mayoría de los casos su código no puede ser descargado ni modificado de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

Herramientas de escritorio como QGis, MapInfo y UDig cuentan con módulos que permiten la creación de mapas temáticos sin necesidad de estar en línea y permiten al usuario utilizar los datos estadísticos que posee, sin embargo estas son aplicaciones que no se centran en el trabajo con mapas temáticos sino en la edición y gestión de datos geográficos por lo que en su mayoría el número de técnicas de representación de datos estadísticos con el que se trabaja no es muy amplio; además, en no todos los casos el código fuente está disponible.

Problema

Las soluciones que existen para la representación de la información estadística que poseen los usuarios sobre el espacio geográfico de su interés no son capaces de integrar disponibilidad, accesibilidad y robustez, lo que impide que los usuarios cuenten con un mecanismo eficiente que les apoye en la formación de elementos de juicio para la toma de decisiones.

Hipótesis

Si se desarrolla un servicio de código abierto, que permita la generación de la mayoría de los tipos de mapas temáticos existentes, a partir de los parámetros requeridos por cada técnica de representación, que sea accesible tanto estando en línea como desconectado de la red, entonces los usuarios contarán con un mecanismo eficiente para la representación de la información estadística que poseen, sobre el espacio geográfico de su interés que les apoye en la toma de decisiones.

Objeto de estudio

Mapas temáticos.

Campo de acción

Soluciones informáticas para la creación de mapas temáticos.

Objetivo general

Desarrollar un servicio de código abierto que permita generar ocho de los tipos de mapas temáticos existentes y que sea accesible estando en línea o desconectado.

Objetivos específicos

- Definir sobre cuáles datos se pueden generar mapas temáticos.
- Especificar cuáles datos necesitan las diferentes técnicas de simbolización cartográfica.
- Implementar un servicio de código abierto que permita generar ocho de los tipos de mapas temáticos.
- Desarrollar una interfaz web que permita enviar los parámetros de entrada al servicio y mostrar el mapa temático resultante y la leyenda correspondiente.

Novedad

- Especificación de un servicio de mapas temáticos teniendo en cuenta estándares internacionales definidos por el Consorcio OpenGIS.
- Servicio de mapas temáticos que cumple con la especificación elaborada y posibilita la generación de ocho tipos de mapas temáticos a partir de información estadística proporcionada por el usuario, el mismo es accesible estando en línea o desconectado de la red y puede ser modificado y redistribuido libremente.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción

En este capítulo se hará un estudio de los principales conceptos que serán necesarios para sentar las bases del presente trabajo, así como para una mejor comprensión del mismo. Además se expondrá el estado actual de las herramientas informáticas relacionadas con el campo de los mapas temáticos.

1.2 Mapas

Un mapa se define como “la representación convencional gráfica de fenómenos concretos o abstractos, localizados en la Tierra o en cualquier parte del Universo” (Asociación Cartográfica Internacional).

Los mapas se pueden clasificar según el tipo de formato en que son almacenados, según la escala de trabajo y según el propósito para el que han sido creados. A continuación se describen estas clasificaciones:

Según el formato en que son almacenados:

- **Mapas en formato ráster:** “En el modelo ráster el espacio es discretizado en pequeños rectángulos o cuadrados, de forma que el tamaño que tienen estos elementos es fundamental y determina la resolución. Utiliza una única primitiva muy similar al punto: el píxel. Una malla de puntos de forma cuadrada o rectangular que contiene valores numéricos representa las entidades cartográficas y sus atributos a la vez. Los modelos

lógicos menos complejos son los basados en el modelo conceptual ráster, en buena medida porque la geo-referenciación y la topología son implícitas a la posición -columna y fila- del píxel en la malla. Cada atributo temático es almacenado en una capa propia. La separación entre datos cartográficos y datos temáticos no existe, pues cada capa representa un único tema y cada celda contiene un único dato numérico” (Mendoza, 2007).

- **Mapas en formato vectorial:** El modelo vectorial se basa en tres primitivas básicas:
 - Nodo o punto que es la unidad básica para representar entidades con posición pero sin dimensión.
 - La línea o el arco que representa entidades de una dimensión y está restringido a línea recta en algunas implementaciones.
 - Polígono o área que se utiliza para representar las entidades bidimensionales (López, 2005).

Según la escala de trabajo:

- **Mapas de pequeña escala:** “Son los mapas que representan amplias zonas de la superficie terrestre, por lo que es imprescindible tener en cuenta la esfericidad de la Tierra. En estos mapas el nivel de detalle es pequeño. ([Ver Ilustración I. 1](#))

Se suelen denominar mapas de pequeña escala aquéllos cuya escala numérica es menor de 1:100.000. Algunos ejemplos de este tipo de mapas son los que representan países, continentes, hemisferios, etcétera” (Instituto Geográfico Nacional de España).

- **Mapas de gran escala:** “Son los que representan pequeñas zonas de la Tierra. En estos mapas el detalle de los elementos cartografiados es mayor. ([Ver Ilustración I. 2](#))

Se suelen llamar mapas de gran escala aquéllos de escala mayor de 1:10.000. Se denominan planos a partir de 1:2.000, al no considerar la esfericidad de la Tierra” (Instituto Geográfico Nacional de España).

Según el propósito para el que han sido creados:

- **Mapas topográficos:** “Un mapa topográfico o de propósito general es el que representa gráficamente los principales elementos que conforman la superficie terrestre,

como vías de comunicación, entidades de población, hidrografía, relieve, con una precisión adecuada a la escala” (Instituto Geográfico Nacional de España). ([Ver Ilustración I. 3](#))

- **Mapas temáticos:** “Un mapa temático o de propósito particular es aquel cuyo objetivo es localizar características o fenómenos particulares. El contenido puede abarcar diversos aspectos: desde información histórica, política o económica, hasta fenómenos naturales como el clima, la vegetación o la geología” (Instituto Geográfico Nacional de España).

Los mapas temáticos utilizan los mapas topográficos como mapa base para la representación gráfica de datos de diversa índole ([Ver Ilustración I. 4](#)), lo que se conoce como cartografía temática.

La ley de Ordenación de la Cartografía 1986 (Gobierno de España Ley 7/1986) dice en el punto uno de su artículo 5to: “Cartografía Temática es la que utilizando como soporte cartografía básica o derivada, singulariza o desarrolla algún aspecto concreto de la información adicional específica”

Un mapa temático se puede definir entonces, en opinión del autor del presente trabajo, como aquel que está diseñado para mostrar fenómenos –eventos, características, conceptos- particulares utilizando como base geográfica un mapa topográfico.

1.2.1 Componentes de un mapa temático

Un mapa temático involucra dos componentes: la base geográfica o mapa base -por lo general un mapa topográfico- y el contenido temático.

Mapa base: Es una imagen más o menos sintética del territorio sobre el que se desea representar el contenido temático del mapa; es decir, proporciona información espacial para referenciar el fenómeno particular que tiene lugar en ese espacio geográfico. Este mapa debe adaptarse a la información que se desee representar sobre él y debe diseñarse teniendo en cuenta el contenido final del mapa (Ciampagna & Asociados).

Capa de contenido temático: Es la representación gráfica -sobre el área espacial en que ocurre- de un evento o característica en particular (Ciampagna & Asociados). ([Ver Ilustración I. 5](#))

La lectura del mapa temático resultante de la integración entre el mapa base y la capa de contenido temático dependerá de la capacidad de integración intelectual y visual del lector.

1.3 La representación de los datos

Según el Instituto Geográfico Nacional de España, para la representación de información geográfica o estadística en un mapa, es de vital importancia conocer tres aspectos fundamentales que se describen a continuación en este epígrafe a partir de las consideraciones de esta institución: dimensiones, nivel de medida y distribución. La elección de la simbología más adecuada para representar un evento depende del análisis de los tres aspectos antes mencionados y que constituyen las características de los datos.

1.3.1 Dimensiones

Los eventos o características que se representan en un mapa, clasificados por su extensión pueden dividirse en: puntuales, lineales, superficiales, volumétricos y espacio-temporales.

- **Fenómenos puntuales**

En un punto concreto se concentra la información que se desea representar, dígame un almacén, una mina de minerales, un aeropuerto, etcétera.

- **Fenómenos lineales**

En estos casos la información fluye a través de una línea que puede existir sobre el terreno (ríos, carreteras, ferrocarriles) o no (líneas de husos horarios, red de meridianos y paralelos).

- **Fenómenos superficiales**

La información es bidimensional, se debe considerar la extensión del área del evento (áreas protegidas, estados y ciudades, etcétera).

Aunque a veces el fenómeno se extiende en tres dimensiones, comúnmente se representa como un fenómeno superficial.

- **Fenómenos volumétricos**

La información en estos casos consta de tres dimensiones espaciales y pueden ir desde la población de un país teniendo en cuenta los habitantes hasta volumen de lluvia, volúmenes de agua embalsada, etcétera. El más ilustrativo de los ejemplos es el relieve.

- **Fenómenos espacio-temporales**

Se tiene en cuenta la relación entre el movimiento del fenómeno con respecto al paso del tiempo, un ejemplo muy claro es la migración de los animales.

1.3.2 Nivel de medida

No en todos los casos, después de medir los elementos de la naturaleza o los fenómenos que sobre ella ocurren con el fin de clasificarlos o hacer comparaciones es posible obtener una magnitud numérica. De acuerdo a la precisión y haciéndolo en un orden ascendente las escalas de medida de los datos son:

- **Escala nominal**

Cuando se le asigna una característica no numérica a un fenómeno, sólo se pueden hacer comparaciones de tipo cualitativo, en este caso se está en presencia de la escala de medida nominal. Ejemplos comunes pueden ser un mapa de suelos o de cuencas hidrográficas. Al no informar acerca de la cantidad o el orden es posible afirmar que este es el nivel de medida más elemental.

- **Escala ordinal**

Esta escala establece una cierta jerarquía no mensurable o no cuantificable entre los diferentes elementos.

- **Escala cuantitativa o de intervalo**

Cuando se le asigna una característica numérica a un evento se está en presencia de la escala cuantitativa o de intervalo a partir de la cual se puede obtener información de cantidad y de orden.

Valores más usados para la división de intervalos

“Dado un conjunto de observaciones ordenadas:

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, se define como mediana y se denota por M_e a aquel valor que supera a no más de la mitad de las observaciones y a su vez es superado por no más de la mitad de las observaciones” (Muñíz, 1987).

Extendiendo esa idea, se puede pensar en aquellos valores que dividen al conjunto de datos en partes iguales que es posible clasificar según la cantidad de partes en cuartiles y percentiles.

Cuartiles

Es la división del conjunto de datos en cuatro partes iguales que se denotan $Q_{1/4}$, $Q_{2/4}$, $Q_{3/4}$.

$Q_{1/4}$, representa aquel valor que supera a no más de la cuarta parte de los datos (ordenados) y a su vez es superado por no más de las tres cuartas partes. $Q_{2/4}$, coincidirá con la mediana, mientras que $Q_{3/4}$, supera a no más de las tres cuartas partes de los datos y es superado por no más de la cuarta parte.

De igual forma se definen los Quintiles, Deciles y Centiles, los cuales son valores de X que dividen a la distribución en cinco, diez y cien partes iguales respectivamente. Todas estas medidas constituyen casos particulares de un concepto más general llamado percentil.

Percentiles

“Un percentil es un punto que divide a la distribución de frecuencias en dos partes de tal forma que a su izquierda o por debajo de él se encuentra un determinado por ciento total de observaciones. En general un percentil se denotará por P_q , donde q representa qué por ciento de las observaciones se encuentra por debajo de él. De esta forma por debajo de P_{20} se encuentra el 20% de las observaciones, por debajo de P_{75} se encuentra el 75 % de las observaciones, etcétera.

Igualmente estos intervalos pueden seguir una progresión aritmética o geométrica” (Muñiz, 1987).

Progresiones aritméticas y geométricas

Toda secuencia ordenada de números reales recibe el nombre de sucesión. Dentro del grupo de sucesiones existen dos particularmente interesantes por el principio de regularidad que permiten sistematizar la definición de sus propiedades: las progresiones aritméticas y geométricas.

Progresión aritmética

“Si a_0 , es el primer elemento y d es la diferencia constante entre dos elementos consecutivos, que es llamada diferencia de la progresión, entonces:

$$a_n = a_0 + nd \quad (n = 0,1,2, \dots)$$

$$S_N = \sum_{n=0}^N a_n = \frac{n+1}{2} (2a_0 + nd) = \frac{n+1}{2} (a_0 + a_n)$$

” (Ministerio de Educación Superior, Análisis Matemático 1).

Progresiones geométricas

”Si a_0 , es el primer elemento, y $r \neq 1$ es la razón constante entre dos elementos consecutivos, que es llamada razón de la progresión, entonces:

$$a_n = a_0 r^n \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

$$S_N = \sum_{n=0}^N a_n = \sum_{n=0}^N a_0 r^n = a_0 \frac{1 - r^{n+1}}{1 - r}$$

” (Ministerio de Educación Superior, Análisis Matemático 1).

1.3.3 Distribución

- **Fenómenos continuos**

Aquellos fenómenos que tienen presencia en cada uno de los puntos del territorio objeto de representación se denominan fenómenos continuos, aunque sólo se tengan medidas de algunos puntos significativos.

- **Fenómenos discretos**

Cuando los fenómenos sólo tienen presencia en algunos puntos del territorio objeto de representación entonces son fenómenos discretos.

En ocasiones, a partir de la aplicación de relaciones a fenómenos discretos estos pueden transformarse en continuos. Por ejemplo, el número de habitantes de un país (fenómeno discreto) se convierte en un fenómeno continuo cuando se habla de densidad de población: la relación se aplica dividiendo el número de habitantes por la superficie del país en km^2 .

1.4 Tipos de cartografías temáticas

Los mapas temáticos, atendiendo al tipo de información que proporcionan acerca de un evento se han dividido en dos grupos: mapas temáticos cualitativos y mapas temáticos cuantitativos.

Cuando se representa la distribución espacial de un conjunto de datos clasificados mediante escala nominal se está en presencia de un mapa cualitativo; el lector no puede determinar relaciones de orden ni de cantidad sobre dichos datos. En cambio los mapas cuantitativos representan la variación de una variable de un punto a otro del espacio geográfico, siendo por lo general única esta variable. Como mínimo en estos mapas los datos se muestran en una escala ordinal (más o menos que) y generalmente en escalas de intervalo y de índice (cuanto más que) (Ciampagna & Asociados).

Para la representación de mapas temáticos se han desarrollado algunas técnicas de simbolización cartográfica, divididas en técnicas de representación de datos cualitativos y técnicas de representación de datos cuantitativos. Cada una de estas técnicas tiene peculiaridades que a continuación se describen sin pretender ser exhaustivo, para ello se seleccionaron las características, simbolización y leyenda de cada una. Se escogió una bibliografía bastante amplia para el estudio de estas técnicas, entre ellas tienen una relevancia particular (Instituto Geográfico Nacional de España) y (Ciampagna & Asociados).

1.4.1 Técnicas de representación de datos cualitativos

1.4.1.1 Mapas de datos puntuales

Características

Los mapas de datos puntuales identifican el fenómeno y lo sitúan según sus coordenadas. Los fenómenos implicados tienen una situación espacial única (x, y) y un atributo que es representado en el mapa mediante símbolos que no deben implicar ningún tipo de jerarquía.

[\(Ver Ilustración I. 6\)](#)

Simbolización

Los símbolos pueden ser geométricos (puntos, cuadrados, rectángulos, círculos) o pictóricos (una imagen relacionada con la variable representada). El uso de símbolos pictóricos facilita al lector la comprensión del mapa sin tener que recurrir constantemente a la leyenda.

Leyenda

En la leyenda es fundamental que se aprecien con claridad los diferentes símbolos, el color que se utiliza para cada variable y puede haber referencia textual.

1.4.1.2 Mapas de datos lineales

Características

Este tipo de mapas cualitativos se utiliza para representar fenómenos que tienen una forma lineal definida, como carreteras, ríos, fronteras, rutas de viaje, etcétera. ([Ver Ilustración I. 7](#))

Simbolización

Para diferenciar características cualitativas en elementos lineales las variables más adecuadas son el color y forma.

Si se elige el color para diferenciar unas líneas de otras, se aplicarán distintas variaciones de tono, procurando que su valor o claridad sea parecido para no pueda establecerse ningún tipo de jerarquía.

Leyenda

En la leyenda es fundamental que se aprecien con claridad los diferentes símbolos, el color que se utiliza para cada variable y puede haber referencia textual.

1.4.1.3 Mapas de datos superficiales

Características

Los mapas de datos superficiales informan sobre la distribución de fenómenos que ocupan extensiones superficiales. Ejemplos clásicos son los mapas de suelos, geológicos, forestales, etcétera; que ofrecen información cualitativa o descriptiva acerca de estos temas o variables. ([Ver Ilustración I. 8](#)).

Simbolización

El uso de colores en los que varíe únicamente el tono (amarillo, verde, violeta, etcétera) permite distinguir las categorías (cualitativas).

Leyenda

En la leyenda es fundamental que se aprecien con claridad los diferentes símbolos, el color que se utiliza para cada variable y puede haber referencia textual.

1.4.2 Técnicas de representación de datos cuantitativos

1.4.2.1 Mapas de puntos

Características

El método se basa en la representación, mediante la repetición de un símbolo puntual uniforme del fenómeno en cuestión atendiendo a la cantidad. Estos mapas son fácilmente comprensibles y muestran de un modo efectivo la distribución de un evento, informando no sólo que existe sino también dónde se concentra. Son complicados de elaborar dada la información estadística precisa y localizada que requieren. ([Ver Ilustración I. 9](#))

Cada punto equivale a un valor unitario de forma que se acumulan y repiten hasta alcanzar el valor total; por ejemplo, el número de cabezas de ganado en una provincia; cada punto se corresponde con un número X de cabezas. En este tipo de mapas, los puntos:

- Son siempre del mismo tamaño, de forma que cada uno de ellos represente una unidad de la magnitud elegida (1 cabeza de ganado, 100 personas, etcétera).
- Suelen ser de un mismo color, aunque se pueden reflejar varios fenómenos a la vez cambiando el color del punto.
- Muestran datos cuantitativos de naturaleza discreta que deberán estar en valor absoluto y referirse siempre a unidades territoriales.
- Normalmente, tienen una distribución muy irregular pero con la ventaja que pueden obtenerse datos absolutos mediante la suma de puntos.
- Pueden llegar a solaparse, pues su cantidad refleja la mayor o menor ocurrencia del fenómeno.

Simbolización

Convencionalmente se utiliza el punto, sin variación en su forma o tamaño y se colocan más o menos puntos según la mayor o menor ocurrencia del fenómeno.

Leyenda

Los símbolos utilizados en el mapa aparecen con el mismo tamaño en la leyenda, junto con la expresión textual del dato o fenómeno que representan y el valor de cada punto. ([Ver Ilustración I. 10](#))

1.4.2.2 Mapas de símbolos proporcionales

Características

Esta técnica sirve para representar la distribución de datos cuantitativos de clase demográfica y económica mediante símbolos o figuras de diferentes tamaños y es la más utilizada en cartografía temática cuantitativa. Se selecciona un símbolo fijo (círculo, cuadrado, triángulo) y se varía su tamaño en proporción a la cantidad que se representa. Cada símbolo proporcional tiene dos funciones: localizar el dato en un lugar y dar la información de cantidad relativa a ese lugar mediante su tamaño.

Son fáciles de interpretar porque asocian las cantidades de un dato (o variable) a los tamaños de forma muy intuitiva.

Para construir este tipo de mapa se tienen en cuenta tres aspectos. Primero, pensar en la imagen total del mapa y su tamaño antes de elegir la unidad de valor que se utilizará para calcular el tamaño de los símbolos, con el fin de conseguir dar una buena impresión visual de la distribución cuantitativa de los fenómenos. Segundo, decidir la posición en el mapa donde se colocará el símbolo, que está determinada por la localización del fenómeno (se carece de libertad para elegir otra; se ponen siempre los más pequeños por delante de los más grandes en caso de solapamiento). Y tercer aspecto y último, hay que indicar en la leyenda del mapa la relación entre el tamaño del símbolo y la cantidad que representa. ([Ver Ilustración I. 11](#))

Simbolización

Se puede elegir un símbolo lineal, superficial o volumétrico en el que el escalado o variación de tamaño sea claramente visible. El más utilizado es el círculo.

- Formas lineales (por ejemplo, barras): el escalado de los símbolos será sencillo. Las barras se interpretan fácilmente como símbolo cartográfico y, además, la comparación visual de las longitudes es buena. No obstante, su utilización requerirá un espacio vertical excesivo, lo que en muchos casos puede crear dificultades. ([Ver Ilustración I. 12](#))
- Formas superficiales (por ejemplo, círculos y cuadrados): el valor será proporcional a la superficie o área del círculo o del cuadrado.

- Formas volumétricas (por ejemplo, esferas y cubos): cuando la gama de valores es muy amplia es conveniente utilizar estos símbolos, pues el valor será proporcional al volumen encerrado y ocupan menos espacio en el mapa.

Leyenda

En algunos casos, la leyenda sólo reflejará unas muestras principales y a algunos datos les corresponderá un tamaño diferente en el mapa del que aparece en la leyenda. Otras veces, se podrá clasificar en la leyenda todo el conjunto de datos en intervalos de clase y representar mediante símbolos suficientemente diferentes cada intervalo en lugar de cada valor.

1.4.2.3 Mapas de isolíneas

Características

Tipo de mapas que utiliza la fórmula gráfica de las isolíneas, aporta información cuantitativa y refleja la distribución espacial de un fenómeno mediante gamas de color. Se obtienen cuando se colorean los espacios entre las isolíneas, siguiendo el criterio de 'valor más alto, más oscuro'

Una isolínea es una línea imaginaria que une puntos que tienen el mismo valor de una variable geográfica determinada. Nunca se cruzan ni se bifurcan y siempre deben trazarse cerradas.

Las isolíneas reciben nombre propio dependiendo de lo que representen: isohipsas o curvas de nivel (unen puntos de igual altitud), isodensas (unen puntos con misma densidad de población), isoyetas (unen puntos que registran iguales precipitaciones anuales) ([Ver Ilustración I. 13](#)), isobaras (unen puntos con igual presión atmosférica), isotermas (unen puntos que presentan la misma temperatura). ([Ver Ilustración I. 14](#)).

Un mapa de isolíneas es la representación bidimensional de un volumen suavizado, mediante el uso de isolíneas que unen puntos en los que la variable toma un valor constante. El dato está en todos los puntos del espacio de forma continua pero sólo se mide en los llamados puntos de control.

Simbolización

Las líneas se trazan con intervalos, de ser posible, constantes; además, pueden colorearse los espacios interlineales con gamas de color secuenciales. Debe elegirse un grosor y color adecuado para las líneas y además debe considerarse la posibilidad de introducir en el mapa rótulos con los valores de las líneas.

El trazado de las isóneas se basa en la interpolación de valores reales (altitud, temperatura), que se miden en una serie de puntos de control (vértices geodésicos, estaciones meteorológicas), o también de valores derivados (densidad demográfica, rendimientos por hectárea), obtenidos a partir de datos superficiales (divisiones administrativas). La interpolación es el proceso de localización de la isónea entre un par de puntos de diferente valor, aplicándole un trazado de valor proporcional e intermedio a los valores puntuales; es decir, en un intervalo se calcula el valor geográfico de forma aproximada y en función de los valores vecinos.

Leyenda

Se indica el valor de la equidistancia de las isóneas y se puede asignar un color a cada intervalo; en estos casos, los colores de los intervalos deben pertenecer a una gama suave, utilizando el valor más oscuro de la gama para los valores más altos del fenómeno.

1.4.2.4 Mapas de flujo

Características

Este tipo de mapas sirve para mostrar el dinamismo de ciertos fenómenos y pueden ser cuantitativos o cualitativos. ([Ver Ilustración I. 15](#)) El movimiento se simboliza mediante una línea o flechas de ancho variable proporcionales a su importancia y esquematizadas de acuerdo con el trazado, que une los lugares -de origen y de destino- del movimiento. Mediante estas líneas -o flechas cuando se quiere señalar el origen y destino y señalar la dirección y el sentido del flujo- se representa qué tipo de movimiento es el que se da y qué cantidad de movimiento se está dando en el caso de los mapas cuantitativos. Algunos ejemplos son mapas de corrientes marinas, red de transporte, migraciones, rutas migratorias etcétera.

Simbolización

Se debe establecer cuál será la anchura máxima aceptable de las líneas o flechas, y la mínima que el ojo puede distinguir con claridad. Los anchos de las líneas y flechas suelen estar escalados proporcionalmente al valor que representan. Las líneas de flujo deben sobresalir entre los demás elementos del mapa, y hay que evitar que las líneas de menor grosor queden ocultas. Puede resultar muy útil etiquetar las flechas para favorecer la lectura del mapa. El sentido del flujo, dado con la punta de la flecha, podrá mostrarse o no ([Ver Ilustración I. 16](#)), según el tipo de información que se desee ofrecer.

Leyenda

La organización de los datos en la leyenda puede ser de tipo nominal, ordinal o de intervalo, y estar también en su forma absoluta o relativa. Las leyendas pueden ser una línea reglada o tener forma de escalones y expresarse tanto con valores específicos como con valores de intervalo. ([Ver Ilustración I. 16](#))

1.4.2.5 Mapas de coropletas

Características

Aportan información cuantitativa y refleja la distribución espacial de un fenómeno mediante tramas o gamas de color, se utilizan para representar fenómenos discretos asociados a unidades de enumeración, generalmente superficies administrativas (países, provincias, municipios, etcétera). Un ejemplo clásico son los mapas de densidad de población. Es el método adecuado para reflejar, por ejemplo, el número de extranjeros que existe por cada mil habitantes, pero no para representar las medias anuales de temperatura de un país.

Con los mapas de coropletas se pueden representar fenómenos tan distintos como la densidad de población, los consumos de energía, las muertes por infecciones virales. Aunque este tipo de mapas no es adecuado para representar datos muy dispares y tiene el inconveniente de enmascarar la diversidad dentro de la unidad de superficie considerada, es especialmente útil para mostrar la evolución de un fenómeno comparando mapas que presenten los mismos intervalos pero con fechas distintas. ([Ver Ilustración I. 17](#))

Simbolización

En los mapas de coropletas los datos deben estar clasificados mediante intervalos o clases que se reflejan en la leyenda. Esta clasificación de los datos mediante intervalos puede distorsionar la distribución original: por ejemplo, puede ocurrir que datos muy parecidos pertenezcan a clases diferentes; o al contrario, que datos muy diferentes entre sí estén en la misma clase. Los intervalos pueden ser iguales o irregulares, o seguir una progresión aritmética o geométrica.

Leyenda

Cada una de las unidades espaciales mostrará un determinado color de acuerdo con su valor. Normalmente la variación deberá ser en términos de claro-oscuro, siguiendo el criterio de '*cuanta más cantidad, más oscuro*'. Es importante tener en cuenta que en la percepción de un color influyen los colores que le rodean, por lo que los colores deben distinguirse perfectamente a simple vista. El valor dentro de cada unidad espacial se mantiene siempre constante.

Si en vez de gamas de color se elabora el mapa con tramas (líneas, cuadrados) o con un único color (monocromático), sería conveniente clasificar los datos en un máximo de 6 categorías. ([Ver Ilustración I. 18](#))

1.4.2.6 Cartogramas

Características

Los cartogramas son diagramas que muestran datos cuantitativos asociados a áreas, en los que las unidades de enumeración son proporcionales al dato representado. Este método aporta información distorsionando las superficies reales, utilizando cada superficie de enumeración a modo de un símbolo proporcional que aumenta o disminuye siempre en función de los correspondientes valores.

Estos mapas carecen de mapa base, ya que es la propia base geográfica la que se convierte con su distorsión en contenido temático. ([Ver Ilustración I. 19](#))

Se distinguen dos tipos de cartogramas: contiguos (las unidades de enumeración son adyacentes haciendo que el mapa se parezca relativamente a uno convencional) ([Ver Ilustración I. 20](#)) y no contiguos (no se preserva la adyacencia entre las unidades por lo que aparecen espacios vacíos entre ellas) ([Ver Ilustración I. 21](#)).

El cometido principal del cartograma es ilustrar una distribución temática de forma impactante. Por eso los datos deben adecuarse a este tipo de representación o no merecerá la pena realizarlo. Antes de proceder a la confección del mapa, hay que comparar los datos a cartografiar con la base geográfica. Si a unidades grandes les corresponden datos pequeños y viceversa, entonces resultará adecuado un cartograma como representación de dicha distribución.

Simbolización

Las unidades de enumeración (los municipios, las provincias, los países) son por sí mismas símbolos proporcionales a la vez que sirven como mapa base convencional.

Leyenda

Reseña el valor de la unidad que representa la variable a estudiar.

1.5 Soluciones informáticas que permiten crear mapas temáticos

1.5.1 Quantum GIS (QGis) v1.3.0

Esta herramienta cuenta con un pequeño módulo para crear mapas temáticos, la ayuda del software hace una descripción acerca del uso de los mismos, en esta versión están disponibles cuatro modos para crear diferentes tipos de estos mapas:

Single Symbol: Asigna un mismo estilo a todos los objetos de una capa.

Particularmente importante para crear, por ejemplo, mapas de datos puntuales ya que permite localizar fenómenos de los que no se cuenta con un nivel de medida cuantitativo. ([Ver Ilustración II. 1](#))

Datos de entrada: texto de referencia, tipo de símbolo para mostrar, tamaño, colores asociados al símbolo.

Graduated Symbol: El color de los objetos dentro de una capa es mostrado según el valor del campo seleccionado.

Utilizado para crear mapas temáticos de símbolos proporcionales teniendo en cuenta los valores del campo seleccionado. ([Ver Ilustración II. 2](#))

Datos de entrada: campo a clasificar, modo de división de intervalos, número de clases, texto de referencia, tipo de símbolo para mostrar, tamaño, y colores asociados al símbolo.

Continuos Color: Los objetos de la capa seleccionada son mostrados mediante la degradación de colores que se clasifican utilizando los valores numéricos del campo especificado.

Se utiliza para crear mapas temáticos de coropletas. No hay ninguna forma de especificar intervalos. ([Ver Ilustración II. 3](#))

Datos de entrada: campo especificado, valores máximo y mínimo de color.

Unique Value: Los objetos dentro de la capa especificada son clasificados por valores únicos y mostrados teniendo cada uno un color diferente.

Puede utilizarse para hacer por ejemplo mapas de datos superficiales, en cualquier caso sólo se pueden mostrar fenómenos que no tengan asociado datos cuantitativos. ([Ver Ilustración II. 4](#))

Datos de entrada: campo a clasificar, conjunto aleatorio de colores.

Principales desventajas de QGis.

- No está disponible para la web, sólo es posible usarlo como herramienta de escritorio.
- No son muchos los tipos de mapas temáticos que pueden ser creados utilizando QGis.

1.5.2 MapInfo 8.5

MapInfo cuenta con un módulo bastante completo para generar mapas temáticos de diferentes tipos, dígase: mapas de puntos, de coropletas, de símbolos proporcionales, etcétera. En todos los casos con diferentes datos de entrada y con varias opciones de creación. ([Ver Ilustración II. 5](#))

Basado en un estudio del software, la experiencia de trabajo con el mismo y tomando como referencia la ayuda al usuario del mismo (MapInfo Corporation) se exponen a continuación los grupos de tipos de mapas que son posibles generar.

Ranges (de puntos, de regiones, de líneas): Los objetos de la capa seleccionada son mostrados mediante la degradación de colores que se clasifican en rangos utilizando los valores numéricos del campo especificado. ([Ver Ilustración II. 6](#))

Cualquiera sea el tipo de símbolo que el usuario seleccione -dígame punto, región o línea- el mapa temático resultante será un mapa de coropletas. ([Ver Ilustración II. 7](#))

Para cualquiera de los mapas es necesario especificar: la capa y el campo de ésta que será evaluado, método para definir los intervalos, número de clases, color y referencia textual.

Graduated: Los objetos de la capa seleccionada toman tamaño según el valor del campo seleccionado.

Este módulo es utilizado para crear mapas de símbolos proporcionales como su nombre lo indica, recuérdese que éste es uno de los tipos de mapas temáticos más utilizados, más fácil

de interpretar y que representa mejor la información; la herramienta brinda una gran cantidad de símbolos para la representación de los mismos ([Ver Ilustración II. 8](#))

Los datos requeridos son generalmente: la capa y el campo de ésta que será evaluado, el símbolo, el valor inicial, el método para graduar el símbolo y el símbolo para los casos negativos, así como las referencias textuales.

Dot Density: Los puntos se distribuyen de acuerdo a la ocurrencia del fenómeno. ([Ver Ilustración II. 9](#))

Utilizado para representar mapas cuantitativos de puntos.

Se requiere la entrada de datos como: la capa y el campo de ésta que será evaluado, el valor que representará cada punto, el tamaño, el color y una referencia textual.

Individual (de puntos, de líneas, de región): Los objetos dentro de la capa especificada son clasificados por valores únicos y mostrados teniendo cada uno un color diferente. ([Ver Ilustración II. 10](#))

Puede utilizarse para hacer, por ejemplo, mapas de datos superficiales o puntuales, en cualquier caso sólo se pueden mostrar fenómenos que no tengan asociados datos cuantitativos.

Datos de entrada: la capa y el campo de ésta con el que se trabajará, se puede especificar el color para cada valor individualmente aunque el software hace una distribución aleatoria de manera automática, así como una referencia textual.

Grid: Utilizado para crear mapas de isolíneas.

Se requieren varios datos de entrada como son: la capa y el campo seleccionado con el que se trabajará, la función para los puntos de coincidencia, el tamaño de la celda, el radio de búsqueda, el número de inflexiones, el método de cálculo de los intervalos, los colores relacionados y una referencia textual.

Principales Desventajas de MapInfo.

- MapInfo no puede ser accedido desde la web.

- Es un software privativo sólo disponible para el sistema operativo Windows, lo que no se corresponde con las políticas de migración a software libre que sigue hoy el país.

1.5.3 UDig

Este software no cuenta con mucho potencial para la creación de mapas temáticos, sólo pueden crearse mapas de coropletas ([Ver Ilustración II. 11](#)) y al igual que los anteriores no es posible accederlo desde la web.

Los datos requeridos para generar los mapas son: la capa y el campo seleccionado para evaluar el fenómeno, el método para crear los intervalos, el número de clases y los colores a utilizar así como una referencia textual.

Principales desventajas de UDig.

- No está disponible para trabajar desde la web, esto es una limitante importante.
- Sólo se pueden obtener mapas de coropletas, para ello es necesario en las propiedades de la capa cambiar los estilos y a partir de ahí especificarle los datos requeridos.

1.5.4 Up2Maps

Esta herramienta brinda la posibilidad de crear mapas temáticos personalizados y permite compartir conocimientos con el resto de los usuarios a través de Internet.

Los usuarios pueden proporcionar la información mediante libros de cálculo o mediante una tabla pre-fabricada. Una vez generado, es posible exportar el mapa en un archivo con extensión .png para insertar en los reportes o presentaciones y una copia será almacenada en la librería del sitio. ([Ver Ilustración II. 12](#))

“La meta de **Up2Maps** es construir un repositorio de conocimiento comunitario en cuanto a demografía social y otra información estadística” (Up2Maps, 2009).

Principales desventajas de Up2Maps.

- La variedad de tipos de mapas temáticos que se pueden obtener es mínima.
- El código no está disponible para su uso y modificación lo que imposibilita la adaptación del servicio a las necesidades de los usuarios y obliga a usar sólo el esquema de trabajo tal y como lo proponen los creadores del mismo.

1.5.5 Thematic Mapping Engine

(Motor Temático de Mapas ó TME por sus siglas en inglés). TME permite fácilmente, utilizar datos de UNdata (Base de datos de las Naciones Unidas) y crear inicialmente, diagramas en forma de prismas 3D (o con la forma de los países mostrando su altura en relación a los datos, como población, expectativa de vida, etcétera). Es posible además crear estos cuadros y verlos rápidamente en 3D en Google Earth. Se trabaja también en desarrollar otras formas de representaciones con variaciones de proyecciones y símbolos. Se agregó la posibilidad de ver los resultados utilizando el nuevo API de Google Earth. TME permite además generar archivos KMZ, que pueden visualizarse en cualquier programa que soporte KML estandarizado, partiendo de datos estadísticos e información espacial.

Principales desventajas de Thematic Mapping Engine.

- Sólo se pueden evaluar los indicadores definidos por el servicio, estos son datos de la ONU (Organización de Naciones Unidas), de ahí que el usuario no pueda crear mapas temáticos a partir de datos que no sean esos.
- Sólo se pueden generar mapas de coropletas, de símbolos proporcionales o gráficos de barras.

1.6 Conclusiones

La necesidad de representar los datos estadísticos que los usuarios manejan sobre una base geográfica llevó al nacimiento de la cartografía temática. Para diferenciar los mapas temáticos, de acuerdo al tipo de información que proporcionan se han dividido estos en dos grupos: los mapas temáticos cualitativos y los cuantitativos.

No son pocas las soluciones que hoy en día permiten la creación de mapas temáticos sin embargo estas herramientas no cubren la mayor parte de las necesidades de los usuarios; entre las más notables deficiencias en general están la poca cantidad de técnicas de representación cartográfica que se pueden obtener, la inexistencia de una herramienta que sea accesible estando en línea o desconectado y la imposibilidad de los usuarios de descargar y modificar el código fuente de las soluciones más sólidas.

CAPÍTULO 2

2. ESPECIFICACIÓN DEL SERVICIO DE MAPAS TEMÁTICOS

2.1 Introducción

En este capítulo se describe la especificación del servicio para generar los mapas temáticos. Se definen cuáles son los parámetros que debe recibir cada operación así como las responsabilidades con las que debe cumplir y las respuestas que deberá ser capaz de brindar. Durante el proceso de especificación del servicio se estudiaron las especificaciones Web Map Service (WMS) y Web Feature Service (WFS) ambas definidas por el Consorcio OpenGIS (Open Geospatial Consortium Inc.) y que guardan similitud con el presente trabajo.

2.2 Términos y definiciones

Los siguientes términos y definiciones son de necesario conocimiento para la comprensión del tema que se trata durante el desarrollo del presente capítulo.

ISO (Organización Internacional para la Estandarización): Organización encargada de la promoción y publicación de normas internacionales. Está integrada por 163 institutos nacionales de estándares.

OGC (Consortio OpenGIS): Organización encargada del desarrollo y publicación de estándares relacionados con la información espacial.

Servicio: Parte distinguible de funcionalidad que es proporcionada por una aplicación a través de su interfaz (ISO 19119).

Interfaz: Conjunto de operaciones que caracteriza el comportamiento de una aplicación (ISO 19119).

Operación: Especificación de una transformación o consulta que un objeto puede recibir para que ejecute. Tiene un nombre y una lista de parámetros (ISO 19119).

Servidor: Instancia particular de un servicio (OGC 06-042).

Petición: Invocación de una operación por un cliente (OGC 06-042).

Respuesta: Resultado de una operación retornada al cliente por el servidor (OGC 06-042).

Cliente: Componente de software que puede invocar las operaciones del servicio (OGC 06-042).

Metadatos de servicio: Mediante la revisión de la descripción del servicio los usuarios pueden evaluar si este es adecuado a un propósito determinado, esta descripción se denomina metadatos del servicio. Los metadatos deben proporcionar suficiente información al usuario para que les sea posible invocar al servicio (Romero, E.L and J. A. Jiménez2008) (ISO 19119).

URL (Uniform Resource Locator) (Localizador Uniforme de Recursos): Representación compacta (secuencia de caracteres) de la localización y el método de acceso para un recurso disponible a través de Internet (Fielding, R., 1995).

HTTP (HyperText Transfer Protocol) (Protocolo de Transferencia de Hipertexto): Es un protocolo lo suficientemente ligero y veloz para distribuir y manejar sistemas de información hipermedia (Fielding, R., J. Gettys, et al., 1999).

CRS (coordinate reference systems) (sistema de coordenadas de referencia): Secuencia ordenada de los ejes de Coordenadas que están relacionados con la Tierra (Lott, 2004).

RGB: Modelo de colores definido por tres colores primarios: Rojo, Verde, Azul (Adobe System Incorporated, 1998).

HTML (HyperText Markup Language) (Lenguaje de marcado de hipertexto): Lenguaje de publicación de la World Wide Web (W3C, 1999).

2.3 Servicio de mapas temáticos (WMT)

El servicio de mapas temáticos produce un mapa conformado por un mapa base y una capa de contenido temático obtenida a partir de información estadística. Como resultado debe obtenerse una imagen apropiada para mostrarse en un ordenador y la leyenda asociada al mapa, estos elementos se transfieren utilizando el protocolo HTTP.

2.4 Operaciones del Servicio de Mapas Temáticos

El servicio cuenta con tres operaciones: *GetCapabilities* que retorna los metadatos del servicio, *GetThematicMap* genera un mapa temático y la leyenda asociada a partir de los datos y parámetros definidos por el cliente y una tercera *LoadMap* permite cargar un mapa temático generado con anterioridad y su leyenda. Para acceder a las operaciones del servicio –esté local o remoto- se pueden invocar, mediante una URL que contenga los parámetros requeridos por cada operación.

La Ilustración 2.1 describe cómo se realiza el intercambio de mensajes entre una aplicación cliente y el servidor de mapas temáticos en dependencia de la petición que se realice.

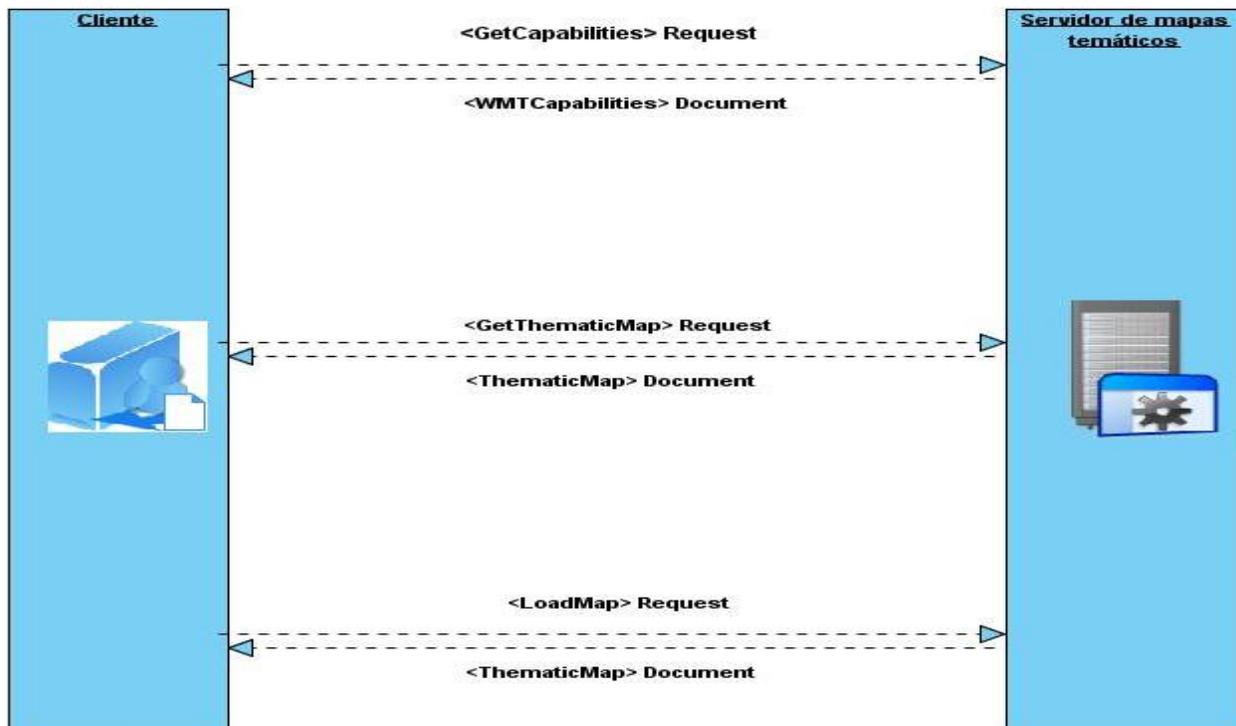


Ilustración 2.1: Intercambio de mensajes entre una aplicación cliente y el servidor de mapas temáticos.

2.4.1 GetCapabilities

El propósito de la operación GetCapabilities es obtener los metadatos del servicio.

2.4.1.1 Petición GetCapabilities

La siguiente tabla describe cada una de las partes de esta petición.

Parámetro de la petición	Obligatorio/Opcional	Descripción
REQUEST = GetCapabilities	Obligatorio	Nombre de la petición.
FORMAT = (text\xml)	Opcional	Formato de salida.

Tabla 2.1: Parámetros de la petición GetCapabilities.

2.4.1.2 Parámetros de la petición GetCapabilities

2.4.1.2.1 REQUEST

El parámetro obligatorio REQUEST se utiliza para invocar la operación del servicio que el usuario desea, para ello, en el caso de la petición GetCapabilities se debe utilizar el valor “GetCapabilities”

2.4.1.2.2 FORMAT

El parámetro opcional FORMAT indica el formato en que se devolverán los metadatos del servicio. Los valores aceptables por la petición GetCapabilities aparecen especificados en los metadatos del servicio y están listados en uno o más elementos <Request><GetCapabilities><Format>. El formato text\xml debe ser soportado por cualquier servidor. Si la petición especifica un formato inválido o éste no se especifica el servidor debe responder con el formato por defecto text\xml.

2.4.1.3 Respuesta de la petición GetCapabilities

Cuando se invoque la petición GetCapabilities la respuesta del servicio debe ser un documento en el formato escogido por el usuario, que contenga los metadatos del servicio y que especifica los contenidos obligatorios y opcionales del servicio y como están ordenados.

2.4.1.3.1 Datos Generales

La etiqueta <Service> brinda los datos generales del servicio, en ella se incluyen los atributos Name, Title y URL.

2.4.1.3.2 Capability

La etiqueta <Capability> nombra las operaciones soportadas por el servidor, los formatos de salida soportados por las operaciones y los prefijos que se deben adicionar a la URL en dependencia de cada operación.

2.4.2 GetThematicMap

Esta operación debe generar un documento HTML que contenga el mapa temático y la leyenda asociada de acuerdo a los parámetros especificados por el usuario.

2.4.2.1 Petición GetThematicMap

La siguiente tabla describe cada una de las partes de esta petición.

Parámetro de la petición	Opcional / Obligatorio	Descripción
REQUEST = GetThematicMap	Obligatorio	Nombre de la petición.
BASEMAP = Mapa_Base	Obligatorio	Nombre del mapa base del mapa temático.
GEOMKEY = Llave_Geométrica	Obligatorio	Campo que relaciona la información geométrica con la información estadística.
DATASOURCE = Fuente_Datos	Obligatorio	Fuente de datos estadísticos.
BBOX = minx, miny, maxx, maxy	Obligatorio	Coordenadas (inferior izquierda, superior derecha) del cuadrante del mapa que se desea mostrar, expresado en unidades CRS.
WIDTH=Ancho_del_Mapas	Obligatorio	Ancho en píxeles de la imagen del mapa.
HEIGHT=Alto_del_Mapas	Obligatorio	Alto en píxeles de la imagen del mapa.
FILE = Hoja_Calculo	Opcional	Fichero que contiene la información estadística en caso de que esta provenga de una hoja de cálculo.
SHEET = HojaX	Opcional	Hoja específica dentro de la hoja de cálculo donde se encuentra la información estadística.
HOST = Servidor	Opcional	Servidor donde se encuentra la información estadística en caso de que esta provenga de una base de datos.
PORT = Numero_Puerto	Opcional	Puerto que utiliza el servidor donde se encuentra la información estadística.
DBNAME = Base_Datos	Opcional	Base de datos donde se encuentra la información estadística.
TABLE = Tabla_Datos	Opcional	Tabla de datos donde se encuentra la información estadística.

Parámetro de la petición	Opcional / Obligatorio	Descripción
USER = Usuario	Opcional	Usuario que se conecta al servidor donde se encuentra la información estadística.
PASS = Contraseña	Opcional	Contraseña correspondiente al usuario que se conecta al servidor donde se encuentra la información estadística.
THEMKEY = Llave_Temática	Obligatorio	Campo que identifica a la información estadística dentro de la fuente suministrada.
THEMFIELD = Campo_Temático	Obligatorio	Campo que relaciona la información estadística con la información geométrica.
MAPTYPE = Tipo_Mapa	Obligatorio	Tipo de técnica que se utilizará para representar el mapa temático.
COLOR = Color	Obligatorio	Color con el que se mostrará el fenómeno.
FORMAT = MIMETYPE	Obligatorio	Formato de salida del mapa temático.
SYMTYPE = Tipo_Símbolo	Opcional	Tipo de símbolo que se utilizará para representar el fenómeno.
SYMMAGN = Magnitud	Opcional	Magnitud del fenómeno.
CLASSF = Clasificación	Opcional	Clasificación estadística para la distribución del fenómeno.
NUMCLASS = Número_Clases	Opcional	Número de clases en la clasificación.
MAXVALUE = Valor_Máximo	Opcional	Valor Máximo para la clasificación.
MINVALUE = Valor_Mínimo	Opcional	Valor Mínimo para la clasificación.
IMG_NAME = Ruta_Imagen	Opcional	Imagen que se desea mostrar en caso de que el parámetro SYMTYPE sea una imagen.

Tabla 2.2: Parámetros de la petición GetThematicMap.

2.4.2.2 Parámetros de la petición GetThematicMap

2.4.2.2.1 REQUEST

El parámetro obligatorio REQUEST se utiliza para invocar la operación del servicio que el usuario desea, para ello, en el caso de la petición GetThematicMap, se debe utilizar el valor "GetThematicMap"

2.4.2.2.2 BASEMAP

El parámetro obligatorio BASEMAP se utiliza para definir que mapa base se utilizará para la creación del mapa temático. Los mapas que se pueden utilizar estarán disponibles en el servidor y están listados en uno o más elementos <BasesMaps><BaseMap><Name>.

2.4.2.2.3 GEOMKEY

El parámetro obligatorio GEOMKEY se utiliza para relacionar la información estadística con la información geográfica, si los valores del campo al que se refiere este parámetro no tienen un

equivalente en la información estadística entonces sobre esa entidad geográfica no se representará el fenómeno.

2.4.2.2.4 DATASOURCE

El parámetro obligatorio DATASOURCE se utiliza para definir desde qué tipo de fuente se cargarán los datos estadísticos. La fuente con los datos estadísticos puede ser un libro de cálculo o una base de datos.

2.4.2.2.5 BBOX

El parámetro obligatorio BBOX permite al cliente hacer una petición de un cuadrante particular. El valor del mismo es una lista de números reales separados por comas de la forma "minx, miny, maxx, maxy". Estos valores especifican X mínima, Y mínima, X máxima, Y máxima de la región que el usuario desea visualizar expresadas en unidades del sistema de coordenadas de referencia (CRS por sus siglas en inglés).

Si la petición contiene un valor BBOX inválido o en caso de que este valor sea un área que no se superponga con el elemento <BoundingBox> que se especifica en los metadatos del servicio se retorna una excepción.

2.4.2.2.6 WIDTH, HEIGHT

Los parámetros obligatorios WIDTH y HEIGHT especifican el tamaño en píxeles de la imagen del mapa que se producirá.

2.4.2.2.7 FILE

El parámetro opcional FILE especifica el nombre del fichero que contiene la información estadística en caso de que esta provenga de una hoja de cálculo. Si este parámetro no se especifica o se indica un nombre incorrecto siendo la fuente de datos una hoja de cálculo se retorna una excepción.

2.4.2.2.8 SHEET

El parámetro opcional SHEET define cuál es la hoja específica dentro del libro de cálculo donde se encuentra la información estadística. Si este parámetro no se especifica o se indica un nombre incorrecto, se retorna una excepción.

2.4.2.2.9 HOST

El parámetro opcional HOST especifica cuál es el servidor donde se encuentra la información estadística en caso de que esta provenga de una base de datos. Si este parámetro no se

especifica o se indica un nombre incorrecto siendo la fuente estadística una base de datos se retorna una excepción.

2.4.2.2.10 PORT

El parámetro opcional PORT define el puerto que utiliza el servidor donde se encuentra la información estadística (HOST). Si este parámetro no se especifica o se indica un número incorrecto, se retorna una excepción.

2.4.2.2.11 DBNAME

El parámetro opcional DBNAME define cual es la base de datos donde se encuentra la información estadística dentro del HOST. Si este parámetro no se especifica o se indica un nombre incorrecto se retorna una excepción.

2.4.2.2.12 TABLE

El parámetro opcional TABLE especifica la tabla de datos donde se encuentra la información estadística dentro de la base de datos. Si este parámetro no se especifica o se indica un nombre incorrecto se retorna una excepción.

2.4.2.2.13 USER

El parámetro opcional USER define el usuario que se conecta al servidor donde se encuentra la información estadística. Si este parámetro no se especifica o se indica un nombre incorrecto se retorna una excepción.

2.4.2.2.14 PASS

El parámetro opcional PASS especifica la contraseña correspondiente al usuario que se conecta a la base de datos donde se encuentra la información estadística. Si este parámetro no se especifica o hay una entrada incorrecta se retorna una excepción.

2.4.2.2.15 THEMKEY

El parámetro obligatorio THEMKEY define el campo que relaciona la información estadística con la información geográfica. Sólo se representará el fenómeno en aquellas entidades geográficas cuyos valores dentro de este campo coincidan con los valores dentro del campo definido por el parámetro GEOMKEY.

2.4.2.2.16 THEMFIELD

El parámetro obligatorio THEMFIELD se utiliza para definir el campo dentro de los datos estadísticos que contiene la información que se desea representar en el mapa temático. Los valores dentro de este campo son los correspondientes a la ocurrencia fenómeno.

2.4.2.2.17 MAPTYPE

El parámetro obligatorio MAPTYPE define el tipo de técnica de representación de mapa temático que se desea utilizar para representar la información sobre el mapa base escogido.

2.4.2.2.18 COLOR

El parámetro obligatorio COLOR define el color que se va a utilizar para representar el fenómeno o el símbolo que representa a este. Se aceptan como valores los nombres de colores (COLOR = 'red') y también valores RGB en formato decimal (COLOR = '255, 255, 255')

2.4.2.2.19 FORMAT

El parámetro obligatorio FORMAT indica el formato en que se desea el mapa. Los valores soportados por la petición GetThematicMap aparecen especificados en los metadatos del servicio y están listados en uno o más elementos <Request><GetThematicMap><Format>. Si la petición especifica un formato inválido se retorna una excepción.

2.4.2.2.20 SYMTYPE

El parámetro opcional SYMTYPE se utiliza para determinar el tipo de símbolo con el que se representará el fenómeno en aquellas técnicas de mapas que requieren de un símbolo. Se debe escoger un símbolo que permita al lector la mejor comprensión posible del mapa temático.

2.4.2.2.21 MAGN

El parámetro opcional MAGN representa la magnitud elegida para representar por cada uno de los puntos en los mapas de puntos. El valor es siempre un número entero, por ejemplo, MAGN = 100, pudiera indicar que cada punto representa 100 cabezas de ganado.

2.4.2.2.22 CLASSF

El parámetro opcional CLASSF define como se distribuyen los datos; la distribución puede ser mediante intervalos iguales (CLASSF = 'equal') o por cuartiles (CLASSF = 'quantile').

2.4.2.2.23 NUMCLASS

El parámetro opcional NUMCLASS se utiliza para definir el número de clases en las que se divide la clasificación especificada. El valor es siempre un número entero que debe oscilar entre tres y ocho pues escoger valores muy pequeños o muy grandes dificulta la comprensión del mapa.

2.4.2.2.24 MAXVALUE, MINVALUE

Los parámetros opcionales MAXVALUE y MINVALUE definen el valor máximo y el valor mínimo respectivamente a partir de los cuales se creará la clasificación. Estos valores son siempre números enteros y deberán estar relacionados con la realidad del fenómeno si se desea que el mapa temático resultante tenga sentido y proporcione información correcta al lector.

2.4.2.2.25 IMG_NAME

El parámetro opcional IMG_NAME indica el nombre de la imagen que se desea mostrar para representar el fenómeno en caso de que el tipo de símbolo que se desee utilizar sea una imagen.

2.4.2.3 Respuesta GetThematicMap

Después de recibir una petición de este tipo el servicio de mapas temáticos debe satisfacer la petición retornando el documento HTML que contenga el mapa temático y la leyenda correspondiente o retornar una excepción.

2.4.3 LoadMap

Esta petición se utiliza para obtener un mapa temático generado con anterioridad y la leyenda correspondiente en caso de que los datos estadísticos que se desean representar no hayan variado.

2.4.3.1 Petición LoadMap

La siguiente tabla describe cada una de las partes de esta petición.

Parámetro de la petición	Obligatorio/Opcional	Descripción
REQUEST = LoadMap	Obligatorio	Nombre de la petición.
NAME = Nombre	Obligatorio	Mapa que se desea cargar.

Tabla 2.3: Parámetros de la petición GetCapabilities.

2.4.3.2 Parámetros de la petición LoadMap

2.4.3.2.1 REQUEST

El parámetro obligatorio REQUEST se utiliza para invocar la operación del servicio que el usuario desea, para ello, en el caso de la petición LoadMap, se debe utilizar el valor “LoadMap”

2.4.3.2.2 NAME

El parámetro obligatorio NAME se utiliza para definir qué mapa temático -ya generado- se desea cargar. Los mapas que se pueden cargar estarán disponibles en el servidor.

2.4.3.3 Respuesta de la petición LoadMap

Después de recibir una petición de este tipo el servicio de mapas temáticos debe satisfacer la petición retornando el documento HTML que contenga el mapa temático y la leyenda correspondiente o retornar una excepción.

2.5 Interfaz del servicio de mapas temáticos

El servicio de mapas temáticos es la composición de un grupo de operaciones y un conjunto de datos sobre el que actúan estas operaciones. Estos datos incluyen los datos geográficos, los datos estadísticos y los metadatos del servicio.

Las peticiones al servicio se hacen invocando las operaciones GetCapabilities, GetThematicMap o LoadMap para lo cual se crea una instancia del servicio que se denomina servidor.

A continuación se muestra un diagrama de clases que resume la interfaz del servicio de mapas temáticos.

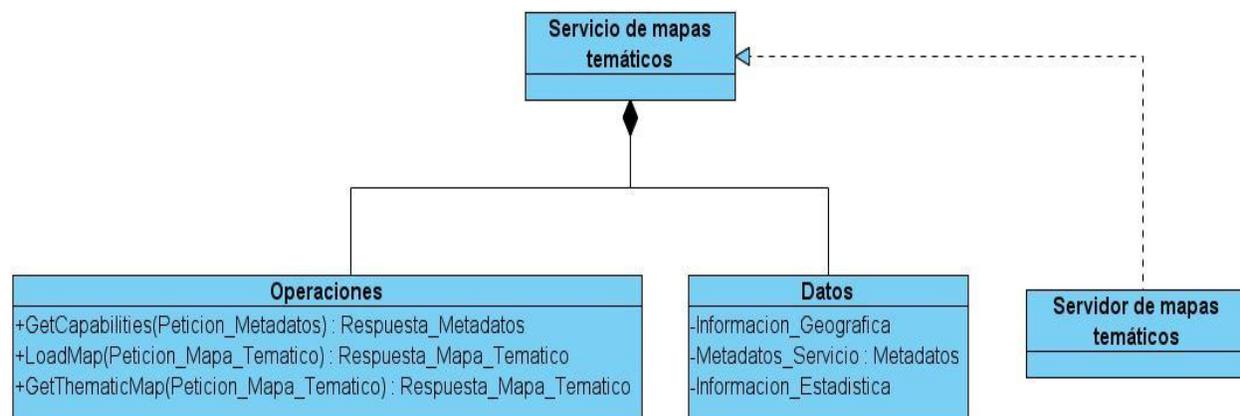


Ilustración 2.2: Interfaz del Servicio de mapas temáticos.

2.6 Conclusiones

A pesar de la difusión de los mapas temáticos y de la utilidad que ellos suponen a la hora de formar criterios para la toma de decisiones aún las entidades que rigen como deben ser construidos estos mapas no han especificado como hacerlo.

La propuesta que se hace en este capítulo pretende servir de punto de partida para los desarrolladores que en cualquier lugar trabajen en esta temática con el objetivo de llegar a un consenso sobre qué y cómo se debe representar en cada uno de los tipos de mapas temáticos.

CAPÍTULO 3

3. CONSTRUCCIÓN DEL SERVICIO DE MAPAS TEMÁTICOS

3.1 Introducción

En este capítulo se enumeran los requisitos funcionales y no funcionales para la construcción del servicio especificado en el capítulo anterior.

Se detallan las tecnologías, herramientas y metodologías seleccionadas para el desarrollo de la solución propuesta. Se escogió como lenguaje de programación Python para la implementación del servicio y XP (Extreme Programming) como metodología ágil de desarrollo de software atendiendo a las ventajas que proporcionan y a que se utilizan en la plataforma desarrollada por un grupo de trabajo en la cual se integrará la solución.

También se identifican las historias de usuarios, se realiza la estimación del esfuerzo por cada una de las historias de usuario y se determinan cuáles son las iteraciones en las que se dividirá el proceso de construcción del servicio de mapas temáticos cumpliendo así con los elementos de la primera fase de la metodología XP.

Por otra parte se describe la construcción de la solución propuesta. Siguiendo la propuesta de la metodología XP se realiza un diseño simple, fácil de entender e implementar y se utilizan las tarjetas C.R.C (Class, Responsibilities and Collaboration) que contribuyen a las tareas del diseño.

3.2 Términos y definiciones

EOSE (Extended Open Systems Environment): modelo arquitectónico para servicios geográficos (ISO 19101).

XML (Extensible Markup Language) (Lenguaje de Etiquetado Extensible): Es un lenguaje muy similar a HTML, su función principal es describir datos. Permite la lectura de datos a través de diferentes aplicaciones (W3C, 2008).

Ajax (Acrónimo de Asynchronous JavaScript And XML) (JavaScript asíncrono y XML): Ajax es una unión de varias tecnologías independientes que permite a los desarrolladores crear aplicaciones para Internet mucho más atractivas para los usuarios (Ballard, 2008).

3.3 Metodología XP

Las metodologías ágiles han resultado ser las más adecuadas para los proyectos donde se exige reducir drásticamente los tiempos de desarrollo manteniendo una alta calidad. Estas metodologías están orientadas a pequeños proyectos y a pesar de simplificar el control del proceso de desarrollo de software no renuncian a las prácticas esenciales para garantizar la calidad del producto.

XP es una metodología ágil para el desarrollo de software basada en una continua retroalimentación entre los clientes y desarrolladores. El uso de XP requiere de buenas relaciones entre los miembros del equipo de desarrollo y de un buen clima de trabajo. La comunicación fluida entre todos los que participan en el desarrollo del software es fundamental así como la simplicidad en las soluciones implementadas. Esta metodología es quizás la más adecuada para el desarrollo de proyectos que presenten requisitos poco precisos y sujetos a constantes cambios donde existe además un alto riesgo técnico. El nombre de la metodología proviene de llevar al extremo principios y prácticas de sentido común. Kent Beck, el padre de XP, describe la filosofía de XP en (Beck, 1999) sin cubrir los detalles técnicos y de implantación de las prácticas (Canós y colectivo de autores).

La necesidad de desarrollar el servicio para que esté disponible lo antes posible garantizando su calidad, el número de personas que participaran en su desarrollo y la utilización de esta metodología en la construcción de la plataforma a la cual se integrará la solución llevan a escoger XP como metodología de desarrollo de software.

3.4 Propuesta del servicio

Se propone la creación de un servicio que posibilite la obtención de mapas temáticos cualitativos y cuantitativos a partir de un conjunto de parámetros suministrados por el usuario; el servicio debe ser accesible estando en línea o desconectado de la red; igualmente debe estar disponible para ser descargado y modificado.

3.4.1 Modelo del Dominio

Teniendo en cuenta que hoy en día no existen soluciones que cubran las necesidades que se han planteado es necesario, mediante un modelo de dominio, mostrar los principales conceptos relacionados con el servicio que se propone desarrollar, de esta manera los usuarios, clientes, desarrolladores e interesados podrán utilizar un vocabulario común para poder entender el contexto en que se emplaza el mismo.

3.4.1.1 Conceptos del Modelo del Dominio

Capa: Es una colección de geometrías homogéneas, es decir, tienen el mismo conjunto de atributos. Constituye la unidad básica de un mapa.

Contenido temático: Es la representación gráfica de la información estadística suministrada por el usuario.

Mapa Base: Es el mapa que proporciona la información espacial sobre la que se representará la información estadística.

Mapa Temático: Es el resultado de la superposición del contenido temático sobre el mapa base indicado por el usuario.

Además se relacionan los diferentes tipos de mapas temáticos que se pueden generar, ellos son:

- **Mapa de datos puntuales**
- **Mapa de datos lineales**
- **Mapa de datos superficiales**
- **Mapa de puntos**
- **Mapa de coropletas**
- **Mapa de símbolos proporcionales**
- **Mapa de flujos**
- **Cartograma.**

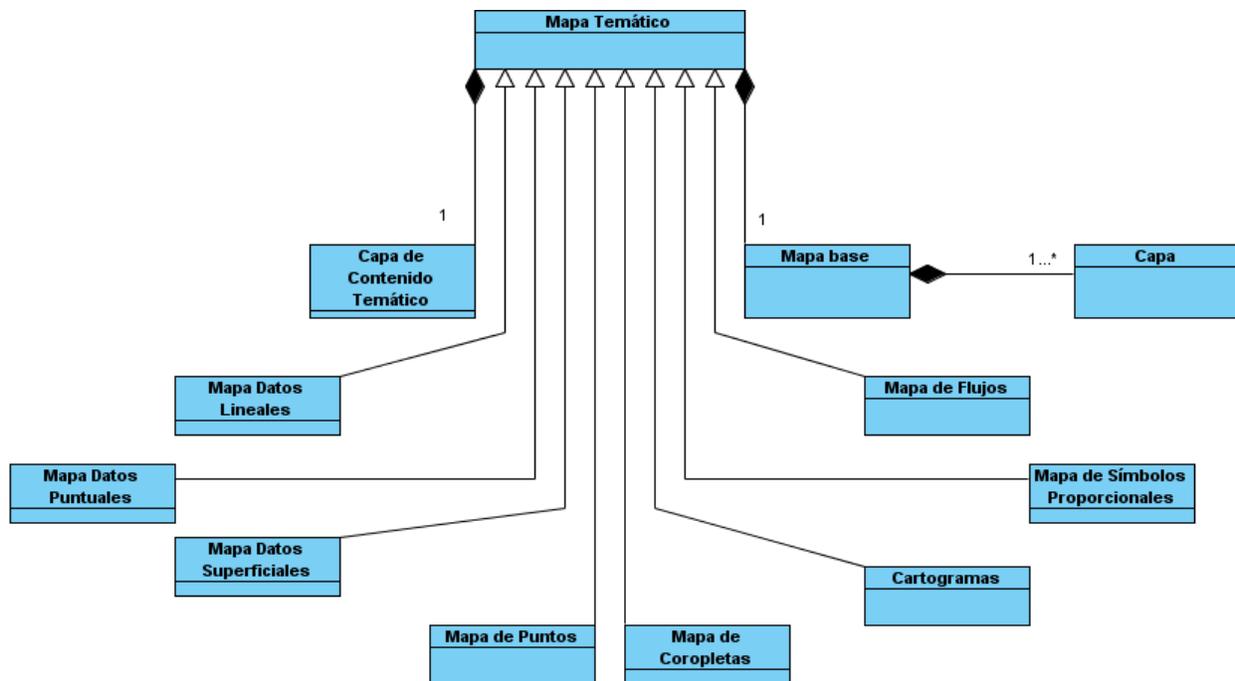


Ilustración 3.1: Modelo de dominio.

3.4.1.2 Descripción del Modelo de Dominio

Un mapa temático está compuesto por una capa de contenido temático y un mapa base, este último contiene una o más capas. Los diferentes tipos de mapas temáticos fueron mencionados en el sub-epígrafe 3.4.1.1.

3.4.2 Requerimientos funcionales del servicio

- Importar datos estadísticos desde un libro de cálculo.
- Importar datos desde tabla en base de datos.
- Dibujar mapa temático de datos puntuales.
- Dibujar mapa temático de datos lineales.
- Dibujar mapa temático de datos superficiales.
- Dibujar mapa temático de puntos.
- Dibujar mapa temático de símbolos proporcionales.
- Dibujar mapa temático de flujo.
- Dibujar mapa temático de coropletas.
- Dibujar cartograma.
- Mostrar Leyenda.

3.4.3 Requerimientos no funcionales del servicio

Portabilidad

- Servicio multiplataforma.

Hardware

- Computadora personal con microprocesador Pentium o AMD, 256 Mb de RAM. Para el acceso mediante una aplicación web se necesita una tarjeta de red de 50 - 100Mbps.

Software

- Como el servicio es multiplataforma se puede tener instalado en el servidor cualquier sistema operativo, los lenguajes de programación serán Python y JavaScript y el gestor de base de datos será PostgreSQL con la extensión PostGis para el manejo de datos geográficos.
- Un navegador web para interactuar con el servidor. (Se brindará una interfaz para interactuar de una manera más cómoda con el servidor)

Confidencialidad

- El servicio se desarrollará basado en la política de software libre por lo que su código estará disponible para descargarlo y modificarlo según las necesidades de los usuarios.

3.5 Historias de usuario

En la metodología XP los requisitos de software se especifican a través de las historias de usuario. Estas historias son escritas por los clientes, dependiendo de las necesidades del sistema, en su elaboración pueden participar los desarrolladores ayudando en la identificación de tales necesidades. Constituyen descripciones cortas de los requisitos, ya sean funcionales o no funcionales, escritas en lenguaje de usuario y sin terminologías técnicas. El tiempo ideal de desarrollo para una historia es de una a tres semanas (Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software).

A continuación se muestran las historias de usuario que describen los requisitos del servicio.

Historia de usuario	
Número: 1	Nombre: Importar datos desde libro de cálculo.
Usuario: Usuario	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos de estimación: 1	Iteración asignada: 1
Descripción: Se extraen los datos necesarios para generar el mapa temático desde una hoja de cálculo.	
Observaciones: El usuario debe proporcionar una hoja de cálculo con al menos dos columnas; una que sirva como dato estadístico y otra que permita relacionar el dato estadístico a una entidad geométrica. Las columnas que no son de interés para la creación del mapa no serán utilizadas por el servicio.	

Tabla 3.1: HU Importar datos desde libro de cálculo.

Historia de usuario	
Número: 2	Nombre: Importar datos desde tabla en base de datos.
Usuario: Usuario	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos de estimación: 1	Iteración asignada: 1
Descripción: Se extraen los datos necesarios para generar el mapa temático desde una tabla en una base de datos.	
Observaciones: El usuario debe proporcionar una tabla con al menos dos columnas; una que sirva como dato estadístico y otra que permita relacionar el dato estadístico con una entidad geométrica. Las columnas que no son de interés para la creación del mapa no serán utilizadas por el servicio.	

Tabla 3.2: HU Importar datos desde tabla en base de datos.

Historia de usuario	
Número: 3	Nombre: Dibujar mapa temático de datos puntuales.
Usuario: Usuario	
Prioridad en negocio: Media	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos de estimación: 1	Iteración asignada: 1
Descripción: Se obtiene un mapa temático de datos puntuales en formato de imagen, resultante de la unión entre el mapa base indicado y la capa temática que representa los datos proporcionados por el usuario.	
Observaciones:	

Tabla 3.3: HU Dibujar mapa temático de datos puntuales.

Historia de usuario	
Número: 4	Nombre: Dibujar mapa temático de datos lineales.
Usuario: Usuario	
Prioridad en negocio: Media	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos de estimación: 1	Iteración asignada: 1
Descripción: Se obtiene un mapa temático de datos lineales en formato de imagen, resultante de la unión entre el mapa base indicado y la capa temática que representa los datos proporcionados por el usuario.	
Observaciones:	

Tabla 3.4: HU Dibujar mapa temático de datos lineales.

Historia de usuario	
Número: 5	Nombre: Dibujar mapa temático de datos superficiales.
Usuario: Usuario	
Prioridad en negocio: Media	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos de estimación: 1	Iteración asignada: 1
Descripción: Se obtiene un mapa temático de datos superficiales en formato de imagen, resultante de la unión entre el mapa base indicado y la capa temática que representa los datos proporcionados por el usuario.	
Observaciones:	

Tabla 3.5: HU Dibujar mapa temático de datos superficiales.

Historia de usuario	
Número: 6	Nombre: Dibujar mapa temático de puntos.
Usuario: Usuario	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos de estimación: 1	Iteración asignada: 2
Descripción: Se obtiene un mapa temático de puntos en formato de imagen, resultante de la unión entre el mapa base indicado y la capa temática que representa los datos proporcionados por el usuario.	
Observaciones:	

Tabla 3.6: HU Dibujar mapa temático de puntos.

Historia de usuario	
Número: 7	Nombre: Dibujar mapa temático de símbolos proporcionales.
Usuario: Usuario	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos de estimación: 2	Iteración asignada: 2
Descripción: Se obtiene un mapa temático de símbolos proporcionales en formato de imagen, resultante de la unión entre el mapa base indicado y la capa temática que representa los datos proporcionados por el usuario.	
Observaciones:	

Tabla 3.7: HU Dibujar mapa temático de símbolos proporcionales.

Historia de usuario	
Número: 8	Nombre: Dibujar mapa temático de coropletas.
Usuario: Usuario	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos de estimación: 2	Iteración asignada: 2
Descripción: Se obtiene un mapa temático de coropletas en formato de imagen, resultante de la unión entre el mapa base indicado y la capa temática que representa los datos proporcionados por el usuario.	
Observaciones:	

Tabla 3.8: HU Dibujar mapa temático de coropletas.

Historia de usuario	
Número: 10	Nombre: Dibujar mapa temático de flujos.
Usuario: Usuario	
Prioridad en negocio: Media	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos de estimación: 2	Iteración asignada: 3
Descripción: Se obtiene un mapa temático de flujos en formato de imagen, resultante de la unión entre el mapa base indicado y la capa temática que representa los datos proporcionados por el usuario.	
Observaciones:	

Tabla 3.9: HU Dibujar mapa temático de flujos.

Historia de usuario	
Número: 11	Nombre: Dibujar cartograma.
Usuario: Usuario	
Prioridad en negocio: Media	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos de estimación: 2	Iteración asignada: 3
Descripción: Se obtiene un cartograma en formato de imagen, resultante de la unión entre el mapa base indicado y la capa temática que representa los datos proporcionados por el usuario.	
Observaciones:	

Tabla 3.10: HU Dibujar cartograma.

Historia de usuario	
Número: 12	Nombre: Mostrar leyenda.
Usuario: Usuario	
Prioridad en negocio: Media	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos de estimación: 1	Iteración asignada: 4
Descripción: Se obtiene una leyenda vinculada al mapa temático.	
Observaciones:	

Tabla 3.11: HU Mostrar leyenda.

Historia de usuario	
Número: 13	Nombre: Crear interfaz web.
Usuario: Usuario	
Prioridad en negocio: Media	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos de estimación: 2	Iteración asignada: 4
Descripción: Se obtiene una interfaz web que permita al usuario interactuar con el servidor de mapas temáticos a través de un navegador web de una forma más cómoda ya sea estando en línea o desconectado de la red.	
Observaciones:	

Tabla 3.12: HU Crear mapa temático en línea.

3.6 Estimación del esfuerzo

Utilizando el punto como unidad de medida se realiza la estimación de esfuerzo, teniendo en cuenta que un punto es considerado como una semana ideal de trabajo, donde los miembros del equipo de desarrollo trabajan el tiempo planeado sin ningún tipo de interrupción. En esta estimación se incluye todo el esfuerzo asociado a la implementación de las historias de usuario.

A continuación se muestra la estimación de esfuerzo por cada historia de usuario.

Historia de usuario	Puntos de estimación
Importar datos desde libro de cálculo.	1
Importar datos desde tabla en base de datos.	1
Dibujar mapa temático de datos puntuales.	1
Dibujar mapa temático de datos lineales.	1
Dibujar mapa temático de datos superficiales.	1
Dibujar mapa temático de puntos.	1
Dibujar mapa temático de símbolos proporcionales.	2
Dibujar mapa temático de coropletas.	2
Dibujar mapa temático de flujo.	2
Dibujar cartograma.	2
Mostrar leyenda.	1
Crear interfaz web.	2

Tabla 3.13: Estimación de esfuerzo por historia de usuario.

3.7 Plan de iteraciones

Después de realizar la descripción de las historias de usuario y estimado el esfuerzo por cada una de ellas, es posible entonces realizar el plan de iteraciones, o sea, las partes en las que se dividirá la implementación.

3.7.1 Iteración 1

Durante esta iteración se desarrollan las historias de usuario que permiten recoger los datos estadísticos que posee el usuario y que constituye la información a partir de la cual se elabora la capa de contenido temático en cada uno de los tipos de mapas temáticos. De igual manera se implementan las historias de usuario que posibilitan dibujar los mapas temáticos de datos cualitativos.

3.7.2 Iteración 2

En este período de trabajo se implementan las historias de usuario que permiten dibujar los tipos de mapas temáticos cuantitativos más conocidos y de menor complejidad (de puntos, de símbolos proporcionales, de coropletas).

3.7.3 Iteración 3

En esta iteración se implementan las historias de usuario que permiten dibujar los tipos de mapas cuantitativos menos comunes y de mayor complejidad (de flujo y cartograma).

3.7.4 Iteración 4

En la última iteración se implementan las historias de usuario que permiten mostrar la leyenda en cada uno de los tipos de mapas temáticos, así como las que permiten la creación de mapas temáticos estando en línea o desconectado utilizando una interfaz web.

3.8 Plan de duración de iteraciones

Con el objetivo de definir la duración de cada una de las iteraciones y el orden en que se implementarán las historias de usuario se elabora el plan de duración de iteraciones.

Iteraciones	Orden de las historias de usuario a implementar	Duración de la iteración
Iteración 1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Importar datos desde libro de cálculo. ▪ Importar datos desde tabla en base de datos. ▪ Dibujar mapa temático de datos puntuales. ▪ Dibujar mapa temático de datos lineales. ▪ Dibujar mapa temático de datos superficiales. 	5 semanas
Iteración 2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dibujar mapa temático de puntos. ▪ Dibujar mapa temático de símbolos proporcionales. ▪ Dibujar mapa temático de coropletas. 	5 semanas
Iteración 3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dibujar mapa temático de flujo. ▪ Dibujar cartograma. 	4 semanas

Iteraciones	Orden de las historias de usuario a implementar	Duración de la iteración
Iteración 4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mostrar leyenda. ▪ Crear interfaz web. 	3 semanas

Tabla 3.14: Plan de duración de iteraciones.

3.9 Plan de entregas

Teniendo en cuenta el plan de duración de las iteraciones es posible elaborar un plan aproximado de entregas de versiones indicando como fecha de inicio de la implementación la primera semana de diciembre de 2009.

A entregar	Final de la 1 ^{ra} iteración	Final de la 2 ^{da} iteración	Final de la 3 ^{ra} iteración	Final de la 4 ^{ta} iteración
Servicio para generar mapas temáticos	Versión 0.1	Versión 0.2	Versión 0.3	Versión 1.0
Interfaz web	-----	-----	-----	Versión 1.0

Tabla 3.15: Plan de entregas.

3.10 Arquitectura del servicio

A partir del modelo EOSE la arquitectura lógica de servicios OpenGIS está estructurada en cuatro capas o niveles que se adaptan a diferentes arquitecturas físicas.

La arquitectura lógica es un conjunto de uno o más servicios e interfaces asociadas. La arquitectura física es, por su parte, un grupo de componentes e interfaces que implementan los servicios o partes de estos.

Estos niveles pueden ser implementados usando diferentes arquitecturas físicas Cliente/Servidor o en aplicaciones monolíticas. La Ilustración 3.2 muestra cómo se implementa esta arquitectura lógica sobre clientes pesados y ligeros.

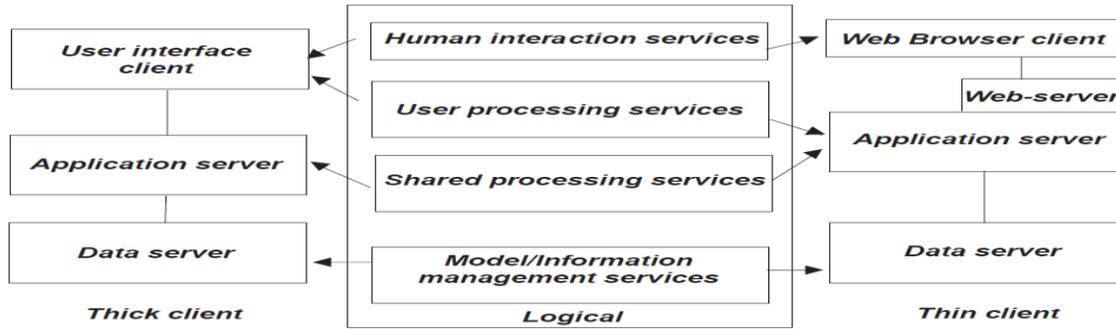


Ilustración 3.2: Arquitectura de servicios OpenGIS sobre clientes pesados y ligeros.

Teniendo en cuenta que de esta manera se define la arquitectura de los servicios OpenGIS la arquitectura del servicio de mapas temáticos se concibió como se describe a continuación.

3.10.1 Arquitectura lógica

El servicio, como se muestra en la Ilustración 3.3 consta de dos niveles o capas:

- **Acceso a datos:** responsable del manejo de los datos estadísticos y geográficos.
- **Lógica:** responsable del procesamiento de las peticiones y respuestas del servicio, interactúa con la capa de Acceso a datos.

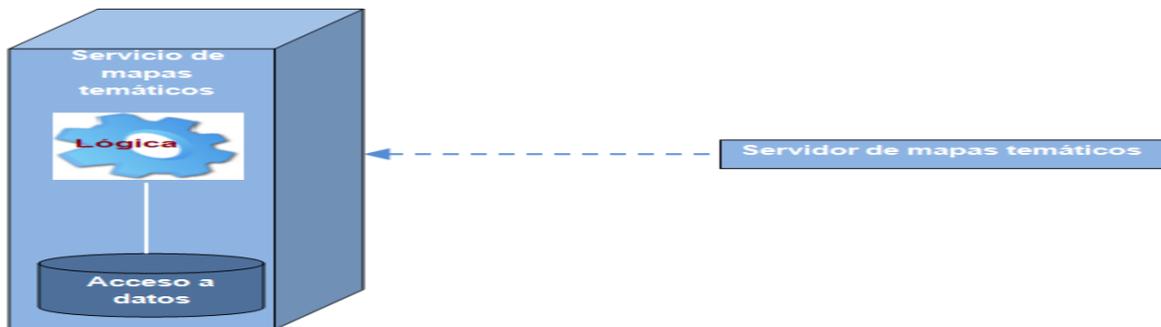


Ilustración 3.3: Arquitectura lógica del servicio de mapas temáticos.

3.10.2 Arquitectura física

La arquitectura lógica se adaptará físicamente a través de los siguientes componentes, esta distribución se muestra en la Ilustración 3.4.

- **Navegador web:** se encarga de la presentación al cliente y de interactuar con el Servidor web usando el protocolo HTTP.
- **Servidor de datos:** contiene los datos en una base de datos, en este caso PostgreSQL; provee los datos geométricos y estadísticos al servidor de mapas temáticos.

- **Servidor de mapas temáticos:** una instancia del servicio, recibe las peticiones, las procesa, si es necesario interactúa con el servidor de datos y envía una respuesta al navegador web. Si los datos estadísticos requeridos se encuentran en un libro de cálculo deberán estar alojados en este servidor.



Ilustración 3.4: Arquitectura física del servicio de mapas temáticos.

3.11 Tarjetas C.R.C

Cada tarjeta C.R.C representa a una entidad del servicio ([Ver Anexo III](#)) y en ellas se indican responsabilidades en lugar de atributos y métodos. Como su nombre lo indica se dividen en tres secciones: el nombre de la clase, sus responsabilidades y sus colaboradores.

Una clase representa una colección de objetos similares; las responsabilidades son aquellas acciones que una clase conoce o hace, mientras que los colaboradores son colecciones de objetos similares con las que dicha clase trabaja para poder cumplir con sus responsabilidades. No necesariamente debe existir una colaboración de otra u otras clases para cumplir una responsabilidad (Guillén).

3.12 Lenguaje de programación del lado del servidor: Python

Lenguaje de programación interpretado, desarrollado como un proyecto de código abierto, bajo la supervisión y administración de Python Software Foundation.

Python ofrece un soporte robusto para la integración con otros lenguajes y herramientas, permite dividir el programa en módulos reutilizables desde otros programas; el lenguaje cuenta con una amplia colección de módulos estándar que se pueden utilizar como base de los programas. Existen otros módulos para diferentes funcionalidades como llamadas al sistema, entrada/salida de ficheros, interfaces (Tk, GTK y Qt son ejemplos de interfaces gráficas de usuario).

El lenguaje permite varios estilos de programación, dígase: programación orientada a objetos, programación estructurada y programación funcional, soporta otros paradigmas mediante el uso de extensiones.

En cuanto a los tipos de datos se manejan de forma dinámica mientras que se utiliza reference counting para el manejo de memoria.

El intérprete de Python está disponible en multitud de plataformas (UNIX, Solaris, Linux, DOS, Windows, OS/2, Mac OS, etcétera).

Python es distribuido bajo licencia open source, incluso para productos comerciales (Python Software Foundation).

3.13 Lenguaje de programación del lado del cliente: JavaScript

JavaScript es un lenguaje de programación que se utiliza principalmente para crear páginas web dinámicas.

Según (UNAM, 2006) “se conoce con el nombre de página web dinámica a aquella, cuyo contenido se genera a partir de lo que un usuario introduce en un web o formulario.

El contenido de la página no está incluido en un archivo HTML como en el caso de las páginas web estáticas”

JavaScript es un lenguaje de programación interpretado, es decir que no se requiere compilar el código de los programas para ejecutarlos, esto significa que los programas escritos en JavaScript pueden probarse en cualquier navegador sin necesidad de procesos intermedios.

JavaScript ha sido utilizado de forma masiva por la mayoría de los sitios de internet y desde la aparición de las aplicaciones AJAX se ha convertido en uno de los más populares lenguajes de programación web, siendo soportado por los navegadores más modernos hasta la versión correspondiente a la tercera edición del estándar ECMA (European Computer Manufacturers Association) -262.

La mayor diferencia reside en el *dialecto* utilizado, ya que mientras Internet Explorer utiliza JScript, el resto de navegadores (Firefox, Opera, Safari, Konqueror) utilizan JavaScript (Pérez).

3.14 Interfaz web

La interfaz web es un documento HTML con código JavaScript embebido. Esta interfaz se podrá ejecutar desde un navegador web y está diseñada especialmente para Mozilla Firefox. Los usuarios podrán de esta manera interactuar de una forma más cómoda con la interfaz del servicio, recordar que la interfaz del servicio es una instancia de este que se denomina servidor y que se nombró Servidor de mapas temáticos.

El diseño de la interfaz se basa en la necesidad del usuario que puede o no estar familiarizado con la informática. Los elementos que en ella se incluyen se muestran en dependencia de los parámetros que necesita la operación que el usuario escoja. En el caso de que la petición invoque a la operación GetThematicMap que es la encargada de generar los diferentes tipos de mapas temáticos los controles se mostrarán en un orden progresivo teniendo en cuenta las necesidades específicas para la generación de cada tipo de mapa. En la Ilustración 3.5 se muestra una petición para crear un mapa de símbolos proporciones, este tipo de mapa es uno de los que más parámetros requieren para su generación.

Esta interfaz es además la encargada de mostrar el resultado de la petición hecha al servidor de mapas temáticos al usuario, en la Ilustración 3.6 se muestra un mapa de coropletas que representa la población mundial.

Servicio de Mapas Temáticos
Petición: GetThematicMap

Nombre de Mapa: Poblacion Mundial 20

Mapa Base: Mundo

Tipo de Mapa: Símbolos Proporcionales

Formato: text/xml

Width: 800

Height: 600

BBOX: 6789978.0,8326223.0

Fuente: Base de Datos Excel

Host: 10.8.40.24 Port: 5432 Tipo de Símbolo: Circulo

User: postgres Password: **** Tamaño de Símbolo: 3

BD: maestria1 Tabla: poblacion

Llave Geométrica: Country

Llave Temática: pais

Campo Temático: poblacion

Color: [blue]

Clasificación: Intervalos Iguales Cuartiles

Numero de Clases: 4

Valor Maximo: 100000000

Valor Minimo: 12000000

Generar Mapa Cancelar

Ilustración 3.5: Interfaz web para interactuar con el servidor de mapas temáticos.

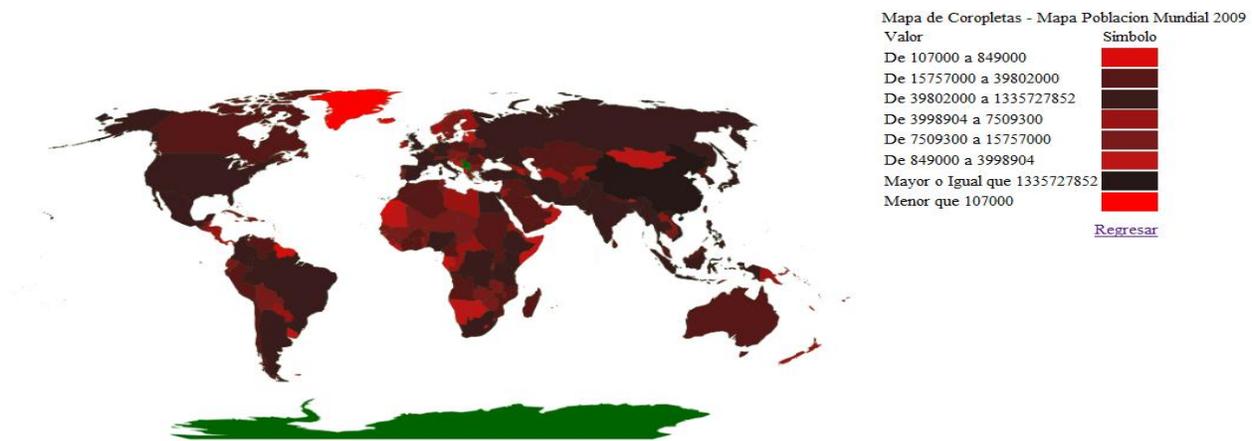


Ilustración 3.6: Mapa de coropletas. Población Mundial. Resultado mostrado en la interfaz web.

3.15 Resultados obtenidos

A partir de las principales desventajas de las soluciones que existen hoy en día se planteó que estas no eran capaces de integrar disponibilidad, accesibilidad y robustez, esto impedía a los usuarios contar con un mecanismo que les apoyara en la formación de elementos para la toma de decisiones.

Tras la especificación y desarrollo del servicio de mapas se obtuvo una solución que permite la generación de los siguientes tipos de mapas temáticos o técnicas de simbolización cartográfica:

- Datos puntuales
- Datos lineales
- Datos superficiales
- Puntos
- Símbolos proporcionales
- Flujo
- Coropletas
- Cartogramas

Además, el servicio permite obtener los datos estadísticos desde varias fuentes:

- Desde un libro de cálculo
- Una tabla en una base de datos PostgreSQL

La obtención de esta diversidad de mapas temáticos y la posibilidad de obtener los datos estadísticos desde diferentes fuentes garantiza la robustez del servicio propuesto.

Las operaciones del servicio –esté local o remoto- se pueden invocar mediante URLs que contengan los parámetros requeridos por cada operación, lo que garantiza que esté accesible estando en línea o desconectado.

El código del servicio estará disponible para la descarga y modificación de los usuarios después de que sea registrado en la Universidad de las Ciencias Informáticas.

3.16 Conclusiones

Las soluciones informáticas que en la actualidad permiten a los usuarios la representación de estos datos sobre la base geográfica de su interés presentan desventajas que atentan contra su utilidad.

La construcción del servicio propuesto en el capítulo anterior subsana las desventajas expuestas durante este trabajo y que están presentes en mayor o menor grado en la totalidad de las herramientas existentes, permitiendo a los usuarios contar con un mecanismo robusto, accesible estando en línea o desconectado y disponible para la descarga y modificación.

CONCLUSIONES GENERALES

La integración de datos sociales y económicos con datos geográficos tiene notoria importancia, dado que permite ver, desde otra perspectiva, información estadística, que puede resultar de gran utilidad para los directivos y personas en general.

La especificación e implementación de un servicio que permite generar la mayoría de los mapas temáticos que más se usan a nivel mundial es un paso de avance en la obtención de soluciones que permitan reflejar el conocimiento y la información que poseen las personas.

Cualquier sistema de información que integre el servicio desarrollado permitirá una mayor calidad en los servicios que brinda y contará con un elemento de juicio que servirá de apoyo en la toma de decisiones.

RECOMENDACIONES

- Desarrollar un plugin para una herramienta de escritorio, de manera que sea posible aprovechar las potencialidades con las que éstas cuentan, se propone QGis por estar desarrollada en C++ y contar con un sistema de plugins que le permite extender la funcionalidad del programa principal.
- Mejorar los tiempos de respuesta del servicio a partir de un sistema de caché.
- Implementar los mapas temáticos de isolíneas.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

API (Application Programming Interface) (Interfaz de programación de aplicaciones):

Conjunto de funciones y procedimientos o métodos que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

Escala: Relación existente entre las distancias medidas en un plano o mapa y las correspondientes en la realidad. Puede expresarse de tres formas distintas: numérica, gráfica y textual o literal.

Google Earth: Software similar a un Sistema de Información, creado por la empresa Keyhole Inc., permite visualizar imágenes satelitales, mapas, relieves, edificios, galaxias, etcétera. Es posible obtener las imágenes en tres dimensiones.

KML: Estándar internacional mantenido por el Consorcio OpenGis. Se utiliza para mostrar información geográfica en navegadores terrestres como Google Earth, Google Maps y Google Maps para móviles.

KML: Consiste en un archivo KML principal y cero o más archivos de apoyo que se empaquetan con un programa de compresión en una sola unidad.

Open Source / Software Libre: Software de código abierto, que permite a los usuarios de éste, una vez obtenido, de usarlo, copiarlo, modificarlo y redistribuirlo libremente. Suele ser gratuito, aunque no siempre es así. Existen multitud de licencias: MSL, BSD, GPL, LPGL...

Plugin: Aplicación que se relaciona con otra para aportarle una función nueva y generalmente muy específica. Esta aplicación adicional es ejecutada por la aplicación principal e interactúan por medio de la API.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADOBE SYSTEMS INCORPORATED. *Adobe RGB (1998) Color Image Encoding*, 1998.
- ARONOFF, S. *Geographical Information Systems: A management perspective*, 1989.
- BALLARD, P. and M. MONCUR. *Ajax, JavaScript and PHP*. Indianapolis, Sam Publishing, 2008. 367 p. 978-0-672-32965-4
- BECK, K. *Extreme Programming Explained. Embrace Change*, Pearson Education, 1999.
- CANÓS, J. H.; P. LETELIER, *et al. Metodologías ágiles en el desarrollo de software. DSIC -Universidad Politécnica de Valencia*.
- CIAMPAGNA & ASOCIADOS GDSIG. *Introducción a la Cartografía Temática*. 93 p.
- DELGADO, T. *Un nuevo enfoque de servicios de catálogos distribuidos para una infraestructura de datos espaciales*, 2005.
- FIELDING, R. *Relative Uniform Resource Locators*. (IETF), T. I. E. T. F., 1995. RFC 1808.
- FIELDING, R.; J. GETTYS, *et al. Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1*. (IETF), T. I. E. T. F., 1999. RFC 2616.
- GOBIERNO DE ESPAÑA. *Ley 7/1986, de 24 de enero, de ordenación de la cartografía*. ESTADO, B. O. D., Boletín Oficial del Estado, 1986.
- GUILLÉN, P. R. Análisis y diseño orientado a objetos. en.: 76-84.p.
- ICA. *Asociación Cartográfica Internacional* [Noviembre 2009]. Disponible en: <http://cartography.tuwien.ac.at/ica/>
- INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL DE ESPAÑA. GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE FOMENTO.
- ISO-19101. *Geographic information -- Reference model*, 2009.
- ISO-19111. *Geographic information -- Spatial referencing by coordinates*, 2007.
- ISO-19119. *Geographic information. Services*, 2005.
- ISO-19128. *Geographic information. Web map server interface*, 2004.
- LÓPEZ, F. J. M. *Grupos A y B de Informática. Bloque específico*. MAD, S. L., 2005.
- LOTT, R. *OGC Abstract Specification Topic 2, Spatial referencing by coordinates*. OGC, 2004.
- MAPINFO CORPORATION. *MapInfo Professional Help Contents* 2007.
- MENDOZA, R. F. *El lenguaje visual gráfico en geografía*, 2007.
- MILLINGTON, A. C. and R. W. ALEXANDER *Vegetation mapping in the last three decades of the twentieth century*, 2000.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR. *Análisis Matemático 1.*, Departamento de Textos y Materiales Didácticos.

- MUÑÍZ, J. L. C.; E. C. GIL, *et al. Estadística*. Ciudad de la Habana, Universidad de la Habana. Facultad de Matemática Cibernética, 1987. 42-54 p.
- OGC 02-058. *Web Feature Service Implementation Specification*, 2002.
- OGC 06-042. *Web Map Server Implementation Specification*, 2006.
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM INC. *OpenGIS Consortium.*, [Noviembre 2009]. Disponible en: <http://www.opengis.org/>
- PERCIVALL, G. *ISO 19119 and OGC Service Architecture*, 2002.
- PÉREZ, J. E. *Introducción a JavaScript*.
- PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. *Python Programming Language -- Official Website*, [Noviembre 2009]. Disponible en: <http://www.python.org/>
- QUANTUM GIS PROJECT. *Quantum GIS User and Installation Guide*.
- ROMERO, E. L. and J. A. JIMÉNEZ. *Normas sobre servicios geográficos (ISO 19119, 19128, 19133, 19134)*. *Mapping Interactivo*, 2008.
- SUÑER, J. S. I. *Los Sistemas de Información Geográfica al servicio de la sociedad*, 2009.
- TOLEDO, N. P. *Modelado de datos orientado a objetos para un sistema de información geográfica* Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales Cholula, Puebla, Universidad de las Américas Puebla, 1999.
- UNAM. *Manuales*. SUBDIRECCIÓN DE SERVICIOS WEB. DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO ACADÉMICO, 2006. [Noviembre 2009]. Disponible en: <http://manuales.dgsca.unam.mx/>
- UP2MAPS. 2009. [2009]. Disponible en: <http://www.up2maps.net/#>
- W3C. *Guía breve de tecnologías XML*, 2008. [Noviembre 2009]. Disponible en: <http://www.w3c.es/divulgacion/quiasbreves/tecnologiasxml>
- ---. *HTML 4.01 Specification*, 1999.

BIBLIOGRAFÍA

- CASAS, S. and H. REINAGA. *Aspectos tempranos: Un enfoque basado en tarjetas CRC*. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 2009. Vol. 6.
- DELGADO, T. *Infraestructura Cubana de Datos Geoespaciales: Una necesidad nacional para la integración y diseminación de datos geoespaciales.: Memorias del II Congreso Internacional Geomática 2000.*, 2000.
- DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN UNIVERSIDADES E INVESTIGACIÓN DEL GOBIERNO VASCO. *Progresiones aritméticas y geométricas*, [Octubre 2009]. Disponible en: http://www.hiru.com/es/matematika/matematika_01100.html
- FOWLER, M. *La nueva metodología*, 2003.
- GRUPO DE INVESTIGACIÓN EUMED. UNIVERSIDAD DE MÁLAGA. *Cuartiles*, Universidad de Málaga, [Octubre 2009]. Disponible en: <http://www.eumed.net/dices/definicion.php?dic=1&def=36>
- GUTIÉRREZ, D. G. *Tutorial de Qt4 Designer y QDevelop*, Universidad Politécnica de Cataluña, 2009. p.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL DE ESPAÑA. GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE FOMENTO.
- MENDOZA, R. F. *El lenguaje visual-gráfico en geografía*, 2007.
- MICROSOFT. "Mapa coroplético," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2009*, 2009.
- ---. "Mapa de flujos," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2009*, 2009.
- ---. "Mapa de puntos," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2009*, 2009.
- ---. "Mapa de símbolos proporcionales," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2009*, 2009.
- ---. "Mapa isoplético," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2009*, 2009.
- OGC. *OpenGIS Service Architecture*, 2002.
- ---. *Web Feature Service Implementation Specification*. VRETANOS, P. A.
- ---. *Web Map Server Implementation Specification*. . BEAUJARDIERE, J. D. L.
- ORTEGA, R. J.; J. M. LÓPEZ, et al. *Seminario: Python+Django*
- PROYECTO GISWEB UNIVERSIDAD DE ALCALÁ. *Cartografía, SIG y teledetección*. Disponible en: <http://www.geogra.uah.es/gisweb/>
- REFRACTIONS RESEARCH INC AND OTHERS. *UDig User Guide.*, 2004-2008.
- SHEKHAR, S. and H. XIONG, Eds. *Encyclopedia of GIS*. New York, Springer Science, 2008. 978-0-387-35973-1
- UNIVERSIDAD DE GRANADA. *Programación Web 2.0: Python y Django*, Centro de Enseñanzas Virtuales. Universidad de Granada, [Noviembre 2009]. Disponible en: <https://swad.ugr.es/?CrsCod=21>

ANEXOS

Anexo I. Tipos de mapas

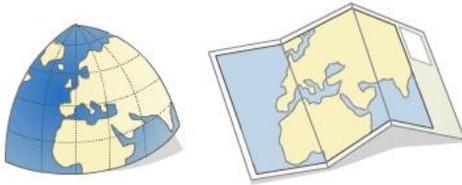


Ilustración I. 1: Mapas de pequeña escala.

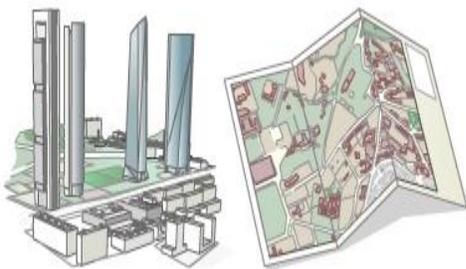


Ilustración I. 2: Mapas de gran escala.

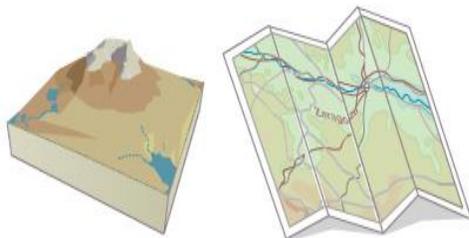


Ilustración I. 3: Mapas Topográficos.

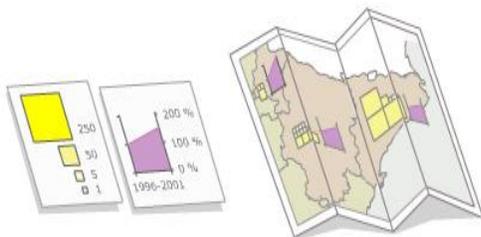
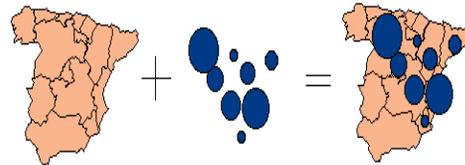


Ilustración I. 4: Mapas temáticos.



MAPA BASE CONTENIDO TEMÁTICO MAPA TEMÁTICO

Ilustración I. 5: Componentes de un mapa temático.



Ilustración I. 6: Mapa de datos puntuales.

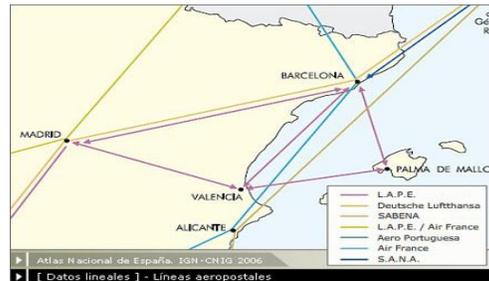


Ilustración I. 7: Mapa de datos lineales.

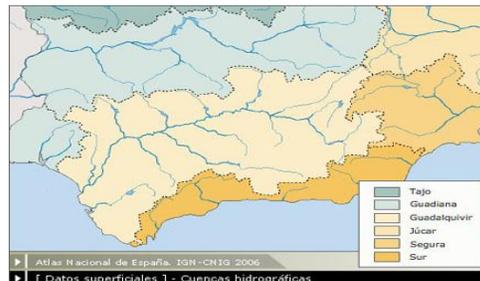


Ilustración I. 8: Mapa de datos superficiales.

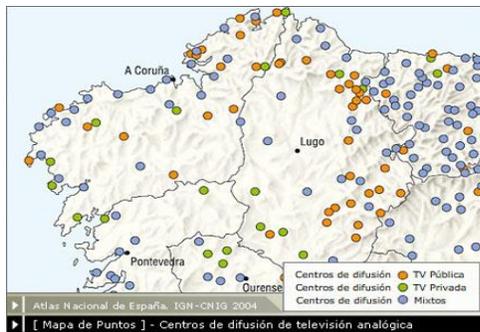


Ilustración I. 9: Mapa de puntos.



Ilustración I. 13: Mapa de isolíneas.

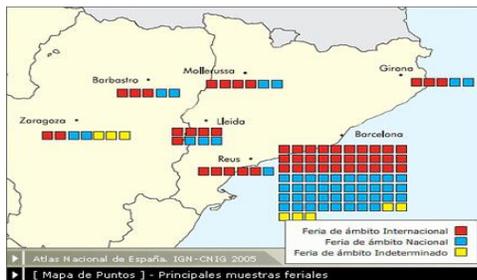


Ilustración I. 10: Mapa de puntos.



Ilustración I. 14: Mapa de isolíneas. Isotérmico.

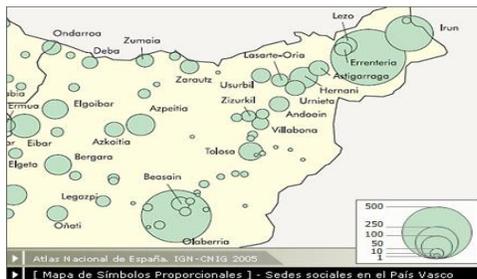


Ilustración I. 11: Mapa de símbolos proporcionales. Círculos.



Ilustración I. 15: Mapa de flujo.

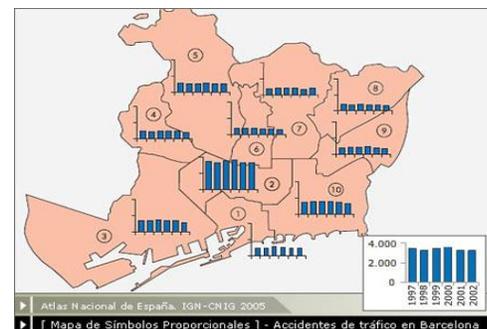


Ilustración I. 12: Mapa de símbolos proporcionales. Barras.

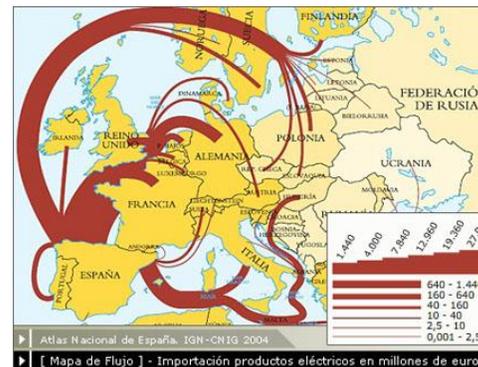


Ilustración I. 16: Mapa de flujo. Leyenda escalonada.

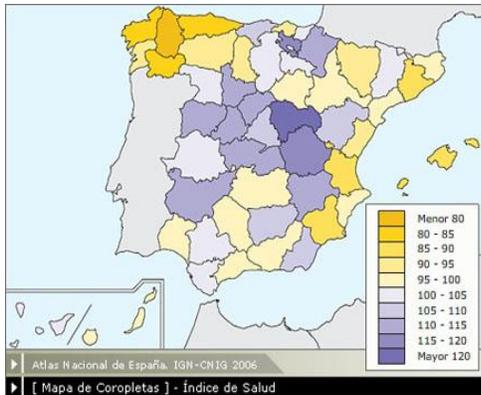


Ilustración I. 17: Mapa de coropletas.

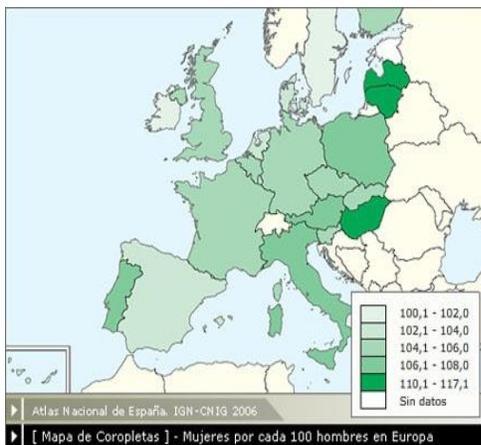


Ilustración I. 18: Mapa de coropletas. Monocromático.



Ilustración I. 19: Cartograma.

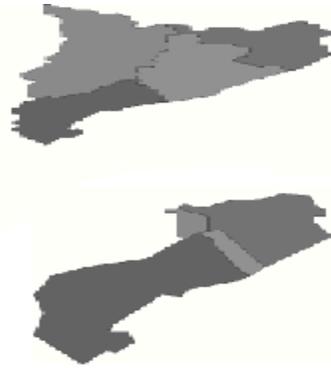


Ilustración I. 20: Cartograma con continuidad comparado con la base geográfica.



Ilustración I. 21: Cartograma sin continuidad comparado con la base geográfica.

Anexo II. Mapas temáticos generados por otras soluciones.

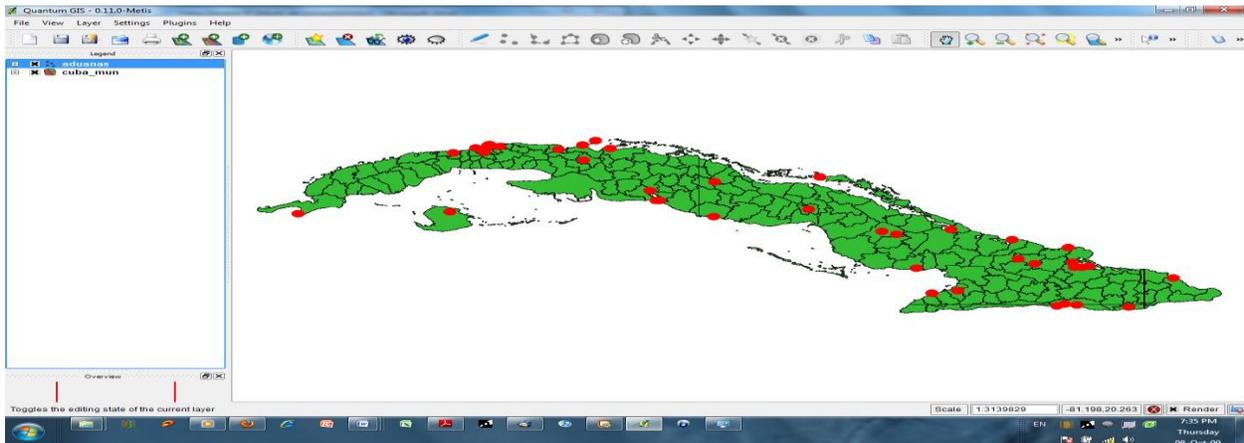


Ilustración II. 1: Mapa temático generado con QGis. Modo Single Symbol.

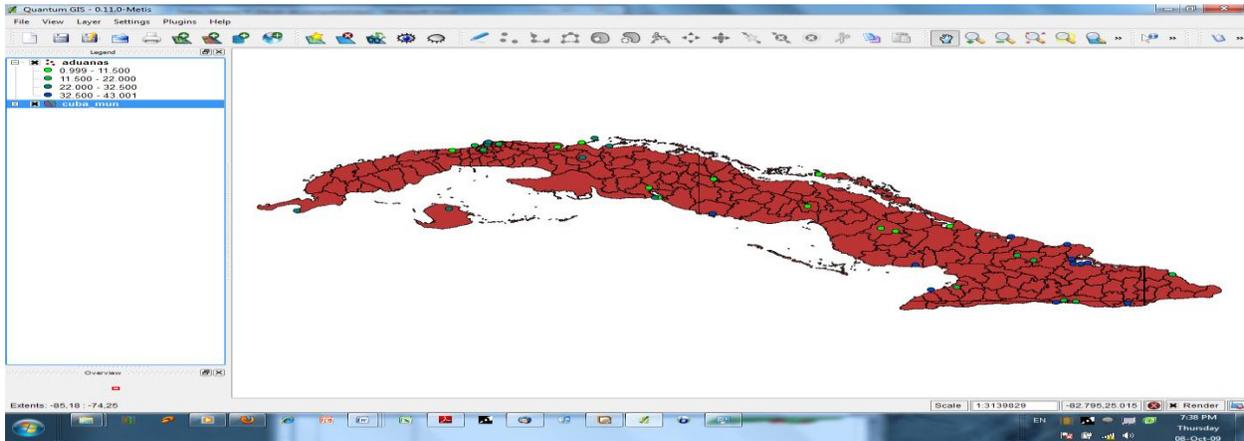


Ilustración II. 2: Mapa temático generado con QGis. Modo Graduated Symbol.

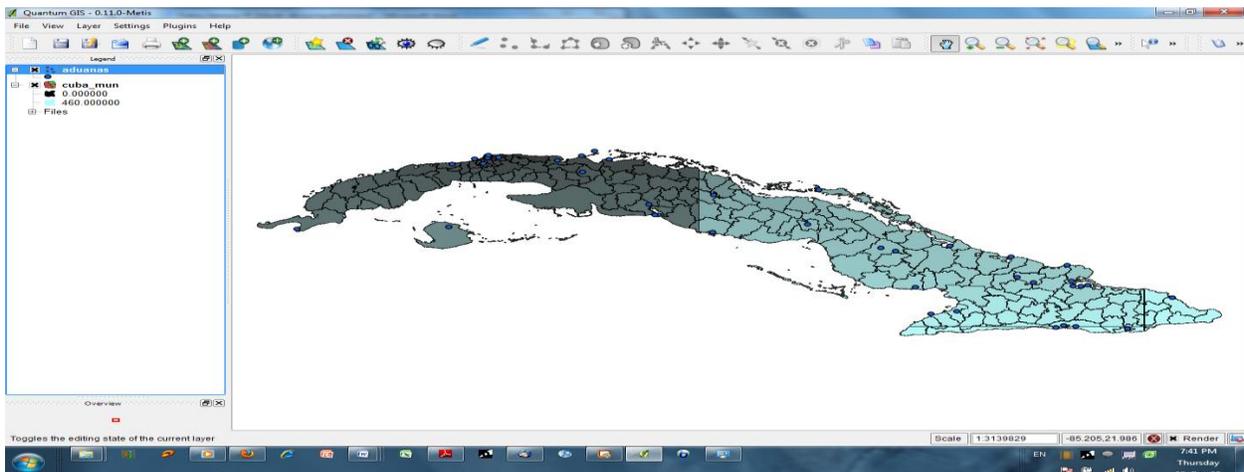


Ilustración II. 3: Mapa temático generado con QGis. Modo Continuos Color.

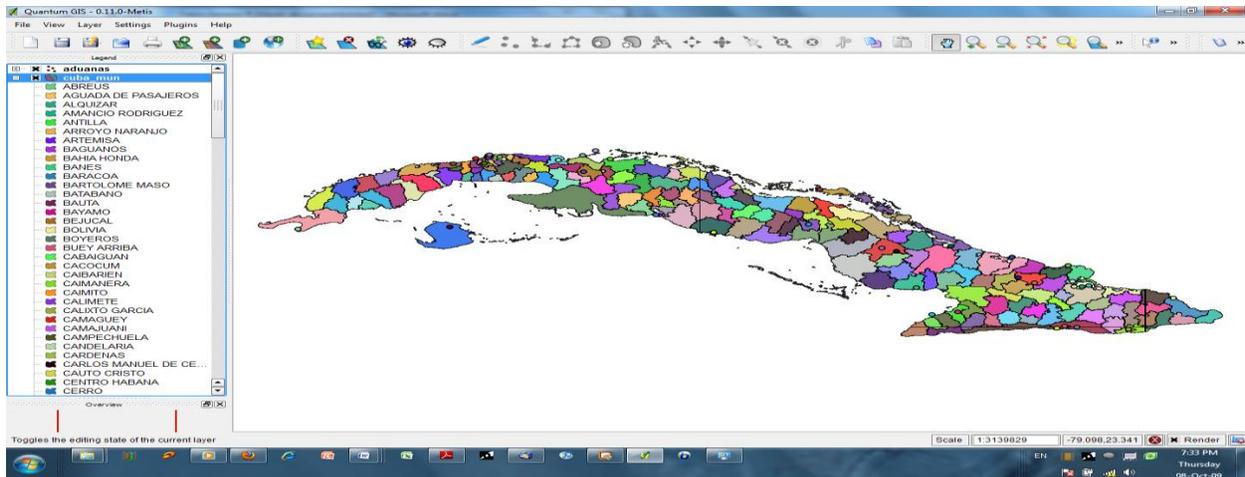


Ilustración II. 4: Mapa temático generado con QGis. Modo Unique Value.

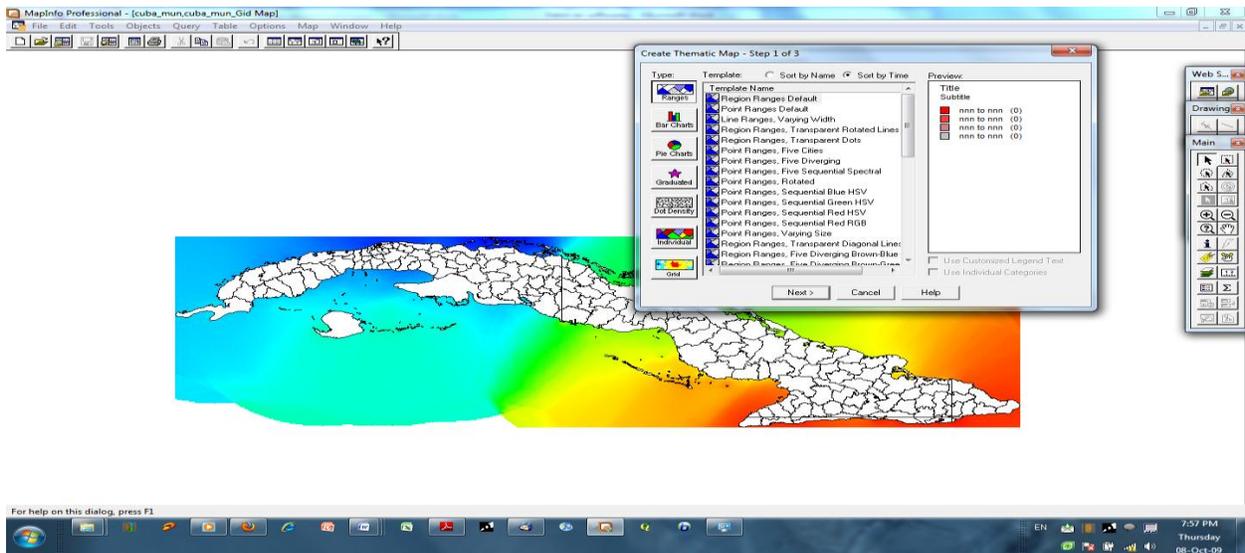


Ilustración II. 5: Mapa temático generado con MapInfo.

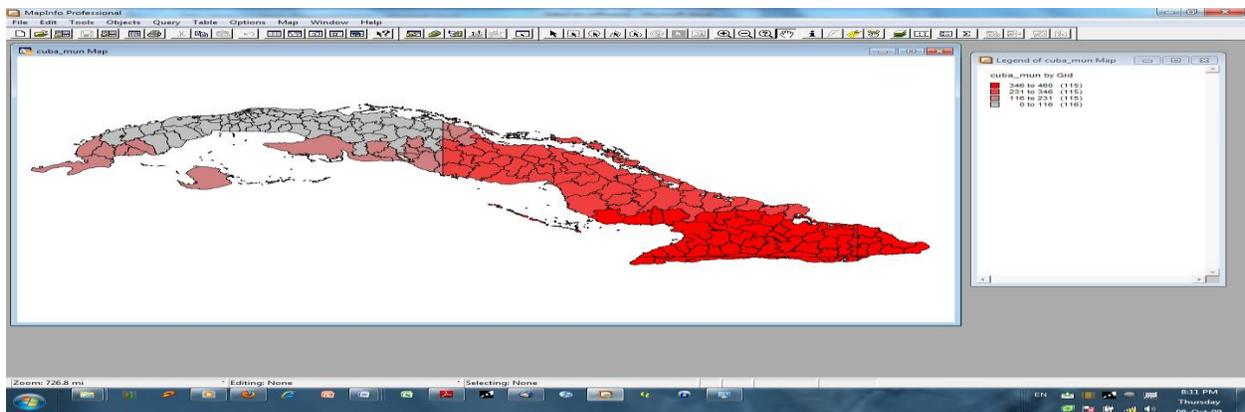


Ilustración II. 6: Mapa temático generado con MapInfo. Modo Ranges. Tipo Region Ranges.

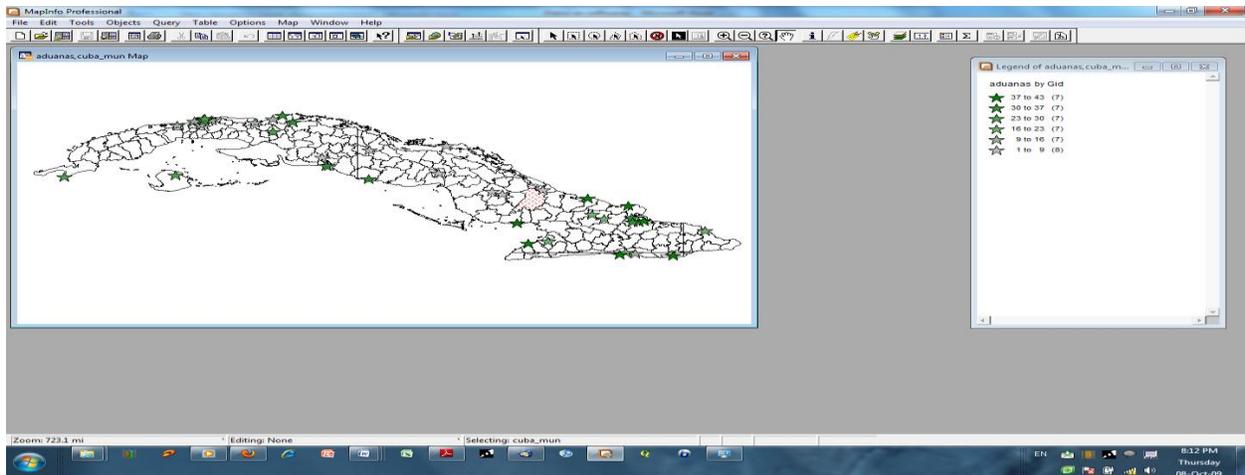


Ilustración II. 7: Mapa temático generado con MapInfo. Modo Ranges. Tipo Point Ranges.

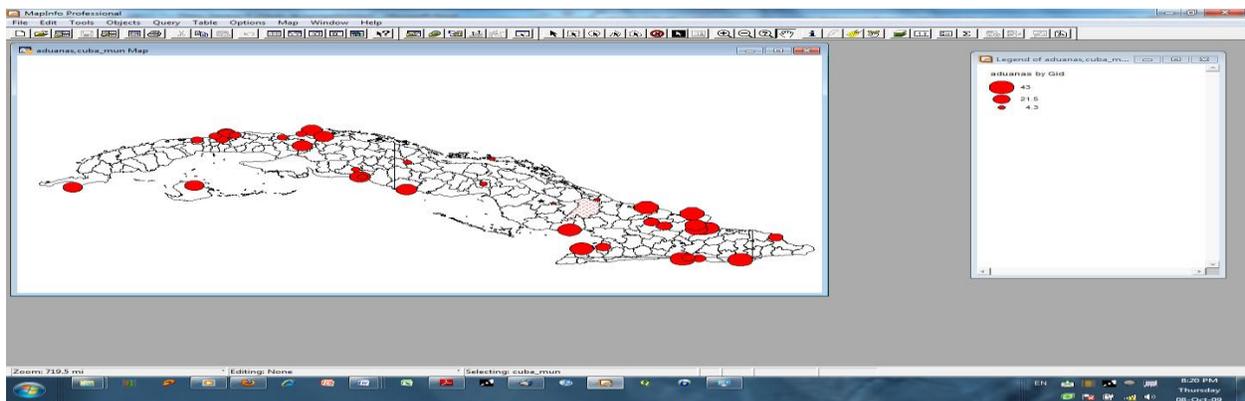


Ilustración II. 8: Mapa temático generado con MapInfo. Modo Graduated. Tipo Graduated Symbol.

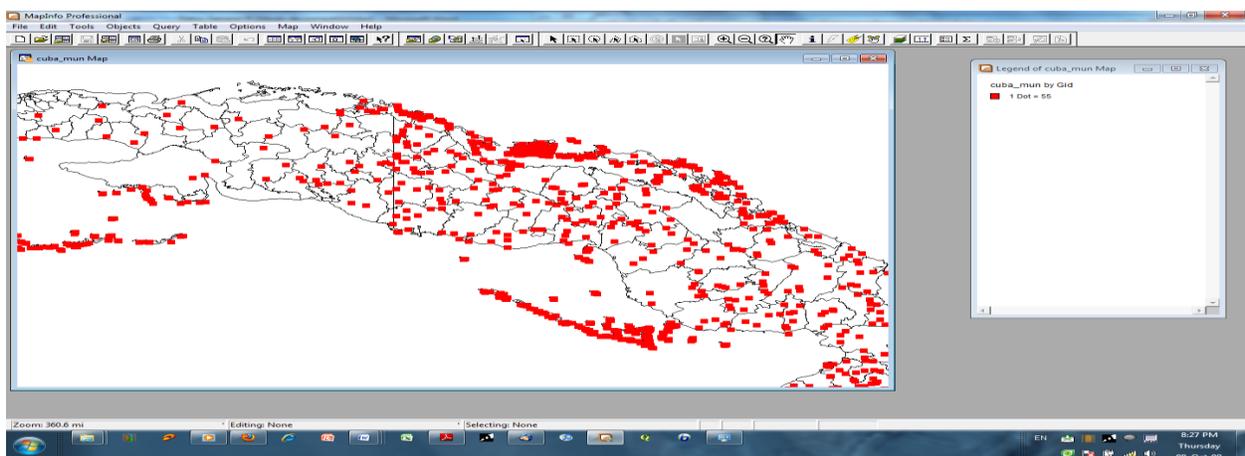


Ilustración II. 9: Mapa temático generado con MapInfo. Modo Dot Density. Tipo Dot Density.

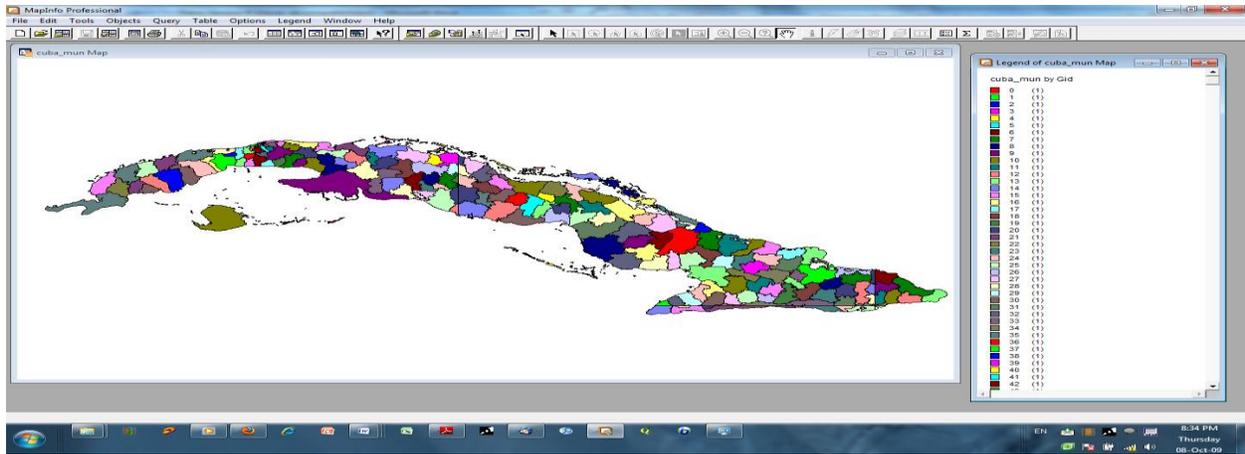


Ilustración II. 10: Mapa temático generado con MapInfo. Modo Individual. Tipo Region Individual.

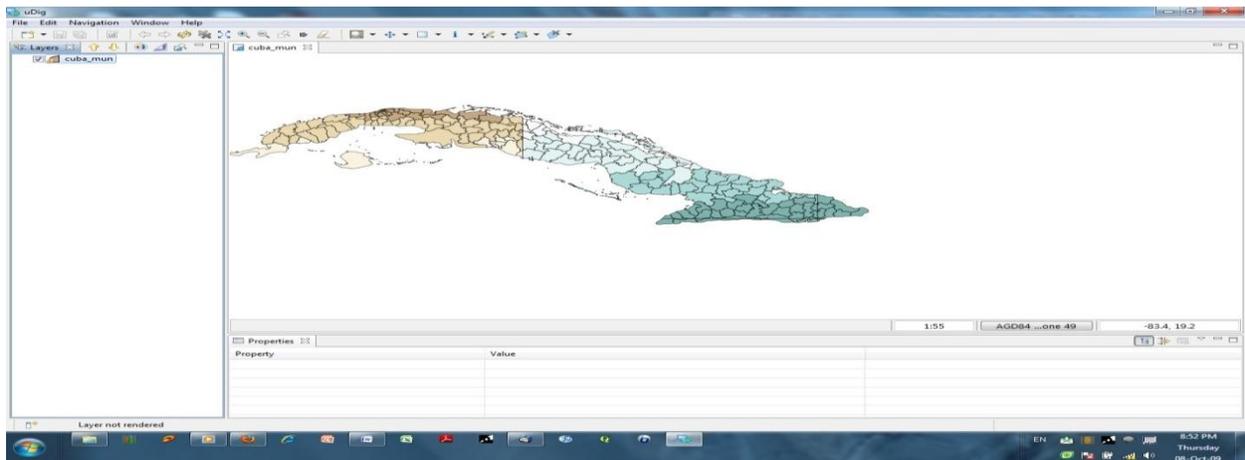


Ilustración II. 11: Mapa temático generado con UDig.



Ilustración II. 12: Mapa generado utilizando Up2Maps.

Anexo III. Tarjetas CRC

Tarjeta CRC Capa_Tematica

Capa_Tematica	
Description: Clase encargada de crear la capa temática del mapa	
Responsibilities:	
Name	Collaborator
crear_objeto	
crear_capa	
mayor_total	

Tarjeta CRC Clases

Clases	
Description: Clase encargada de crear las clases en las que se dividirán los datos estadísticos	
Responsibilities:	
Name	Collaborator
crear_clases	

Tarjeta CRC Color

Color	
Description: Clase encargada de generar un color por cada clase	
Responsibilities:	
Name	Collaborator
degradar	

Tarjeta CRC Datos

Datos	
Description: Clase encargada de extraer los datos ya sea de una hoja de cálculo o de una base de datos	
Responsibilities:	
Name	Collaborator
cargar_diccionario	
excel	
buscar_elemento	
base_datos	
cargar_datos	

Tarjeta CRC Conexion

Conexion	
Description: Clase encargada de comunicarse con la base de datos	
Responsibilities:	
Name	Collaborator
cargar_diccionario	
conectar	
seleccionar_datos	
seleccionar_centroid	
insertar_datos	
adicionar_columna_geom	
crear_tabla	
crear_punto	
crear_linea	
crear_polilinea	
crear_carto	
adicionar_columna	
adicionar_columna_llave	
eliminar_tabla	
extent	
seleccionar_columna_geom	

Tarjeta CRC Mapa_Tematico

Mapa_Tematico	
Description: De esta clase heredan el resto de las clases encargadas de generar los distintos tipos de mapas temáticos	
Responsibilities:	
Name	Collaborator
cargar_diccionario	
crear_objeto	
crear_capa	
dibujar_capa	
mapa_base	

Tarjeta CRC Mapa_Coropletas

Mapa_Coropletas	
Super Classes: Mapa_Tematico	
Description: Clase encargada de generar mapas de coropletas	
Responsibilities:	
Name	Collaborator
cargar_diccionario	
crear_objeto	Capa_Tematica
crear_capa	Capa_Tematica
dibujar_capa	Leyenda, Color

Tarjeta CRC Mapa_Puntos

Mapa_Puntos	
Super Classes: Mapa_Tematico	
Description: Clase encargada de generar mapas de puntos	
Responsibilities:	
Name	Collaborator
cargar_diccionario	
crear_objeto	Capa_Tematica
crear_capa	Capa_Tematica
dibujar_capa	Leyenda, Simbolo

Tarjeta CRC Cartogramas

Cartogramas	
Super Classes: Mapa_Tematico	
Description: Clase encargada de generar cartogramas	
Responsibilities:	
Name	Collaborator
cargar_diccionario	
crear_objeto	Capa_Tematica
crear_capa	Capa_Tematica
dibujar_capa	Leyenda

Tarjeta CRC Mapa_Flujos

Mapa_Flujos	
Super Classes: Mapa_Tematico	
Description: Clase encargada de generar mapas de flujos	
Responsibilities:	
Name	Collaborator
cargar_diccionario	
crear_objeto	Capa_Tematica
crear_capa	Capa_Tematica
dibujar_capa	Leyenda, Simbolo

Tarjeta CRC Mapa_Datos_Puntuales

Mapa_Datos_Puntuales	
Super Classes: Mapa_Tematico	
Description: Clase encargada de generar mapas de datos puntuales	
Responsibilities:	
Name	Collaborator
cargar_diccionario	
crear_objeto	Capa_Tematica
crear_capa	Capa_Tematica
dibujar_capa	Leyenda, Simbolo

Tarjeta CRC

Mapa_Simbolos_Proporcionales

Mapa_Simbolos_Proporcionales	
Super Classes: Mapa_Tematico	
Description: Clase encargada de generar mapas de simbolos proporcionales	
Responsibilities:	
Name	Collaborator
cargar_diccionario	
crear_objeto	Capa_Tematica
crear_capa	Capa_Tematica
dibujar_capa	Leyenda, Simbolo

Tarjeta CRC Mapa_Datos_Lineales

Mapa_Datos_Lineales	
Super Classes: Mapa_Tematico	
Description: Clase encargada de generar mapas de datos lineales	
Responsibilities:	
Name	Collaborator
cargar_diccionario	
crear_objeto	Capa_Tematica
crear_capa	Capa_Tematica
dibujar_capa	Leyenda

Tarjeta CRC

Mapa_Datos_Superficiales

Mapa_Datos_Superficiales	
Super Classes: Mapa_Tematico	
Description: Clase encargada de generar mapas de datos superficiales	
Responsibilities:	
Name	Collaborator
cargar_diccionario	
crear_objeto	Capa_Tematica
crear_capa	Capa_Tematica
dibujar_capa	Leyenda

Tarjeta CRC Conector

Conector	
Description: Clase encargada de comunicar la lógica y los datos del servicio	
Responsibilities:	
Name	Collaborator
crear_mapa	Datos, Conexion, Clases, Cartogramas, Mapa_Coropletas, Mapa_Puntos, Mapa_Flujos, Mapa_Simbolos_Proporcionales, Mapa_Datos_Lineales, Mapa_Datos_Puntuales, Mapa_Datos_Superficiales
cargar_mapa	Leyenda

Anexo IV. WTMCapabilities Documento XML

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" standalone="no" ?>
<WTM_Capabilities>
<Service>
<Name>WTM</Name>
  <Title>Servicio de mapas temáticos</Title>
</Service>
<Capability>
  <Request>
    <GetCapabilities>
      <Parametros>
        <format obligatorio = "True">
          <Formatos>
            <value>text/xml</value>
          </Formatos>
        </format>
      </Parametros>
    </GetCapabilities>
    <LoadMap>
      <Parametros>
        <name obligatorio = "True"> </name>
      </Parametros>
    </LoadMap>
    <GetThematicMap>
      <Parametros>
        <format obligatorio = "True">
          <Formatos>
            <value> image </value>
            <value> text/xml </value>
          </Formatos>
        </format>
        <basemap obligatorio = "True"> </basemap>
        <geomkey obligatorio = "True"> </geomkey>
        <bbox obligatorio = "True"> </bbox>
        <themkey obligatorio = "True"> </themkey>
        <themfield obligatorio = "True"> </themfield>
        <width obligatorio = "True"> </width>
        <height obligatorio = "True"> </height>
        <mptype obligatorio = "True">
          <TiposMapas>
            <value> cartograma</value>
            <value> proporcional</value>
            <value> puntuales</value>
            <value> puntos</value>
            <value> superficiales</value>
            <value> lineales</value>
            <value> flujos</value>
            <value> coropletas</value>
          </TiposMapas>
        </mptype>
        <datasource obligatorio = "True">
          <Fuentes>
            <value> Excel
              <ParametrosExcel>
                <file obligatorio = "False"> </file>
                <sheet obligatorio = "False"> </sheet>
              </ParametrosExcel>
            </value>
            <value> BD
              <ParametrosBD>
                <host obligatorio = "False"> </host>
                <port obligatorio = "False"> </port>
              </ParametrosBD>
            </value>
          </Fuentes>
        </datasource>
      </Parametros>
    </GetThematicMap>
  </Request>
</Capability>
</WTM_Capabilities>
```

```

        <db obligatorio = "False"> </db>
        <table obligatorio = "False"> </table>
        <user obligatorio = "False"> </user>
        <pass obligatorio = "False"> </pass>

        </ParametrosBD>
        </value>
    </Fuentes>
</datasource>
<themdest obligatorio = "False"> </themdest>
<color obligatorio = "True"> </color>
<symtype obligatorio = "False">
    <Simbolos>
        <value> Circulo</value>
        <value> Cuadrado</value>
        <value> Rectangulo</value>
        <value> Triangulo</value>
        <value> Rombo</value>
        <value> Imagen
            <Imagen obligatorio = "False"> </Imagen>
        </value>
    </Simbolos>
    <RequiresBy>
        <value> proporcional</value>
        <value> puntos</value>
        <value> puntuales</value>
    </RequiresBy>
</symtype>
<symsize obligatorio = "False">
    <Tamanno>
        <value> 3</value>
        <value> 4</value>
        <value> 5</value>
    </Tamanno>
    <RequiresBy>
        <value> proporcionales</value>
        <value> puntos</value>
        <value> puntuales</value>
    </RequiresBy>
</symsize>
<symmagn obligatorio = "False">
    <RequiresBy>
        <value> puntos</value>
    </RequiresBy>
</symmagn>
<classf obligatorio = "False">
    <Clasificaciones>
        <value> equal</value>
        <value> quantile</value>
    </Clasificaciones>
    <RequiresBy>
        <value> proporcionales</value>
        <value> coropletas</value>
        <value> flujos</value>
    </RequiresBy>
</classf>
<numclass obligatorio = "False">
    <Clases>
        <value> 4</value>
        <value> 5</value>
        <value> 6</value>
        <value> 7</value>
        <value> 8</value>
    </Clases>
    <RequiresBy>

```

```

                <value> proporcionales</value>
                <value> coropletas</value>
                <value> flujos</value>
            </RequiresBy>
        </numclass>
        <maxvalue obligatorio = "False">
            <RequiresBy>
                <value> proporcionales</value>
                <value> coropletas</value>
                <value> flujos</value>
            </RequiresBy>
        </maxvalue>
        <minvalue obligatorio = "False">
            <RequiresBy>
                <value> proporcionales</value>
                <value> coropletas</value>
                <value> flujos</value>
            </RequiresBy>
        </minvalue>
    </Parametros>
</GetThematicMap>
</Request>
<Exception>
    <Format>application/vnd.ogc.se_xml</Format>
    <Format>application/vnd.ogc.se_inimage</Format>
    <Format>application/vnd.ogc.se_blank</Format>
</Exception>

<BasesMaps>
    <BaseMap>
        <Name>Mundo</Name>
        <Title>Mapa Mundial</Title>
        <LatLonBoundingBox minx="-16681654.0" miny="-8621186.0" maxx="16789978.0"
maxy="8326223.0" />
    </BaseMap>
    <BaseMap>
        <Name>EdificiosUCI</Name>
        <Title>Edificios de la UCI</Title>
        <LatLonBoundingBox minx="9695545.0" miny="933281.0" maxx="10088691.0"
maxy="1354860.0" />
    </BaseMap>
    <BaseMap>
        <Name>Cuba</Name>
        <Title>Mapa de Cuba</Title>
        <LatLonBoundingBox minx="-84.954231262207" miny="19.8259124755859" maxx="-
74.1317901611328" maxy="23.2740535736084" />
    </BaseMap>
    <BaseMap>
        <Name>EUA</Name>
        <Title>Mapa de EUA</Title>
        <LatLonBoundingBox minx="-179.628173828125" miny="18.9252548217773" maxx="-
66.9514007568359" maxy="71.4285659790039" />
    </BaseMap>
    <BaseMap>
        <Name>Mexico</Name>
        <Title>Mapa de Mexico</Title>
        <LatLonBoundingBox minx="-117.124885559082" miny="14.5368661880493" maxx="-
86.7434387207031" maxy="32.7184906005859" />
    </BaseMap>
</BasesMaps>
</Capability>
</WTM_Capabilities>

```