

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salut Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

2015-2016-1er semestre

Gema Franco Manzano

Consultor: Jesús Manuel de Diego Alarcón

Resumen

Este documento describe el proceso completo que se ha seguido para realizar el proyecto final de carrera de los estudios de Ingeniería Técnica de Sistemas en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica.

Comenzando por la descripción del contexto del proyecto y los objetivos que se pretenden alcanzar con el mismo. Para ello ha sido necesario definir una planificación detallada basada en el calendario del semestre que nos ocupa.

En esta planificación, se detallan los objetivos generales y específicos deseados, las distintas fases que componen el proyecto y las tareas definidas en cada una de ellas, también encontramos un Diagrama de Gantt que resume la temporización de este plan de proyecto de una manera visual, por último también se realiza un análisis de riesgos y posibles contingencias.

A continuación hacemos una pequeña introducción a los Sistemas de Información Geográfica, donde se habla de la importancia de la información geográfica, conoceremos los modelos de datos con los que principalmente trabajan: el modelo vectorial y el modelo raster, realizamos una comparativa de los mismos y un pequeño acercamiento de las ventajas que ofrece la visualización de la información en forma de capas dentro de un entorno SIG. Y para concluir hablaremos de los estándares, y de cómo su uso en todos estos procesos permite que los sistemas se entiendan y puedan compartir información fácilmente.

Una vez que ya tenemos una visión más concreta de lo que son los Sistemas de Información Geográfica y cómo funcionan, se realiza un estudio del contexto inicial del proyecto (ya que se parte de una aplicación base desarrollada por otros compañeros para la ASPB sobre el análisis de enfermedades epidemiológicas).

Este estudio ha permitido realizar el análisis y diseño de las nuevas funcionalidades que junto a la descripción de las tecnologías utilizadas, establecerán las bases de desarrollo de la nueva aplicación y de la propuesta de arquitectura final empleada para la realización del proyecto.

El proceso de desarrollo de la aplicación abarca desde la obtención de los datos, el tratamiento y análisis de los mismos, profundizando en las consultas espaciales más relevantes que se han utilizado, hasta la integración de la nueva funcionalidad en la aplicación final resultante.

Por último encontramos un manual de usuario que resume el funcionamiento de la nueva aplicación y las posibles vías de desarrollo futuras dentro del mismo contexto.

Índice

Resumen.....	2
Índice.....	3
Índice de Tablas y Figuras.....	5
1. Descripción y contexto del proyecto TFC.....	6
2. Objetivos del proyecto	6
2.1 Objetivos Generales	6
2.2 Objetivos Específicos.....	7
3. Planificación detallada del proyecto	7
3.1 Calendario de trabajo.....	7
3.2 Hitos o fechas clave.....	7
3.3 Tareas.....	8
3.4 Diagrama de Gantt	9
4. Análisis de riesgos	10
4.1 Enfermedad y/o problemas de salud	10
4.2 Realización de viajes laborales.....	10
4.3 Defectos de diseño e implementación.....	11
4.4 Pérdida de datos	11
4.5 Problemas en la estación de trabajo.....	11
4.6 Otros imprevistos	11
5. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica.....	11
5.1. Definición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)	12
5.2 La importancia de la Información Geográfica (IG)	15
5.3 Modelos de representación de la Información Geográfica	16
5.3.1 El modelo vectorial.....	17
5.3.2 El modelo raster	18
5.3.3 Comparativa entre el modelo raster y el modelo vectorial	19
5.4 Visualización y representación de la información en un SIG	20
5.5 Estándares	21

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

6.	Estudio del contexto inicial del proyecto	22
6.1	Antecedentes	22
7.	Análisis de la nueva funcionalidad	26
8.	Propuesta de arquitectura y tecnología utilizada	27
	Geoserver	28
	PostgreSQL	28
	PostGIS	29
	pgRouting	29
	OpenLayers.....	29
	PHP	30
	Apache.....	30
	QGIS.....	30
9.	Desarrollo de la aplicación	31
9.1	Obtención y tratamiento de los datos	31
9.1.1	Selección de la fuente de datos cartográficos	31
9.1.2	Análisis de los datos	33
9.1.3	Tratamiento de los datos	34
9.1.4	Creación del grafo o red.....	36
9.1.5	Cálculo del área de influencia	40
9.2	Integración de la nueva funcionalidad en la aplicación Web de la ASPB.....	44
9.3	Elaboración de un manual de uso para el usuario de la ASPB	47
10.	Conclusiones.....	48
11.	Posibles líneas de desarrollo posteriores.....	49
12.	Bibliografía y referencias.....	50

Índice de Tablas y Figuras

<i>Figura 1. Elementos que componen un SIG</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2. Primitivas geométricas en el modelo de representación vectorial y ejemplos particulares de cada una de ellas con atributos asociados</i>	<i>17</i>
<i>Figura 3. Raster-Vector Data Model.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 4. Ejemplo de capas SIG.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 5. Casos de legionela</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6. Casos de legionela en hombres en el barrio Gótico.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7. Tabla de información.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 8. Hospital de Sant Llàtzer.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 9. Arquitectura WEB.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 10. Procesos de comunicación de OpenLayers</i>	<i>29</i>
<i>Figura 11. Centro de descargas</i>	<i>32</i>
<i>Figura 12. Datos de Cartociudad</i>	<i>33</i>
<i>Figura 13. Callejero de la provincia de Barcelona</i>	<i>34</i>
<i>Figura 14. Ciudad de Barcelona.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 15. Callejero de Barcelona ciudad</i>	<i>35</i>
<i>Figura 16. Tabla tramo_vial</i>	<i>37</i>
<i>Figura 17. Tabla tramo_vial_vertices_pgr.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 18. Capa de nodos de la ciudad de Barcelona</i>	<i>38</i>
<i>Figura 19. Grafo resultante</i>	<i>38</i>
<i>Figura 20. Geometría multipunto.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 21. Geometría poligonal.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 22. Interfaz gráfica</i>	<i>45</i>
<i>Figura 23. Casos de tuberculosis en el barrio del Raval.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 24. Ejemplo de área de influencia</i>	<i>47</i>

1. Descripción y contexto del proyecto TFC

Actualmente, muchos sistemas de monitorización de enfermedades son capaces de producir informes textuales y gráficos que describen incidencias. Este es el caso de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB), encargada de la monitorización de enfermedades como la tuberculosis, la legionela o el SIDA.

Aunque la ASPB recoge datos desde hace más de 20 años, no explota totalmente las técnicas geoespaciales. Esta carencia hace que no se pueda dar una perspectiva geográfica a estas tareas de análisis que permita, por ejemplo, el estudio de patrones de aparición y propagación en el espacio y en el tiempo de enfermedades. (Dominkovics et al, 2011; Herrero, 2014; Ros, 2012; Viladoms,2012). Estos trabajos se han centrado principalmente en la visualización de datos.

El trabajo propuesto en el presente Trabajo Final de Carrera (TFC) consiste en implementar una herramienta de análisis que ayude a la ASPB a establecer el área influencia de un punto (foco) dentro de una red, de modo que permita realizar análisis de los datos en el espacio y en el tiempo y que permita realizar recomendaciones para evaluar las medidas de control y llevar a cabo tareas de planificación sanitaria.

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar una herramienta que facilite el cálculo del área influencia de un punto (foco) dentro de una red:

- En concreto de una red definida por la guía de calles de la ciudad de Barcelona.
- Se contemplaran exclusivamente desplazamientos a pie.

2. Objetivos del proyecto

El objetivo del TFC (Trabajo Final de Carrera) es el de desarrollar e integrar esta herramienta de cálculo en la actual aplicación SIG del ASPB (Agencia de Salud Pública de Barcelona).

2.1 Objetivos Generales

Los objetivos generales que se persiguen con el proyecto son:

- Conocer la arquitectura conceptual y los componentes necesarios para desarrollar aplicaciones Web SIG.
- Realizar una aproximación teórico-práctica a las técnicas asociadas con el cálculo de rutas.
- Conocer los beneficios de la tecnología de los SIG en diferentes dominios, como el sanitario y la vigilancia epidemiológica.

2.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos que se persiguen con el proyecto son:

- Evaluar diferentes servicios y componentes de información geográfica al alcance de todos.
- Conocer los lenguajes de programación y técnicas específicas para el desarrollo de aplicaciones Web SIG.
- Conocer algunas de las alternativas de datos geográficos abiertos.

3. Planificación detallada del proyecto

3.1 Calendario de trabajo

La planificación del proyecto se ha basado en una dedicación estimada de unas 20 horas semanales desde el inicio hasta el fin del semestre.

Es necesario destacar que en las semanas previas a la fecha de entrega se han aumentado las horas de dedicación para poder cumplir con las fechas clave que se describen en el siguiente apartado.

3.2 Hitos o fechas clave

Para la realización del proyecto, éste se descompuso en diferentes hitos con una propuesta inicial de temporización, partiendo de las fechas de entrega de las PACS fijadas en el Plan Docente. Debido a la dificultad encontrada en la configuración del entorno de trabajo para la correcta ejecución de la aplicación base del proyecto, se ha producido una demora en las fechas de entrega de la PAC2 y PAC3, la planificación final resultante se muestra en la Tabla 1. Hitos:

	Inicio	Fin
PAC1 (Plan de trabajo del TFC)	17/09/2015	29/09/2015
PAC2	30/09/2015	29/11/2015
PAC3	04/11/2015	09/12/2015

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

Borrador Memoria	15/12/2015	08/01/2015
Entrega final TFC (Memoria, Presentación y Código)	15/12/2015	11/01/2016
Debate virtual	20/01/2016	22/01/2016

Tabla 1. Hitos

A partir del calendario de trabajo anterior y el cumplimiento de las fechas establecidas como hitos, el reparto de horas para cada entregable ha sido el siguiente:

- PAC1:24horas.
- PAC2:162 horas.
- PAC3:87 horas.
- Entrega final del TFC (Memoria, Presentación y Código): 24 horas

3.3 Tareas

A continuación se muestra la planificación del proyecto en la Tabla 2.Tareas y planificación, donde se incluyen las distintas tareas y actividades en las que se ha dividido el TFC y el alcance conseguido en cada PAC.

	Horas
T1. Definición del proyecto	2
1.1 Descargar materiales del aula	
1.2. Lectura del enunciado del TFC	
T2. Plan de Trabajo (PAC1)	22
2.1. Estudio de la información y ejemplos	
2.2 Definir índice del plan de trabajo	
2.3 Identificación de tareas	
2.4. Planificación de tareas	
2.5 Análisis de riesgos y plan de contingencia	
2.6. Redactar plan de trabajo	
2.7. Reunión virtual con el consultor del TFC	
2.8. Revisión del plan de trabajo	
T3. Aproximación y estudio de los SIG	26
3.1. Búsqueda de información	
3.2. Estudio de los SIG	
3.3. Familiarizarse con la visualización de información SIG en entorno WEB	
3.4. Redacción del documento introductorio que formará parte de la memoria	

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

T4. Estudio inicial del contexto del proyecto	132
4.1. Estudio de proyectos anteriores (Sergio Herrero - Herrero 2014)	
4.2. Preparación del entorno de desarrollo, estudio e instalación	
4.3. Estudio e instalación de la base de datos geográficos PostGIS	
4.4. Estudio e instalación de Geoserver	
4.5. Estudio e instalación de OpenLayers	
T5. Propuesta de arquitectura (PAC2)	4
5.1. Estudio de la actual aplicación SIG de la ASPB	
T6. Análisis y diseño de la nueva funcionalidad	5
6.1. Elaboración de un catálogo de requisitos, casos de uso, etc	
6.2. Selección de la tecnología a utilizar	
T7. Desarrollo de la aplicación (PAC3)	87
7.1. Diseño GUI	
7.2. Programación de la aplicación	
7.3. Realización de pruebas	
7.4. Redactar la documentación de la aplicación	
T8. Elaboración de la Memoria y la Presentación	24
8.1. Redacción final de la memoria	
8.2. Conclusiones	
8.3. Presentación virtual	

Tabla 2. Tareas y planificación

3.4 Diagrama de Gantt

A continuación se muestra en la Tabla 3 el diagrama de Gantt relacionado con la planificación del trabajo, las tareas y subtareas consideradas en los apartados anteriores.

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

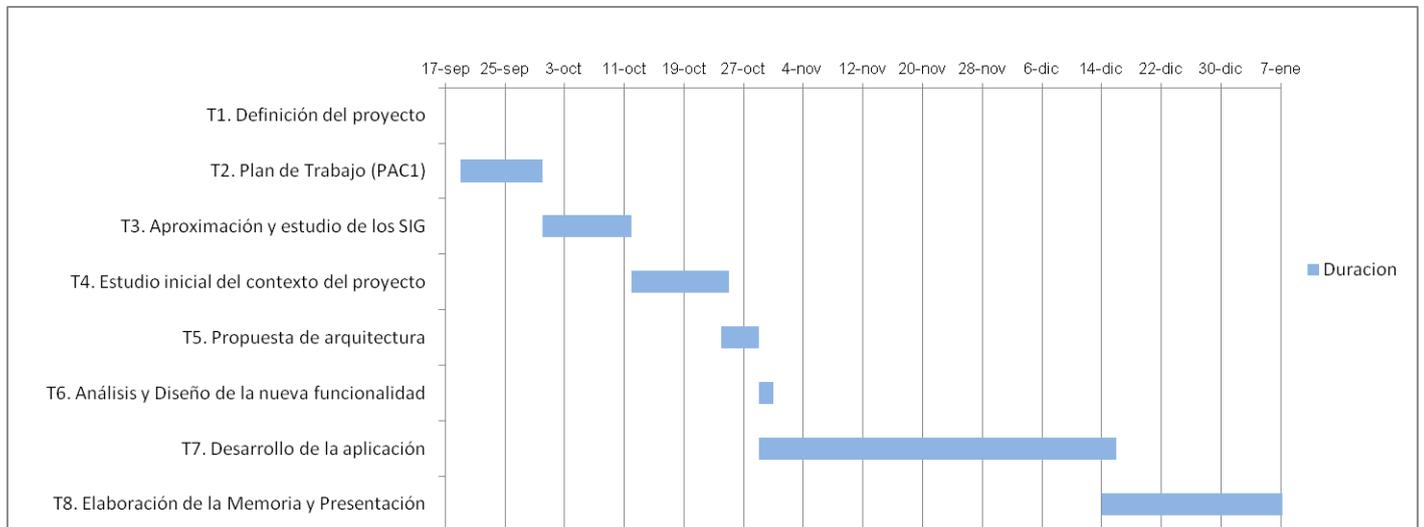


Tabla 3. Diagrama de Gantt

4. Análisis de riesgos

Durante la realización del proyecto se han tenido en cuenta algunas situaciones que podían afectar al desarrollo y que podrían impedir la ejecución de los objetivos marcados. A continuación se indican las posibles soluciones que se llevarán a cabo en caso de producirse.

4.1 Enfermedad y/o problemas de salud

Plan de contingencia:

- Solicitar días de vacaciones en el trabajo o aumentar las horas de dedicación para poder cumplir con las horas estimadas del proyecto.

4.2 Realización de viajes laborales

Debido a mi situación laboral, es posible la realización de viajes a distintos puntos de España durante varios días, lo que podría disminuir las horas de dedicación al TFC.

Plan de contingencia:

- Solicitar días de vacaciones en el trabajo o reducir las horas de descanso para poder cumplir con las horas estimadas del proyecto.

4.3 Defectos de diseño e implementación

Plan de contingencia:

- Realizar consultas y seguimiento periódico de las recomendaciones del consultor/profesor de la asignatura.

4.4 Pérdida de datos

Plan de contingencia:

- Realizar copias de seguridad diarias en medios extraíbles o en la nube.

4.5 Problemas en la estación de trabajo

Plan de contingencia:

- Conseguir otra estación de trabajo lo antes posible

4.6 Otros imprevistos

Plan de contingencia:

- Solicitar días de vacaciones en el trabajo o reducir las horas de descanso para poder cumplir con los objetivos del proyecto.

5. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica

Siguiendo la estructura definida en el plan de trabajo, en este apartado realizamos una introducción a los Sistemas de Información Geográfica (SIG), partiendo de algunos conceptos y definiciones básicos ya que para asumir los objetivos de este proyecto es necesario realizar una aproximación genérica al mundo de los SIG y así poder conocer los beneficios de las múltiples aplicaciones que la tecnología de los SIG puede aportar aplicada en diferentes dominios, como el del caso concreto que nos ocupa: la vigilancia epidemiológica.

Comenzaremos hablando de los distintos elementos que componen un SIG, y de las operaciones básicas y funcionalidades que todo SIG debe poder realizar.

Después hablaremos de la importancia de la Información Geográfica, la relevancia de saber o no dónde está un determinado objeto o de lo que podemos encontrar en un lugar determinado, también daremos a conocer los tipos de datos principales con los que trabaja un SIG: el modelo vectorial y el modelo raster, y realizaremos una comparativa para conocer sus ventajas e inconvenientes.

Por último hablaremos de las ventajas de la visualización y representación de la información espacial a través de capas.

5.1. Definición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Existen múltiples definiciones de lo que es un Sistema de Información Geográfica (SIG) y cada una de ellas se centra en una u otra de sus características en función del contexto o de la subjetividad del autor.

A continuación expondremos algunas de ellas como por ejemplo la que fue desarrollada por un consenso de treinta especialistas en SIG en el año 1989 que dice lo siguiente:

Un sistema de información geográfica es "un sistema de hardware, software, datos, personas, organizaciones y convenios institucionales para la recopilación, almacenamiento, análisis y distribución de información de territorios de la Tierra"(Deuker; Kjerne, 1989).

Esta otra definición se basa en los grupos de personas que los utilizan (Longley y otros, 2001):

- Un contenedor de mapas digitales (el público general)
- Un conjunto de herramientas para la resolución de problemas geográficos (gestores, planificadores)
- Un sistema de ayuda a la toma de decisiones espaciales (gestores científicos e investigadores)
- Un inventario mecanizado de capas geográficamente distribuidas y servicios (gestores de recursos, responsables de logística)
- Una herramienta para la demostración de lo que es invisible en la información geográfica (científicos e investigadores)
- Una herramienta para llevar a cabo operaciones con datos espaciales que son demasiado pesadas, costosas o imprecisas manualmente (gestores de recursos, planificadores, cartógrafos)

No obstante todas las definiciones coinciden en que los SIG son una potente herramienta y una tecnología en continuo desarrollo para todos aquellos sectores o disciplinas que requieren la gestión de información espacial de una manera rápida y eficaz.

También son comunes a todas las definiciones los tipos de datos espaciales. Estos son únicos porque se pueden relacionar con un mapa geográfico. Espacial significa relacionado con el espacio que nos rodea, en el que vivimos y funcionamos (Clarke, 1997).

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

Resumiendo, podemos concluir en definitiva que un Sistema de Información Geográfica, es un sistema compuesto por distintos elementos:

- Datos
- Software y Hardware
- Personas
- Métodos o procedimientos

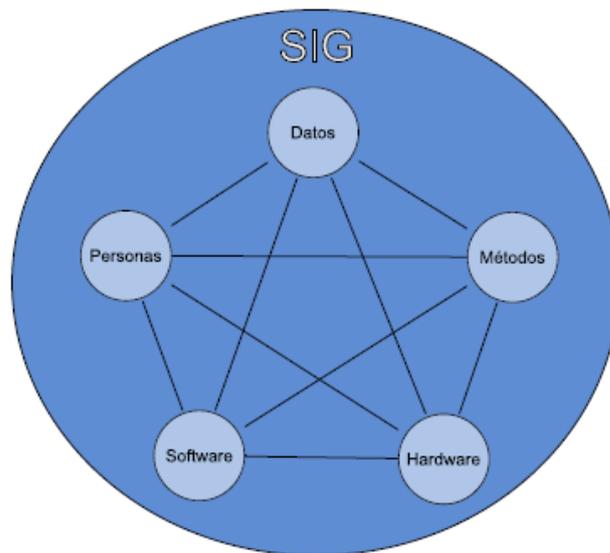


Figura 1. Elementos que componen un SIG¹

Es necesario destacar que un SIG no puede funcionar sin la interacción de estos elementos entre sí, a continuación realizamos una descripción breve de todos ellos.

Datos

Es quizás el elemento más relevante, los datos constituyen la fuente de la información geográfica y es el elemento principal para lograr una correcta información. Es decir, una vez conocido el objeto del modelo del mundo real, se identifican las propiedades que lo forman, por ejemplo, sus atributos que se refieren a los elementos descriptivos y el tipo de geometría como el elemento espacial.

¹ http://volaya.github.io/libro-sig/img/Elementos_SIG.png

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

En las consultas espaciales es importante conocer el tipo de geometría entre los objetos del mundo real que se relacionan topológicamente, ya que nos permite conocer la ubicación relativa respecto a otros objetos.

Software

Junto con el hardware proporciona las herramientas y funciones necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica, para ello se necesitan de elementos principales de software los cuales son:

- Herramientas para la entrada y la manipulación de información geográfica.
- Un sistema de administración de datos (DBMS, database management system, sistema de gestión de bases de datos).
- Herramientas que soporten consultas, análisis y visualización de elementos geográficos.
- Una interfaz gráfica de usuario que facilite el acceso a las herramientas mencionadas anteriormente.

Actualmente, la mayoría de proveedores de software SIG distribuyen productos fáciles de usar y pueden reconocer información geográfica estructurada en varios formatos.

Hardware

Actualmente el software de estos sistemas se ha adaptado a diversos tipos de hardware desde arquitecturas clientes-servidor hasta equipos de escritorio aislados. Para las consultas espaciales el hardware es útil para efectuar el procesamiento de las operaciones que con base a algoritmos solucionan las relaciones entre geometrías.

Personas

Son las personas que se encargan de administrar el sistema así como de desarrollar un proyecto basado en el mundo real, entre los que se involucran analistas, desarrolladores, administradores, programadores, y usuarios.

Métodos

Los métodos son procedimientos independientes o normas para llevar a cabo diferentes tareas relacionadas con el diseño, creación y funcionamiento de un SIG. Hay métodos específicos para el análisis espacial, la manipulación de datos, el diseño de una base de datos, el estudio de las necesidades de los usuarios, la interpretación de mapas, etc.

A través de la interacción de estos elementos, básicamente un SIG ha de permitir la realización de las siguientes operaciones:

- Entrada de información, los datos espaciales y sus características temáticas asociadas provienen de diversas fuentes y poseen distintos formatos por lo que la información debe ser homogeneizada y corregida para poder ser introducida en el sistema.
- Lectura, edición, almacenamiento y, en términos generales, gestión de datos espaciales.
- Análisis de dichos datos. Esto puede incluir desde consultas sencillas a la elaboración de complejos modelos, y puede llevarse a cabo tanto sobre la componente espacial de los datos (la localización de cada valor o elemento) o la componente temática (el valor o el elemento en sí).
- Generación de resultados tales como mapas, informes, gráficos, etc

En el siguiente apartado hablaremos de la gran importancia que tiene la información geográfica.

5.2 La importancia de la Información Geográfica (IG)

Diversos estudios² declaran que entre el 70 - 80% de la información que compone nuestra vida diaria son datos espaciales que tienen relación con localizaciones geográficas o coordenadas espaciales, es decir, que se trata de información georeferenciada (a la cual puede asignarse una posición geográfica) y que viene acompañada de otra información adicional relativa a su localización.

Es cierto que, casi todo lo que ocurre en el mundo pasa en alguna parte y el conocimiento de dónde sucede es sumamente importante tanto para la toma de decisiones comunes, sencillas y fáciles como para la toma de decisiones únicas, complejas y difíciles.

En resumen, la información geográfica (IG) es información sobre un elemento en la superficie de la Tierra, es el conocimiento sobre dónde está algo o qué podemos encontrar en un determinado lugar. Contar con una perspectiva espacial facilita los procesos de análisis para la toma de decisiones al suministrar información real sobre la localización de los recursos a la vez que permite filtrar, alterar y crear nueva información.

Respecto a la información geográfica podemos decir que:

- Es multidimensional: mediante dos coordenadas geográficas se puede definir cualquier posición en la superficie de la Tierra (x, y o latitud, longitud).
- Depende de la resolución geográfica, puede ser muy detallada o muy genérica.

² <http://www.gislounge.com/80-percent-data-is-geographic/>

- Puede ser muy voluminosa.
- Se puede representar en diferentes formatos digitales, que pueden influir en los análisis y los resultados.
- Debe ser proyectada, a menudo, en una superficie plana.
- Requiere métodos especiales y un tiempo de dedicación en el análisis que no se debe despreciar.

Podemos concluir que todos los datos geográficos tienen en común una localización sobre la Tierra, que puede ser capturada y almacenada y, unos atributos y propiedades que caracterizan estos datos.

Los datos son la representación concreta de hechos y constituyen el antecedente necesario para el conocimiento de un fenómeno. La información almacenada en una base de datos se obtiene para una finalidad determinada y es fruto de un proceso interpretativo del usuario (Comas y Ruiz, 1993).

En el siguiente apartado hablaremos de los modelos de representación de información geográfica más comunes que utilizan los SIG: el modelo vectorial y el modelo raster, y realizaremos una comparativa de las ventajas e inconvenientes que presenta cada uno de ellos.

5.3 Modelos de representación de la Información Geográfica

Tal y como hemos visto en el apartado anterior, los SIG deben ser capaces de tratar información de origen muy diverso. Los datos espaciales y sus características temáticas asociadas provienen por lo general de diversas fuentes y en distintos formatos y se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Información vectorial obtenida por digitalización de mapas, por fotointerpretación o bien por datos obtenidos en trabajo de campo con dispositivos de posicionamiento global o GPS (global position system, 'sistema de posicionamiento global ').
- Información raster proveniente de imágenes de satélite, fotografías aéreas o ortofotomapas.

La localización de los objetos en el espacio se realiza mediante un sistema de coordenadas y varía según el tipo de datos presentados (es decir del modelo de datos) que se pueden clasificar en dos grupos principales: el modelo de representación raster y el modelo de representación vectorial.

5.3.1 El modelo vectorial

El modelo vectorial representa los datos geográficos en forma de coordenadas, que destaca por mantener las características geométricas de las diferentes figuras. En este modelo, el interés de las representaciones se centra en la precisión de localización de los elementos geográficos sobre el espacio y en que los fenómenos a representar son discretos, esto es, con límites bien definidos. Un ejemplo de este modelo serían los árboles, las carreteras y los edificios que forman una ciudad.

La modelización se realiza mediante una serie de figuras geométricas que contienen los elementos más destacados. Estas figuras son de tres tipos: puntos, líneas y polígonos, aunque todas ellas pueden reducirse, en última instancia, a puntos. Y cada una de las geometrías se encuentra vinculada a una fila en una base de datos que describe sus atributos.

En la Figura 2. Primitivas geométricas en el modelo de representación vectorial y ejemplos particulares de cada una de ellas con atributos asociados, podemos observar un ejemplo de puntos, líneas y polígonos en el modelo de representación vectorial:

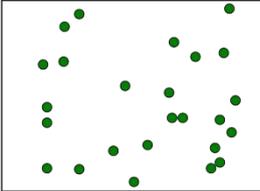
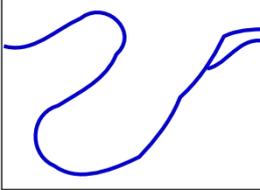
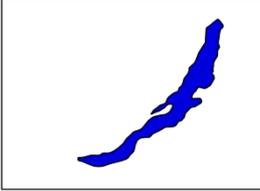
<i>Primitiva</i>	<i>Entidad espacial</i>	<i>Representación</i>	<i>Atributos</i>																								
Puntos			<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>Altura</th> <th>Diámetro Normal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>17.5</td><td>35</td></tr> <tr><td>2</td><td>22</td><td>45.6</td></tr> <tr><td>3</td><td>15</td><td>27.2</td></tr> <tr><td>4</td><td>19.7</td><td>36.1</td></tr> <tr><td>.</td><td>.</td><td>.</td></tr> <tr><td>.</td><td>.</td><td>.</td></tr> <tr><td>.</td><td>.</td><td>.</td></tr> </tbody> </table>	ID	Altura	Diámetro Normal	1	17.5	35	2	22	45.6	3	15	27.2	4	19.7	36.1
ID	Altura	Diámetro Normal																									
1	17.5	35																									
2	22	45.6																									
3	15	27.2																									
4	19.7	36.1																									
.	.	.																									
.	.	.																									
.	.	.																									
Líneas			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ancho máx(m)</th> <th>Calado máx(m)</th> <th>Longitud(km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15</td><td>4.3</td><td>35</td></tr> <tr><td>6.3</td><td>3.9</td><td>5.2</td></tr> </tbody> </table>	Ancho máx(m)	Calado máx(m)	Longitud(km)	15	4.3	35	6.3	3.9	5.2															
Ancho máx(m)	Calado máx(m)	Longitud(km)																									
15	4.3	35																									
6.3	3.9	5.2																									
Polígonos			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Superficie(km)²</th> <th>Profundidad máx(m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>31494</td><td>1637</td></tr> </tbody> </table>	Superficie(km) ²	Profundidad máx(m)	31494	1637																				
Superficie(km) ²	Profundidad máx(m)																										
31494	1637																										

Figura 2. Primitivas geométricas en el modelo de representación vectorial y ejemplos particulares de cada una de ellas con atributos asociados³

³ http://volaya.github.io/libro-sig/img/Primitivas_vectoriales.png

5.3.2 El modelo raster

Al contrario que en el modelo vectorial donde prima la posición exacta de los elementos, en el modelo raster esta característica no es tan importante, en este modelo se divide la zona de trabajo de forma sistemática en una serie de unidades mínimas, llamadas celdas, en las que, en cada una de ellas, se recoge la información pertinente que la describe.

La división del espacio en unidades mínimas se ejecuta de forma sistemática siguiendo algún patrón, de forma que existe alguna relación implícita entre las celdas, ya que son contiguas, cubren todo el espacio y no se solapan. Así, la posición de una celda depende de las restantes y su valor se denomina valor de celda, que se utiliza para representar alguna característica de dicha ubicación, por ejemplo la temperatura, la elevación o un valor espectral... De su tamaño depende la resolución: cuanto mayor sea la celda, menor resolución tendremos, y viceversa.

El formato raster es especialmente adecuado para el análisis de la información geográfica, especialmente cuando ésta es de tipo continuo.

La Figura 3. Raster-Vector Data Model que viene a continuación muestra un ejemplo de la representación de un fragmento del mundo real a través del modelo vectorial y del modelo raster.

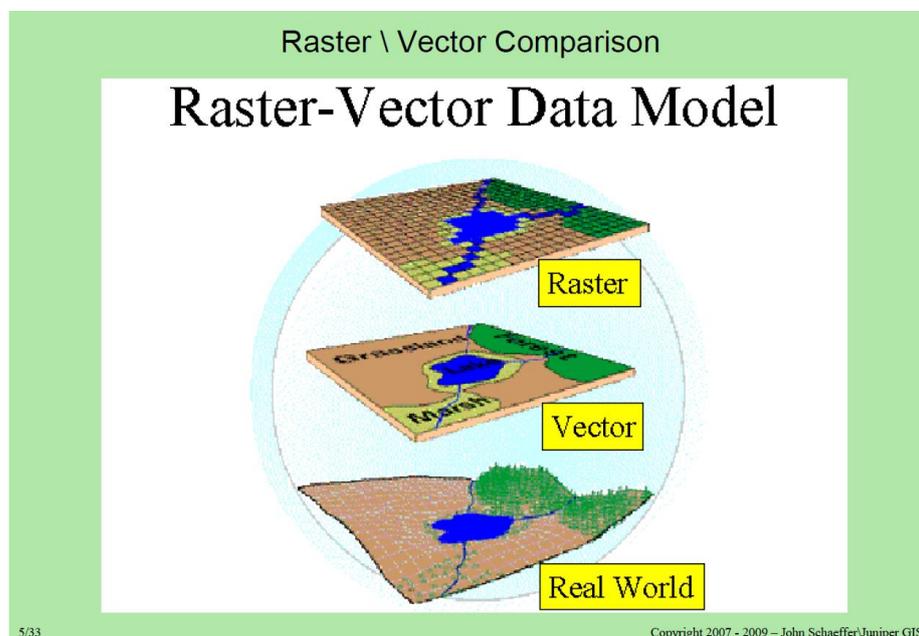


Figura 3. Raster-Vector Data Model⁴

⁴ <http://i.stack.imgur.com/r2wim.png>

5.3.3 Comparativa entre el modelo raster y el modelo vectorial

Como ya se ha podido intuir a estas alturas, cada uno de los modelos presenta sus ventajas e inconvenientes en función del tipo de datos con los que se desee trabajar, estas diferencias se resumen a continuación en la Tabla 4. Comparativa entre el modelo raster y vectorial.

	Modelo Raster	Modelo Vectorial
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">• Adecuado para representar elementos geográficos poco definidos• Estructura de datos simple• Facilidad de análisis espacial. Superposición de capas sencilla	<ul style="list-style-type: none">• Adecuado para representar elementos geográficos bien definidos• Menor ocupación de disco• Topología, ofreciendo una gran capacidad de análisis
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none">• Dificultad para definir topologías complejas• Grandes volúmenes de datos• Las salidas son, por lo general, menos elegantes	<ul style="list-style-type: none">• Estructura de datos compleja• Superposición de capas compleja• Poco eficiente representando en un mismo mapa gran variedad de atributos

Tabla 4. Comparativa entre el modelo raster y vectorial

La elección de un modelo u otro dependerá de si las propiedades topológicas son importantes para el análisis. Si así fuera, el modelo de datos vectorial supondría la mejor opción, pero su estructura de datos, aunque muy precisa, es mucho más compleja y puede ralentizar el proceso. Por ello, si el análisis que nos interesa no requiere acudir a las propiedades topológicas, es mucho más rápido, sencillo y eficaz el uso del formato raster.

Recordamos que el objetivo de la herramienta es calcular el área de influencia en un punto dentro de una red, por lo que el modelo escogido para el desarrollo de la aplicación es el modelo vectorial, más adelante definiremos el concepto de área de influencia y como trataremos los datos para poder realizar dicho cálculo.

5.4 Visualización y representación de la información en un SIG

Como ya hemos comentado en el apartado anterior, los datos geográficos son la parte del SIG a través de la cual representamos la realidad, y también hemos visto que los SIG como herramientas facilitan el almacenamiento, gestión, análisis y representación de estos datos.

Una de las características propias de los SIG como herramientas de visualización a la hora de manejar y analizar la información, es la capacidad de combinarla y mostrarla en forma de capas. Al dividir la información espacial en varios niveles o capas es posible trabajar con información sobre distintas variables simultáneamente compartiendo una misma localización tal y como se aprecia en la Figura 4. Ejemplo de capas SIG.

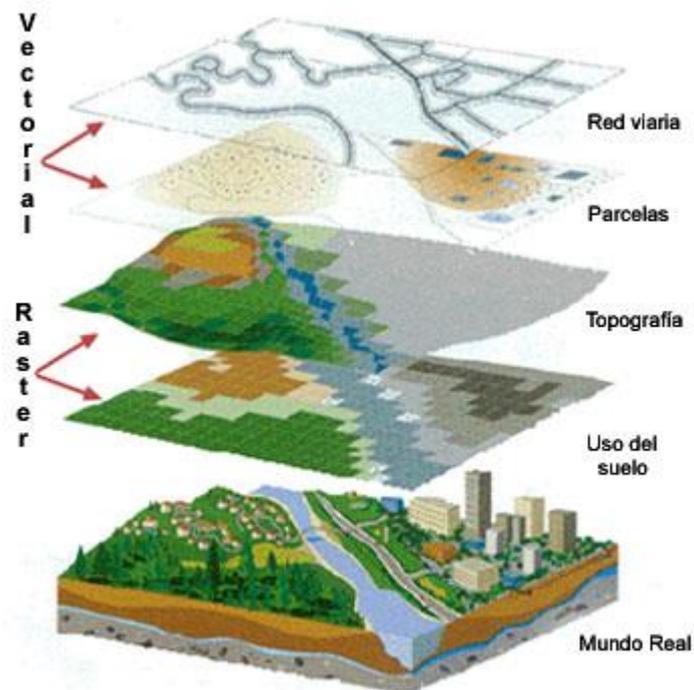


Figura 4. Ejemplo de capas SIG⁵

⁵ http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad2/medios/sig_capas.jpg

Así pues, cada capa temática representa una unidad fundamental de información sobre una zona dada y un tipo de información concreta. De esta forma, se pueden analizar cada una de estas capas temáticas dependiendo de los objetivos de su estudio, lo que dota a los SIG de una gran capacidad de análisis, pudiendo responder a peticiones complejas y, por ello, producir mapas derivados que pueden representar situaciones reales o escenarios simulados de gran utilidad.

5.5 Estándares

El uso de estándares en todos estos procesos posibilita la interoperabilidad entre diferentes sistemas de información, ya que permite que los sistemas se entiendan y puedan compartir información fácilmente.

Las dos organizaciones principales que proporcionan la mayoría de las normas y estándares de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) son el Open Geospatial Consortium (OGC)⁶ por los estándares de facto, esto es, un estándar no oficial que se estandariza por uso, y la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) 4 por los estándares de jure, esto es, los estándares oficiales.

El Open Geospatial Consortium (OGC en adelante) es una organización internacional y voluntaria dedicada a la elaboración de estándares. Algunos de los estándares OGC más relevantes son:

- Web MapService (WMS), para obtener imágenes de mapas.
- Web CoverageService (WCS), para obtener y consultar coberturas.
- Web FeatureService (WFS), para obtener y editar entidades geográficas y sus atributos asociados.
- Web ProcessingService (WPS), para servicios de procesos remotos.
- GeographyMarkupLanguage (GML), para almacenamiento de información geográfica.
- Web CatalogService (CSW), para consultas de catálogos.

En este ámbito, nos son de particular interés algunos como, por ejemplo, la Web Feature Service (WFS), el Web Map Service (WMS) y el Web Processing Service (WPS).

El servicio Web FeatureService (WFS) está relacionado con los datos de tipo vectorial, y, a través suyo, se sirven directamente las entidades de un dato vectorial con sus geometrías y datos alfanuméricos asociadas. En particular, las operaciones que permite un servicio WFS son algunas como, por ejemplo, crear una nueva entidad, borrar una entidad, actualizar una entidad o consultar el conjunto de entidades en base a condiciones, tanto espaciales como no espaciales.

⁶ <http://www.opengeospatial.org/>

El servicio Web Map Service (WMS), por su parte, define los elementos necesarios para un servicio de mapas. Devuelve una imagen con información geográfica, pero que contiene sólo la propia información visual para que el cliente pueda mostrarla.

El estándar Web Processing Service (WPS) está enfocado a definir el marco en el que se ha de producir el servicio de procesos remotos. WPS define una interfaz estándar que facilita la publicación de procesos y su uso posterior por parte de clientes. Entendiendo por proceso en este contexto a todo aquel algoritmo, cálculo o modelo que opere sobre datos georreferenciados. Los procesos que pueden definirse son sumamente flexibles, pudiendo tener un número cualquiera de entradas y salidas, y operar con distintos tipos de datos. Es decir, que ofrece un marco para definir cualquier tipo de proceso de análisis geográfico, tanto si este utiliza datos raster como si utiliza datos vectoriales. [Olaya, 2011 pg733-734]

6. Estudio del contexto inicial del proyecto

Una vez tratados los conceptos básicos relacionados con los Sistemas de Información Geográfica, pasamos a describir el contexto inicial en el que nos encontramos a la hora de iniciar este proyecto.

Este proyecto es una evolución de otros proyectos desarrollados en semestres anteriores por otros estudiantes y, por tanto el entorno de desarrollo ya viene definido previamente.

En el trabajo previo al desarrollo de este proyecto (Herrero, 2014), se elaboró una aplicación web para la gestión de información geográfica relativa a la ocurrencia de enfermedades para la Agència de Salut Pública de Barcelona (ASPB), siendo objetos de estudio dos enfermedades: la legionela y la tuberculosis.

La estructura escogida para la gestión de datos georeferenciados, generación y representación de mapas responde al modelo PostgreSQL + PostGIS, Geoserver y OpenLayers, también implementa servicios web desarrollados con el lenguaje PHP.

6.1 Antecedentes

Inicialmente, el primer trabajo que constituyó la estructura básica de la aplicación base, fue el desarrollado por (Viladoms, 2012), centrado en el tratamiento de la enfermedad legionela.

Posteriormente, (Herrero, 2014) desarrolló una evolución sobre esa aplicación, implementando algunas mejoras y posibilitando también el tratamiento de la tuberculosis, estudiaremos de manera general su funcionamiento como veremos más adelante.

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

Durante la preparación del entorno de trabajo se han encontrado múltiples dificultades y se ha echado en falta un pequeño manual de instalación y configuración que pudiera guiarnos durante el proceso, además de no disponer de todos los elementos necesarios para su correcta visualización, ya que una de las funcionalidades permitía filtrar y mostrar las capas basadas en estilos que tampoco ha podido ser probada. Es necesario indicar que no ha sido posible demostrar el correcto funcionamiento de la aplicación en su totalidad a pesar de haber solicitado soporte al consultor Jesús Manuel Diego de Alarcón, aunque sí se ha podido interpretar de manera general el funcionamiento y la estructura que nos han permitido establecer las bases de desarrollo para integrar la nueva funcionalidad.

A continuación realizaremos una breve descripción de la aplicación con ayuda del manual proporcionado junto con el código fuente.

La interfaz gráfica se compone de tres elementos que interactúan sobre la representación del mapa principal: un panel de control, un panel desplegable para la representación de capas y un panel de carga de datos de las respectivas enfermedades, la Figura 5. Casos de legionela, es una captura de la aplicación mostrando la capa de casos de legionela sobre el mapa base de Open Streets Map⁷.

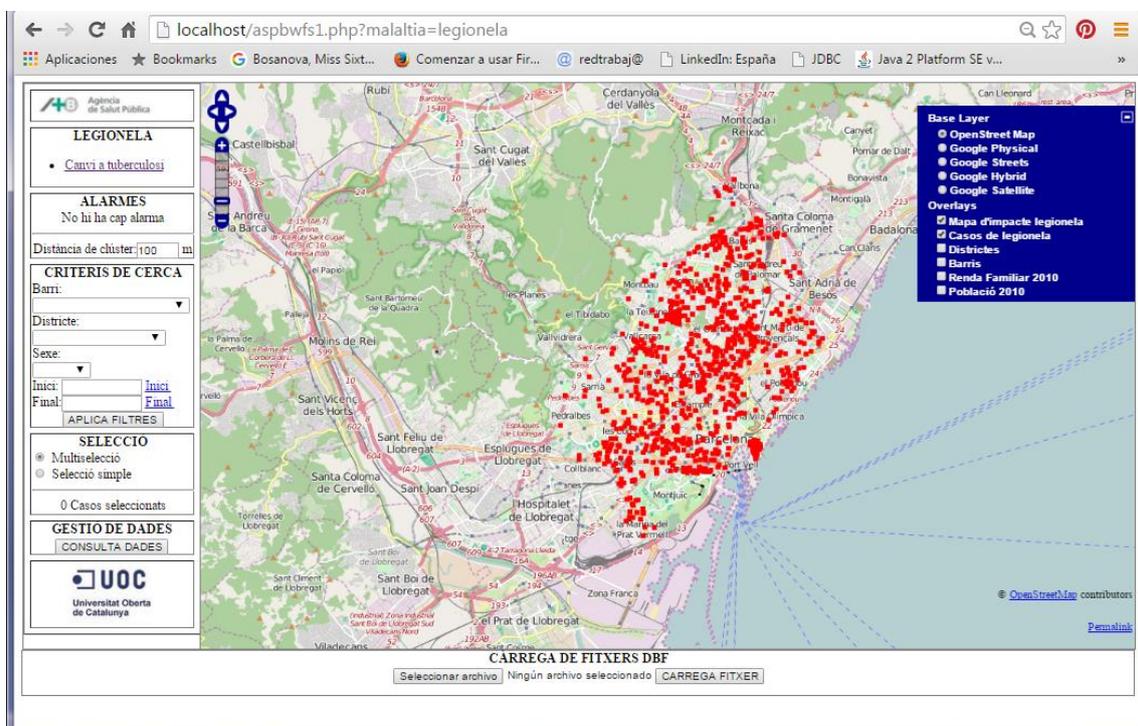


Figura 5. Casos de legionela

⁷<https://www.openstreetmap.org%2F&usg=AFQjCNGHQ0k T71PA0hYchKbiPIyaQHeQ&bvm=bv.110151844,d.ZWU>

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

El panel de control situado a la izquierda del mapa permite realizar distintas operaciones, como intercambiar la enfermedad objeto de análisis: tuberculosis o legionela.

También permite establecer distintos criterios de búsqueda para la selección de casos como por ejemplo el barrio y el distrito al que pertenecen, discriminar por sexo o incluso a través de un marco temporal como la selección de unas determinadas fechas del calendario.

Podemos ver en la Figura 6. Casos de legionela en hombres en el barrio Gótico, una muestra del resultado al aplicar los filtros siguientes sobre la enfermedad legionela (Barri: Barri Gòtic, Sexe: Home) junto con la visualización simultánea de las capas de barrios y distritos.

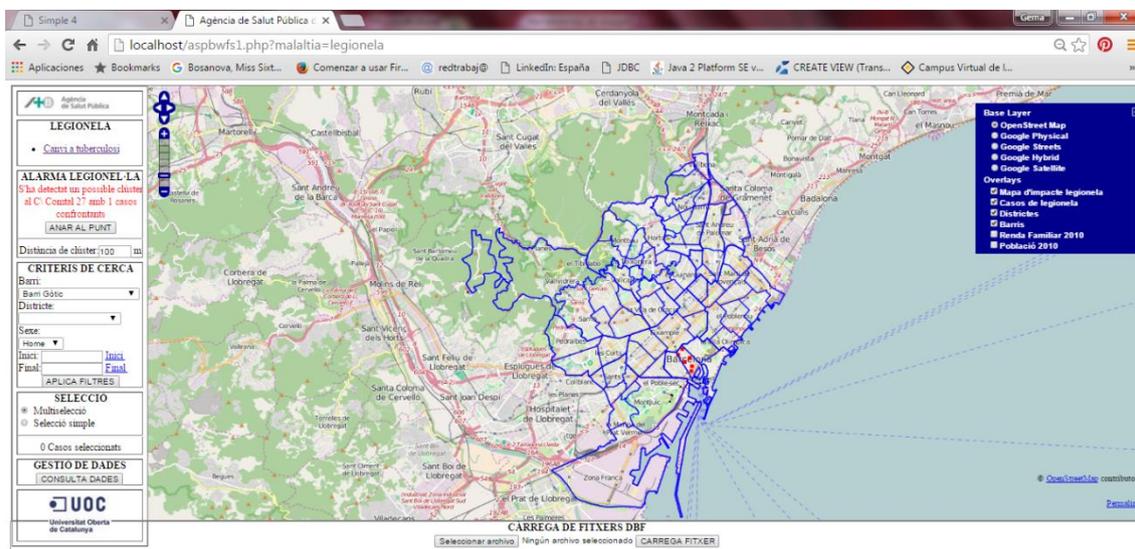


Figura 6. Casos de legionela en hombres en el barrio Gótico

Existe un botón al final del panel de control que nos permite visualizar los datos en forma de tabla que recogen toda la información referente a cada una de las enfermedades que existe en la base de datos, también incluye varios botones para añadir o eliminar datos de la tabla, podemos visualizar un ejemplo a continuación en la Figura 7. Tabla de información, que muestra un extracto del contenido de una tabla de datos. Podemos observar que permite la opción para añadir o eliminar datos de la base de datos.

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salut Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

MOSTRA MAPA

CONSULTA DADES

Num registre	Edat	Sexe	Carrer	Numero	Districte	Barri	Codi postal	Inici simp	Data notif	Cesporad	Comsanamb	Clascat	Cresid	Tipcat	Coord X	Coord Y		Google link	
460002	43	1	de la Diputacio	130	2	9	8019	20000603	20000620	0	0	0	0	0	2.1665778	41.3824369	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460003	81	1	d'Albareda	12	3	11	8019	20000510	20000627	0	0	0	0	0	2.1740085	41.3737818	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460004	71	1	de Girona	160	2	7	8019	20000601	20000620	0	0	0	0	0	2.1655288	41.3692895	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460005	56	1	d'Aragó	142	2	8	8019	20000520	20000605	0	0	0	0	0	2.1559434	41.3854279	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460006	0	1	d'en Fontrodona	10	3	11	8019		20000627	0	0	0	0	0	2.1674	41.3740808	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460007	34	2	de Viladomat	124	2	9	8019	20000512	20000623	0	0	0	0	0	2.1558187	41.3809446	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460008	69	1	dels Comtes de Bell-lloc	146	4	19	8019	20000724	20000904	0	0	0	0	0	2.1362162	41.3823121	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460010	41	1	del Rosselló	29	2	9	8019	20000905	20000915	0	0	0	0	0	2.1440734	41.3834209	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460011	78	1	de Gaudí Av	89	2	6	8019	20001018	20001023	0	0	0	0	0	2.1742567	41.411015	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460012	32	2	d'Icònia Av	162	10	67	8019	20001002	20001017	0	0	0	0	0	2.1973562	41.391238	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460013	50	1	d'Aragó	408	2	7	8019	20001016	20001016	0	0	0	0	0	2.1743388	41.3992239	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460014	26	1	de Rosal de Castro	48	7	33	8019	20000224	20001026	0	0	0	0	0	2.1728572	41.4118287	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460015	0	1	de Vila	5	9	62	8019		20001031	0	0	0	0	0	2.1804716	41.4274148	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460017	56	1	de les Palmeres Ptge	26	8	44	8019	20001022	20001102	0	0	0	0	0	2.1678867	41.4293407	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460018	58	2	de les Arores	8	9	61	8019		20001106	0	0	0	0	0	2.1894358	41.4251019	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460019	66	1	de Paredes	20	1	3	8019	20001103	20001113	0	0	0	0	0	2.1880701	41.3807508	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460020	0	1	de Vilatorrada	59	1	3	8019		20001113	0	0	0	0	0	2.1908043	41.3778551	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460021	0	2	d'Alcanar	21	1	3	8019	20001103	20001113	0	0	0	0	0	2.1909362	41.3794497	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460022	0	2	de Meer	37	1	3	8019	20001108	20001113	0	0	0	0	0	2.190286	41.3778042	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460023	0	2	de Lloret de Mar	68	7	43	8019	20000909	20001110	0	0	0	0	0	2.1573101	41.435637	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460024	0	1	de les Moles	9	1	2	8019	20000909	20001102	0	0	0	0	0	2.1732098	41.3988871	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460025	0	1	de Prim Rbla	37	10	70	8019	20001006	20001102	0	0	0	0	0	2.2164034	41.4131547	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460026	0	1	del Doctor Giménez Parag	38	1	3	8019	20001101	20001113	0	0	0	0	0	2.1905969	41.3805872	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460027	0	1	de Sant Miquel	51	1	3	8019	20001109	20001114	0	0	0	0	0	2.1886858	41.3792074	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460028	0	2	de la Maquimista	56	1	3	8019	20001110	20001117	0	0	0	0	0	2.1902897	41.3810551	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460029	0	2	de la Maquimista	27	1	3	8019	20001107	20001117	0	0	0	0	0	2.1903675	41.3811571	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460030	0	1	de l'Ateneu	79	1	3	8019	20001102	20001117	0	0	0	0	0	2.1903119	41.3788492	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
460031	0	1	de la Proclamació	21	1	3	8019	20001110	20001117	0	0	0	0	0	2.1914607	41.3795916	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA
							8019	20001103	20001117	0	0	0	0	0	2.1882153	41.381749	MODIFICA	ESBORRA	VALIDA

Esperando a localhost...

Figura 7. Tabla de información

El panel desplegable para la representación de capas situado en la parte superior derecha, permite intercambiar el mapa base de la aplicación, por un lado permite elegir entre el mapa de calles de Barcelona de OpenLayers o el de GoogleMaps⁸, y por otro permite intercambiar entre las distintas capas raster de GoogleMaps: Físico, híbrido y Satélite, provenientes de imágenes de satélite y fotografías aéreas. En la Figura 8. Hospital de Sant Llätzer, se puede ver una ampliación de la capa de *Google Satellite* sobre una zona concreta de Barcelona proveniente de una imagen de satélite y apreciar la calidad de la misma.

⁸ https://es.wikipedia.org/wiki/Google_Maps

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salut Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano



Figura 8. Hospital de Sant Llàtzer

7. Análisis de la nueva funcionalidad

Llegados a este punto y tras familiarizarnos con el funcionamiento de la aplicación Web de la ASPB, ya podemos comenzar a desarrollar la nueva funcionalidad, que se define a partir de los requisitos recogidos en el enunciado (que recordamos de nuevo), en el que se solicita una herramienta de análisis que establezca el área de influencia de un punto (foco) dentro de una red, de modo que permita realizar el análisis de los datos en el espacio y en el tiempo.

Para el desarrollo de la nueva funcionalidad se ha considerado el uso de las siguientes herramientas:

- Pgrouting⁹: Extensión de PostGIS que le dota de funcionalidades para el cálculo de rutas.
- Extensión WPS (Web Processing Service) de GeoServer que implementa el estándar WPS sobre GeoServer. Este estándar define procedimientos normalizados que permiten invocar servicios de geoprocésamiento definidos en el servidor.

⁹ <http://pgrouting.org/>

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

En cuanto a los datos de la lista de calles, el enunciado permitía evaluar dos posibles alternativas:

- Callejero del proyecto Cartocuidad de la ciudad de Barcelona.
- Callejero de OpenStreet Map de la ciudad de Barcelona.

Tras analizar las herramientas recomendadas, finalmente hemos optado por desarrollar un servicio Web PHP que podrá ser invocado desde la aplicación Web de la ASPB tomando como parámetros de entrada un punto sobre la red (punto focal) y una distancia n ; y que volverá como resultado la definición del área de servicio (formada por el conjunto de todos los puntos ubicados dentro de la red a una distancia n del punto focal).

También se ha escogido como origen de datos la guía de calles ofrecida por el proyecto Cartocuidad, del cual hablaremos más adelante en el apartado *10.1 Obtención y tratamiento de los datos*.

La aplicación deberá contener un campo a través del cual el usuario pueda introducir la distancia, además deberá controlar con un click de ratón sobre el mapa las coordenadas x e y del punto marcado, y un botón que permita enviar los datos al servicio Web PHP.

Opcionalmente añadiremos algunas funcionalidades de las que se han empleado ya en la aplicación Web de la ASPB, como la consulta de las tablas de datos utilizados para el desarrollo de nuestra aplicación o la visualización de las capas que forman el grafo.

Una vez se hayan introducido los datos necesarios para el cálculo del área de servicio, es decir, las coordenadas del punto (*latitud, longitud*) y la distancia deseada, se invocará de manera asíncrona el servicio Web PHP que se encargará de realizar la consulta a la base de datos y retornar el conjunto de puntos resultantes, de esta manera no tendremos la necesidad de recargar la aplicación nuevamente tal y como ocurría en la aplicación Web de la ASPB.

Por último definiremos una función javascript que se ejecutará cuando la respuesta del servicio Web PHP sea correcta, esta función recogerá la geometría resultante de la llamada al servicio Web PHP y la publicará en una capa específica que se mostrará sobre el mapa base.

8. Propuesta de arquitectura y tecnología utilizada

Una vez definido el modelo de datos y el estudio de requisitos que enmarcan la nueva funcionalidad a desarrollar, en este apartado se enumera la tecnología utilizada en el proyecto y se describe la arquitectura WEB propuesta.

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

Al basarse en un proyecto desarrollado previamente, se ha optado por respetar la tecnología que ha escogido el autor para la implementación, con el objetivo también de que la integración de las nuevas funcionalidades fuera más fácil, a pesar de las dificultades que se han encontrado durante el proceso.

La arquitectura del software utilizado se puede ver en la Figura 9. Arquitectura WEB, incluye sistemas gestores de bases de datos, servidores de mapas, librerías de Javascript, lenguajes de programación y servidores web, el hecho de tratarse de software enteramente libre permite economizar los gastos en licencias que requieren algunas otras herramientas existentes en el mercado actualmente.

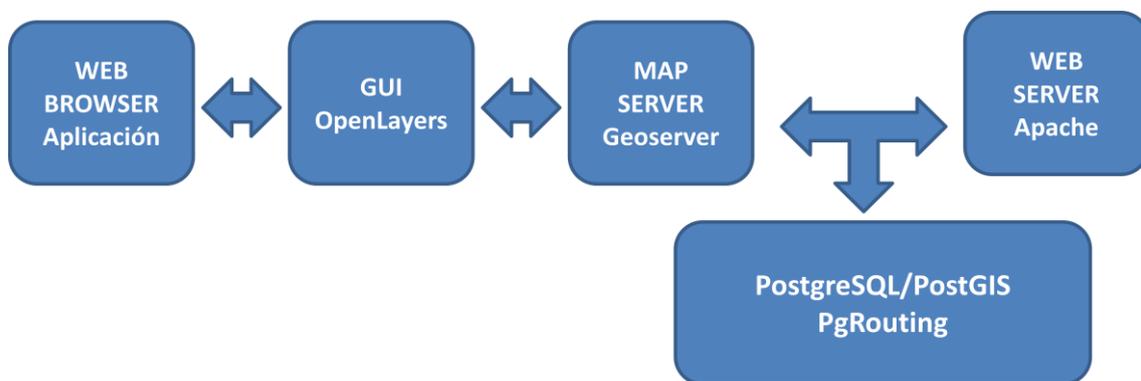


Figura 9. Arquitectura WEB

Geoserver

GeoServer es un Servidor Web que permite servir mapas y datos de diferentes formatos para aplicaciones Web, con una interfaz de usuario muy amigable de modo que los usuarios pueden compartir y editar datos geospaciales de una manera sencilla.

Posee una implementación compatible con OGC de una serie de estándares abiertos como Web Feature Service (WFS), Web Map Service (WMS) y Web Coverage Service (WCS).

También existen otros formatos y opciones de publicación disponibles incluyendo Web Map Service Azulejos (WMTS) y extensiones para Servicio de Catálogo (CSW) y el Servicio de Procesamiento Web (WPS).

PostgreSQL

PostgreSQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional orientado a objetos de código abierto y con licencia GNU.

PostGIS

PostGIS es un módulo de código abierto para el almacenamiento de geometrías sobre una base de datos relacional. Añade el soporte para la explotación de datos geográficos sobre el Sistema gestor de bases de datos relacional PostgreSQL.

PostGIS sigue las especificaciones de OGC y ha sido certificado para cumplir con el estándar *simple feature type* o tipo de entidad simple.

Además permite realizar la importación y exportación de datos de una manera sencilla lo que la hace una extensión indispensable para trabajar sobre los datos del proyecto base.

pgRouting

pgRouting es una extensión de las bases de datos geoespaciales PostGIS /PostgreSQL para proveer ruteo geoespacial y funcionalidad de análisis de redes.

OpenLayers

OpenLayers es una librería de Javascript de software libre que permite mostrar mapas obtenidos de múltiples tipos de servidores de mapas a través de navegadores web. Openlayers dispone de una Application Programming Interface (API) que permite acceder a varias Fuentes de información cartográfica usando los estándares WMS y WFS, como se puede ver en la figura 8, también es capaz comunicarse con otros protocolos.

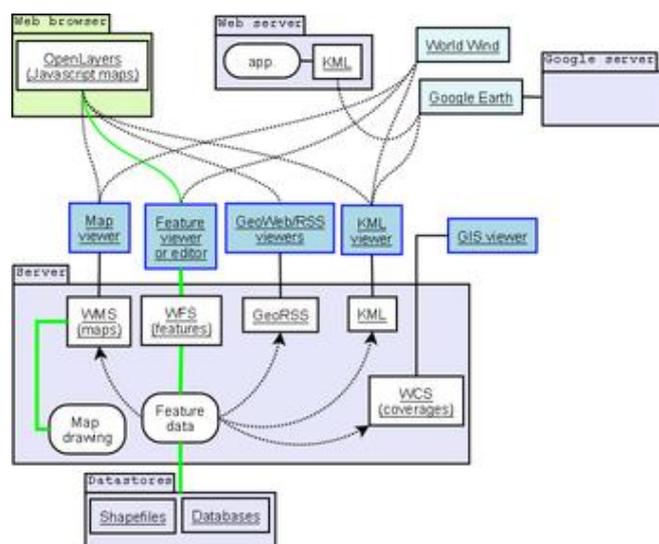


Figura 10. Procesos de comunicación de OpenLayers¹⁰

10

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/25/Geoservices_server_with_apps.png/347px-Geoservices_server_with_apps.png

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

PHP

PHP es un lenguaje de programación de uso general de código del lado del servidor originalmente diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico. El código es interpretado por un servidor web con un módulo de procesador de PHP que genera la página Web resultante antes de transmitirla al navegador. De este modo se pueden programar aplicaciones asociadas al servidor web, aumentar la funcionalidad del servidor mencionado y convertirlo en un sistema de desarrollo de aplicaciones cliente/servidor mucho más completo. Además, facilita mucho el acceso a diferentes bases de datos.

Apache

El servidor HTTP Apache es un servidor web HTTP de código abierto para múltiples plataformas.

QGIS

Hemos utilizado QGIS como herramienta complementaria para el desarrollo del proyecto, también conocido como Quantum GIS, es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de escritorio de código libre para distintas plataformas.

Permite manejar formatos raster y vectoriales a través de las bibliotecas GDAL y OGR, así como bases de datos. Algunas de sus características son:

- Soporte para la extensión espacial de PostgreSQL, PostGIS.
- Manejo de archivos vectoriales Shapefile, ArcInfo coverages, Mapinfo, GRASS GIS, etc.
- Soporte para un importante número de tipos de archivos raster (GRASS GIS, GeoTIFF, TIFF, JPG, etc.)

9. Desarrollo de la aplicación

Para poder realizar el cálculo del área de servicio o influencia en primer lugar debemos entender lo que significa en el contexto del proyecto. En el plano Euclidiano, el área de influencia (también llamada buffer) generada a partir de un punto se define como el polígono que delimita todos los puntos del plano que se encuentran, como máximo, a una distancia n de este punto. El cálculo de esta área se realiza desde ese punto en cualquier dirección en el plano.

En un grafo o red, el cálculo de esta área no es tan directo dado que la distancia n sólo se puede calcular a partir de las diferentes rutas delimitadas dentro de la red, es por este motivo que será necesario construir un grafo partiendo de los datos de la guía de calles de Barcelona.

9.1 Obtención y tratamiento de los datos

En este apartado se describe el origen de los datos geográficos necesarios para la realización del proyecto, desde su descarga, importación a una base de datos espacial PostGIS o alternativamente desde QGIS, y la transformación necesaria para resolver el problema del cálculo del área de influencia.

9.1.1 Selección de la fuente de datos cartográficos

El área geográfica de estudio es la ciudad de Barcelona, en concreto la que está formada por la guía de calles de la ciudad de Barcelona.

En primer lugar se ha realizado la descarga de los datos que ofrece el proyecto Cartociudad¹¹ del callejero de Barcelona disponible en la web de descargas del Instituto Geográfico Nacional¹² tal y como se muestra en la Figura 10. Centro de descargas, muestra el fichero encontrado para realizar la descarga una vez hemos filtrado por la provincia de Barcelona.

¹¹ <http://www.cartociudad.es/portal/>

¹² <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscadorCatalogo.do>

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

The screenshot shows the 'Centro de Descargas' (National Center for Geographical Information) website. At the top, there is a banner with logos for the Spanish Government, the Ministry of Agriculture, and the National Geographic Institute, alongside the text 'Centro de Descargas Centro Nacional de Información Geográfica'. Below the banner, a navigation menu includes 'Presentación', 'Catálogo de productos', 'Búsqueda en visor', 'Búsqueda avanzada', 'Equipamiento Geográfico de Referencia Nacional', and 'Ayuda'. The page title is 'Centro de Descargas / Paso 1'. A search bar shows 'Paso 1- Resultados de su búsqueda' and 'Volver a buscar'. The search results are displayed on 'página 1 de 1' and consist of a table with two rows of data. The first row shows a file named 'CARTOCIUDAD_CALLEJERO_BARCELONA.zip' in 'SHAPE' format, 250,96 MB. The second row shows 'cartociudad_callejero_metadatos_serie.xml' in 'XML(METADATOS)' format, 0,06 MB. Below the table, there are icons for W3C standards (CSS, XHTML 1.0, WAI-AA WCAG 1.0) and a 'Sugerencias y comentarios' button. At the bottom, there are links for 'Accesibilidad', 'Información legal', 'Propiedad intelectual', and 'Protección de datos'.

Nº Archivos: 0

Presentación | Catálogo de productos | Búsqueda en visor | Búsqueda avanzada | Equipamiento Geográfico de Referencia Nacional | Ayuda

Centro de Descargas / Paso 1

Mapa Web | contacto | RSS | Facebook | Twitter | YouTube

Paso 1- Resultados de su búsqueda

Volver a buscar

página 1 de 1

Producto	Archivo	Formato	Tamaño(MB)	Seleccionar
CartoCiudad	CARTOCIUDAD_CALLEJERO_BARCELONA.zip	SHAPE	250,96	Añadir
CartoCiudad	cartociudad_callejero_metadatos_serie.xml	XML(METADATOS)	0,06	Añadir

página 1 de 1

W3C CSS | W3C XHTML 1.0 | W3C WAI-AA WCAG 1.0

Sugerencias y comentarios

[Accesibilidad](#) | [Información legal](#) | [Propiedad intelectual](#) | [Protección de datos](#)

Figura 11. Centro de descargas

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

9.1.2 Análisis de los datos

Una vez descargado el fichero .ZIP observamos que contiene los datos de distintas entidades tal y como se puede apreciar en la Figura 11. Datos de Cartociudad:

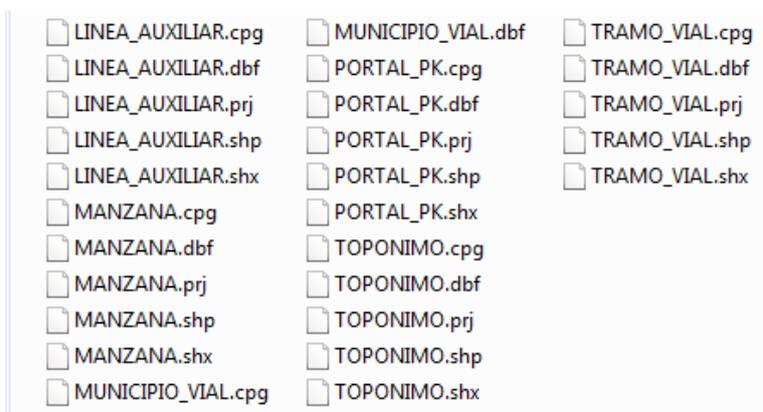


Figura 12. Datos de Cartociudad

A continuación se realiza una breve descripción de los datos incluidos en el fichero descargado de Cartociudad:

- Manzana: Contiene las manzanas urbanas
- Municipio_Vial: Contiene información del municipio al que pertenece un tramo vial
- Portal_PK: Comprende tanto los portales como los puntos kilométricos
- Toponimo: Contiene la capa de topónimos
- Tramo_vial: Contiene los viales tanto urbanos como interurbanos
- Linea_Auxiliar: Líneas de fondo urbano como aceras, escaleras, elementos hidrográficos, líneas de ferrocarril, perímetros de puente y túnel.

Para el desarrollo de la nueva funcionalidad trabajaremos sobre los datos de *tramo_vial*, una vez importados en PostGis, nos ayudaremos de QGIS para analizar y tratar el contenido de la tabla, a continuación se muestra en el extracto de los datos en la Tabla 5. *Tabla tramo_vial*:

gid	id_tramo	id_vial	ine_via	dgc_via	tipo_via	tipo_v_des	tip_via_in	nom_via	nom_altern	nom_al_des	v_fuente
[PK]	serial	numeric	double precision	character varying(10)	integer	smallint	character varying(100)	character varying(25)	character varying(100)	character varying(100)	date
1	1	80070000052.0000000000000000	80070000015	0800700358	72	1	Via urbana	C	PERE GILLI	-997	-997
2	2	80010000017.0000000000000000									
3	3	800100000410.0000000000000000	80010000343	0800100002	2	1	Via urbana	EG	ESGLÉSIA	-997	-997
4	4	80150000566.0000000000000000	80150000517	0801500972	25003	1	Via urbana	CARRE	CANTABRIA	-997	-997
5	5	80060000110.0000000000000000	80060000098	0800600702	175	1	Via urbana	EL	SA BORDA	-997	-997
6	6	80190006379.0000000000000000	80190003045	0801902273	2471	1	Via urbana	C	MARTI	-997	-997
7	7	80190000907.0000000000000000	80190003688	0801900142	3621	1	Via urbana	C	ROSELLA	-997	-997
8	8	80670000307.0000000000000000	80670000262	0806700044	120	1	Via urbana	C	MANLLEU	-997	-997
9	9	80680000418.0000000000000000	80680000410	-998	-998	1	Via urbana	CALLE	MAYOR	-997	-997
10	10	80760000121.0000000000000000	80760000039	0807600106	43	1	Via urbana	C	FONT DEL VIDAL	-997	-997

Tabla 5. Tabla tramo_vial

Podemos visualizar la capa resultante mediante QGIS, y observamos que los datos engloban el callejero de toda la provincia de Barcelona tal y como se puede apreciar en la Figura 12.

Callejero de la provincia de Barcelona:

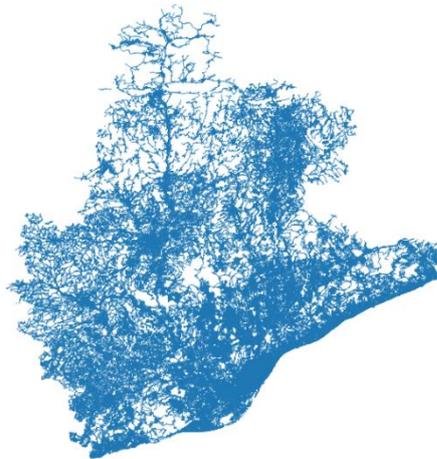


Figura 13. Callejero de la provincia de Barcelona

El objetivo de este proyecto es trabajar con el callejero de la ciudad de Barcelona y no de toda la provincia, por lo que se ha hecho uso de QGIS y de las herramientas que posee para facilitar la extracción de los datos de la ciudad de Barcelona.

9.1.3 Tratamiento de los datos

Para poder extraer los datos correspondientes a la ciudad de Barcelona se ha realizado la descarga de los datos de los límites municipales ofrecida por el centro de descargas del IGN, también es un archivo .ZIP que contiene los recintos municipales, provinciales y autonómicos junto con las líneas límites municipales, provinciales y autonómicas inscritos en la Base de Datos de Límites Jurisdiccionales de España (BDLJE).

El formato de los archivos es shapefile (SHP), utiliza el sistema geodésico de referencia ETRS89 y es compatible con WGS84. En la Figura 13. Ciudad de Barcelona, podemos ver el mapa de recintos municipales con el área de Barcelona seleccionada en color rojo.

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

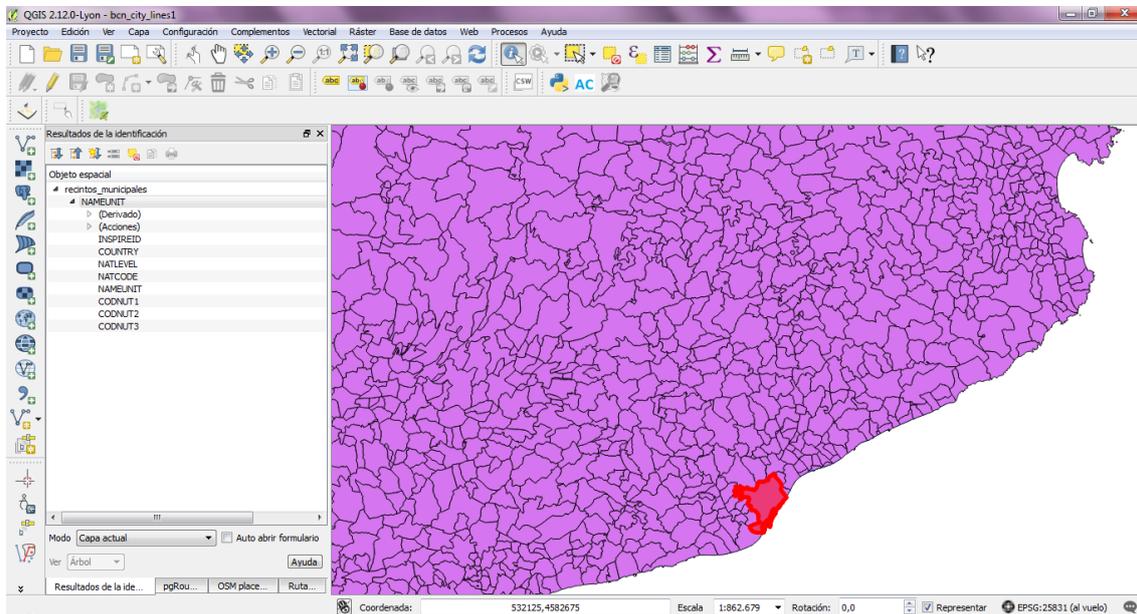


Figura 14. Ciudad de Barcelona

Una vez importadas las capas *tramo_vial* y *recintos_municipales_inspire_peninbal_etr89* a QGIS, el extracto se origina tras combinar los datos de la capa *tramo_vial* de la provincia de Barcelona con los datos perimetrales de la ciudad de Barcelona de la tabla de *recintos_municipales_inspire_peninbal_etr89*, a través de la función *Consulta espacial* ofrecida por QGIS, dando lugar a una nueva tabla *tramo_vial* cuya capa está representado en la Figura 14. Callejero de Barcelona ciudad



Figura 15. Callejero de Barcelona ciudad

Una vez que se han extraído los datos pertenecientes a la ciudad de Barcelona, el siguiente paso es generar el grafo de red correspondiente. También se ha notado una mejora en el tiempo de respuesta de las consultas sobre la tabla ya que se ha reducido considerablemente el número de registros de 310.739 a 11.859 registros mejorando notablemente el rendimiento.

Finalmente se ha optado por eliminar algunos de los campos de la tabla *tramo_vial* considerados irrelevantes y que no son necesarios para dotar la tabla de funcionalidades de cálculo de rutas.

9.1.4 Creación del grafo o red

Para generar nuestro grafo o red topológica es necesario aplicar las funciones que aportan las extensiones Postgis y Pgrouting a nuestra base de datos. Así como anteriormente indicábamos que se habían eliminado algunos campos de la tabla *tramo_vial* considerados prescindibles, en este caso será necesario añadir nuevos parámetros a la tabla *tramo_vial* para poder obtener una topología de red funcional.

Pgr_createtopology

Es una función de Pgrouting, que construye una topología de red basada en la información de geometría.

La función para construir la topología se ha utilizado con los siguientes parámetros:

edge_table:text	La tabla de la red.
tolerance:float	Ajuste tolerancia de bordes desconectados en la unidad de proyección.
the_geom:text	Columna de la geometría en la tabla de la red.
id:text	Columna de la clave principal de la tabla de red.
source: text	Columna del nodo de salida del segmento.
target:text	Columna del nodo de llegada del segmento.

Los parámetros *source* y *target* no existían en la tabla *tramo_vial* por lo que se han tenido que añadir previamente al uso de la función. La tolerancia es la distancia mínima que permite considerar a dos nodos como uno sólo dentro del radio definido, en nuestro caso se ha elegido una tolerancia de 1 metro.

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salut Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

```
alter table tramo_vial add column source integer;
```

```
alter table tramo_vial add column target integer;
```

```
select pgr_createtopology('tramo_vial',1,'geom','gid','source','target');
```

La función devuelve un OK una vez que se ha construido la topología de red, se rellenan los datos correspondientes a los campos *source* y *target* de la tabla *tramo_vial* y se obtiene una nueva tabla de vértices o nodos con el nombre *tramo_vial_vertices_pgr*.

La tabla *tramo_vial_vertices_pgr* contiene los siguientes datos:

- id:bigint Identificador del vértice.
- cnt:integer Número de vértices en la tabla *tramo_vial* que hacen referencia a este vértice.
- chk:integer Indicador que el vértice podría tener un problema.
- ein:integer Número de vértices en la tabla *tramo_vial* que hacen referencia a este vértice como entrante.
- eout:integer Número de vértices en la tabla *tramo_vial* que hacen referencia a este vértice como saliente.
- the_geom:geometry Valor de la geometría POINT del vértice o nodo.

A continuación la Figura 15. *Tabla tramo_vial*, muestra un extracto de los datos contenidos en la tabla tras crear la topología, se pueden observar los valores de los campos *source* y *target* en última posición.

	ine_via character varying(10)	dgc_via integer	tipo_via smallint	tipo_v_des character varying(100)	tip_via_in character varying(25)	nom_via character varying(100)	nom_altern character varying(100)	alta_db date	geom geometry(MultiLineString,25831)	source integer	target integer
1	0801902273	2471	1	Via urbana	C	HARTI	-997	2006-12-31	0105000020E7640000010000000102000000020000	1	2
2	0801900142	3621	1	Via urbana	C	ROSELLA	-997	2006-12-31	0105000020E7640000010000000102000000020000	934	935
3	-998	-998	12	Enlace	-998	ENLACE	-997	2012-07-13	0105000020E7640000010000000102000000020000	936	937
4	-998	-998	12	Enlace	-998	ENLACE	-997	2012-07-13	0105000020E7640000010000000102000000020000	938	939
5	0801905007	20733	1	Via urbana	C	MELBOURNE	-997	2006-12-31	0105000020E7640000010000000102000000020000	940	941
6	0801903380	3762	1	Via urbana	C	SANT EUSEBI	-997	2006-12-31	0105000020E7640000010000000102000000020000	942	943
7	0801901680	1776	1	Via urbana	C	GRACIA	-997	2006-12-31	0105000020E7640000010000000102000000020000	944	945
8	0801902410	2606	1	Via urbana	C	MIRALLERS	-997	2006-12-31	0105000020E7640000010000000102000000020000	301	946
9	0801903240	3593	1	Via urbana	C	ROGER	-997	2006-12-31	0105000020E7640000010000000102000000020000	121	947
10	0801901452	1552	1	Via urbana	C	FLASSADERS	-997	2006-12-31	0105000020E7640000010000000102000000020000	948	949

Figura 16. Tabla *tramo_vial*

Como resultado de crear la topología se ha creado una tabla nueva con el nombre *tramo_vial_vertices_pgr*, como se observa en la Figura 16. Tabla *tramo_vial_vertices_pgr*, esta tabla contiene una serie de campos nuevos que están vacíos.

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salut Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

gid	id	cnt	chk	ein	eout	geom
[PK] serial	character varying(21)	numeric(10,0)	numeric(10,0)	numeric(10,0)	numeric(10,0)	geometry(Point,25831)
1	1					0101000020E764000330A7F2A9A181A41120EF2B63795141
2	2					0101000020E76400007531541CD5181A4159A8414153795141
3	3					0101000020E7640000985C982B371E1A41E8F2C7D55795141
4	4					0101000020E7640000F70A3EBC51E1A41B49C39983F795141
5	5					0101000020E7640000F78E85B5AD551A4119104188FD7C5141
6	6					0101000020E76400004406F77D7A551A41CBD12DB0007D5141
7	7					0101000020E764000047157DBE6B251A4147968B45F87B5141
8	8					0101000020E764000047157DBE6B251A4147968B45F87B5141

Figura 17. Tabla tramo_vial_vertices_pgr

Podemos ver el resultado de la capa de los vértices o nodos obtenidos en la Figura 17. Capa de nodos de la ciudad de Barcelona, finalmente en la Figura 18. Grafo resultante, se puede apreciar un extracto de la red topológica construida a partir de las dos capas aplicando bastante zoom para poder apreciarla con más detalle:

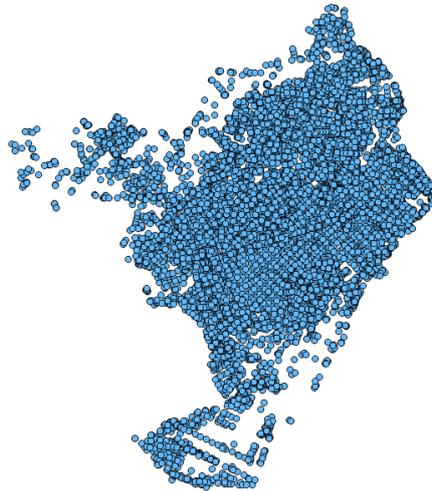


Figura 18. Capa de nodos de la ciudad de Barcelona

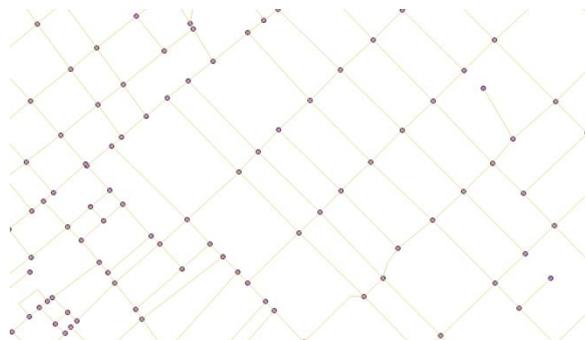


Figura 19. Grafo resultante

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

Una vez generada nuestra red, procedemos a realizar un análisis del mismo para conocer las posibles deficiencias, esto es segmentos aislados, puntos muertos, estructuras en forma de anillo, etc

pgr_analyzeGraph

Esta función también de *pgrouting*, analiza la topología de red, la tabla *tramo_vial* que se va a analizar debe contener los parámetros *source* y *target* con los identificadores de los vértices de los segmentos y los vértices correspondientes de la tabla *tramo_vial_vertices_pgr*, resultado de aplicar la función anterior.

La función para analizar el grafo o red se ha utilizado con los siguientes parámetros:

<code>edge_table:text</code>	La tabla de la red.
<code>tolerance:float</code>	Ajuste tolerancia de bordes desconectados en la unidad de proyección.
<code>the_geom:text</code>	Columna de la geometría en la tabla de la red.
<code>id:text</code>	Columna de la clave principal de la tabla de red.
<code>source: text</code>	Columna del nodo de salida del segmento.
<code>target:text</code>	Columna del nodo de llegada del segmento.

```
select pgr_analyzeGraph('tramo_vial',1,'geom','gid','source','target');
```

Los valores de los campos *source* y *target* han sido rellenados con la función anterior, y se utiliza la misma tolerancia que se ha definido para construir la red topológica con valor de 1 metro.

La función devuelve un OK Cuando el análisis ha terminado, utiliza la tabla *tramo_vial_vertices_pgr*, y rellena las columnas *cnt* y *chk* de la tabla.

El resultado del análisis es el siguiente:

NOTICE: ANALYSIS RESULTS FOR SELECTED EDGES:

NOTICE: Isolated segments: 22

NOTICE: Dead ends: 857

NOTICE: Potential gaps found near dead ends: 84

NOTICE: Intersections detected: 595

NOTICE: Ring geometries: 33

Esta función nos permite hacernos una idea más concreta del grafo construido, podríamos rehacer la red para disminuir los defectos encontrados, pero no se ha considerado necesario para elaborar las funcionalidades requeridas en este proyecto, no obstante debería considerarse en el caso de aplicaciones futuras recomponer el grafo y obtener mejores resultados.

9.1.5 Cálculo del área de influencia

Tras consultar las distintas funciones que ofrece pgrouting para la resolución de problemas a través del cálculo de rutas, nos hemos decantado por la función *pgr_drivingdistance* para el cálculo del área de influencia, a continuación se enumeran y describen algunas de las funciones que se han considerado más relevantes para el cálculo.

Pgr_drivingdistance

Esta función de pgrouting permite calcular la secuencia de nodos dada una distancia de conducción, utiliza el algoritmo de Dijkstra, extrae el coste para llegar a cada nodo en la red desde el nodo de inicio. Mediante estos nodos y costes es posible calcular polígonos de tiempo constante de conducción. Devuelve un conjunto de registros *pgr_costResult* (*seq, id1, id2, cost*) que integran una lista de puntos de acceso.

En el caso que nos ocupa, utilizamos como coste la longitud del tramo recorrido calculada en metros. Para ello ha sido necesario añadir el campo longitud a la tabla *tramo_vial*, los valores se han calculado con la función *ST_Lenght(geometry:geom)*, que permite calcular la longitud de la geometría en metros una vez escogida la proyección cartográfica de la capa. (Proyección UTM WGS84 Huso 31 N, ESPG: 25831).

La función se ha utilizado con los parámetros siguientes:

id:int	Identificador del borde
source: int	Identificador del vértice inicial del borde
target:int	Identificador del vértice final del borde
cost:float	Costo del recorrido sobre el borde. Un costo negativo evitará que el borde sea insertado en el gráfico.
source:int	Identificador del punto de partida
distance:float	Valor en unidades del costo del borde (no en unidades de proyección - pueden ser diferentes).
directed:boolean	Si la gráfica es direccionada su valor es <i>true</i>

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

`has_rcost:boolean` Si es *true*, el campo `reverse_cost` del conjunto de registros generados se utilizan para el calcular el costo de la travesía del borde en la dirección opuesta.

El enunciado especifica que se contemplarán desplazamientos exclusivamente a pie, esta aplicación no ha tenido en cuenta los tipos de vía, de modo que nos permita distinguir entre las rutas transitables a pie (como las calles, paseos o caminos) de las rutas que no lo son (carreteras, autopistas, puentes, etc), esto implica que todos los tramos se consideran transitables por los peatones y que el grafo no está dirigido, por lo que no tiene un `reverse_cost` asociado.

Para testear el resultado de las funciones en un entorno de pruebas, se han tomado como parámetros el nodo o vértice focal con *id* conocido y se ha aplicado la función con distintas distancias.

```
select id1 from pgr_drivingDistance('SELECT id, source, target, longitud as cost from tramo_vial', 7415, 1000, false, false );
```

El siguiente paso tras obtener el conjunto de puntos situados a una determinada distancia del punto focal, será agrupar la información que contiene todos esos puntos. Para eso será necesario utilizar algunas de las funciones que proporciona PostGIS.

`ST_Collect(geometry:geom)` para agrupar el conjunto de puntos, `ST_ConvexHull(geometry:geom)` para crear la geometría del polígono que recubre todas las geometrías de los puntos con una superficie mínima y la función `ST_AsText(geometry:geom)` .

ST_Collect

Devuelve una única geometría que agrupa todos los nodos formando una figura multipoint, con la ayuda de QGIS podemos visualizar la capa resultante en la Figura 19. Geometría multipunto.

```
select st_collect(the_geom) from tramo_vial_vertices_pgr where id in (SELECT id1 FROM pgr_drivingDistance('SELECT id, source, target, longitud as cost FROM tramo_vial, 7415, 1000, false, false ));
```

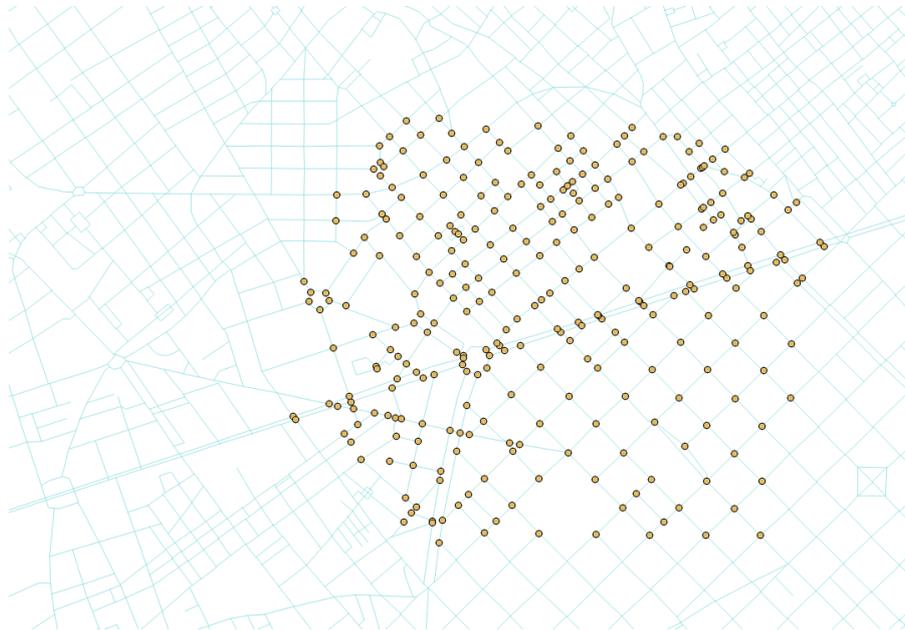


Figura 20. Geometría multipunto

ST_ConvexHull

Esta función representa la geometría convexa mínima que encierra todas las geometrías dentro del conjunto, esto es, el polígono que recubre todas las geometrías (MULTIPOINT) con una superficie mínima.

```
select st_convexhull(st_collect(the_geom)) from tramo_vial_vertices_pgr where id in (SELECT id1 FROM pgr_drivingDistance('SELECT id, source, target, longitud as cost FROM tramo_vial, 7415, 1000, false, false ));
```

ST_AsText

Esta función devuelve la representación en Well-Known Text (WKT) de la geometría sin SRID metadata, con la ayuda del complemento QuickWKT de QGIS podemos interpretar los datos obtenidos con la función *ST_AsText* y obtener el resultado representado en la Figura 20. Geometría poligonal

Con la función *ST_AsText* se obtienen los vértices del polígono resultante, ejecutada desde PostGIS con salida a fichero se obtienen los datos siguientes:

```
POLYGON((428353.964716094 4582076.1014084,428232.95709747  
4582147.86995369,427864.569219307 4582500.76085966,427855.675987138  
4582511.38380573,427892.679876199 4582976.57715891,428002.964588123  
4583274.22341568,428150.979493286 4583442.01020124,428183.290011243  
4583473.19342714,428242.172358689 4583529.14944274,428352.416794218  
4583536.33234728,429011.792988622 4583504.46362798,429165.598958136  
4583473.15584334,429329.702254075 4583429.45334894,429572.028506167
```

4583248.43490866,429666.717422715 4583096.19301987,429449.780765806
4582102.38066069,428353.964716094 4582076.1014084))

Para visualizar el resultado pasamos los datos como parámetros al complemento QuickWKT de QGIS y obtenemos como resultado la Figura 20. Geometría poligonal, en color verde:

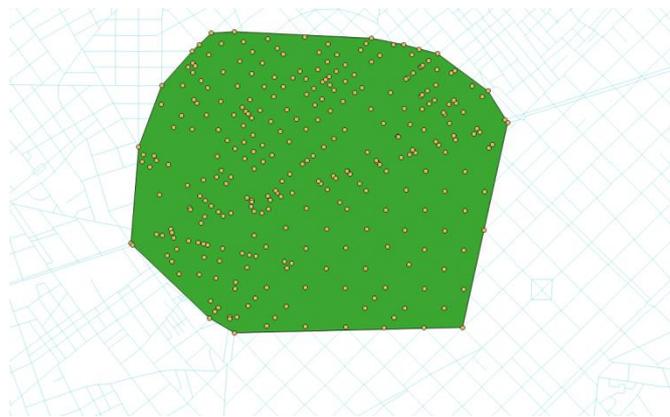


Figura 21. Geometría poligonal

Una vez que hemos desarrollado la consulta que devuelve el resultado esperado, debemos pensar en los diferentes casos de uso de la aplicación. Idealmente un usuario clicaría en la superficie de nuestro grafo y sobre un punto contenido en el grafo, pero en la realidad esto no será así.

Debemos contemplar un caso real de uso en el que el usuario tenga libertad para clicar en un punto cualquiera y obtener un resultado a cambio.

Pero para controlar situaciones digamos extravagantes y totalmente sin sentido, controlaremos con la aplicación un resultado coherente utilizando las coordenadas del punto marcado por el usuario y la distancia introducida.

Uno de los objetivos será encontrar el nodo más cercano al punto que ha marcado el usuario utilizando la distancia introducida en primer lugar como filtro para acotar la búsqueda de nodos en la tabla, de este modo nos evitamos buscar dentro de toda la tabla, y en segundo lugar calcular el área de servicio a partir de la resta de la distancia entre el punto y el nodo y la distancia introducida.

Para ello nos ayudaremos de algunas funciones espaciales como *ST_Distance* que permiten calcular la distancia entre geometrías en metros, con consultas básicas de SQL ordenaremos los resultados desde el nodo más cercano al más lejano de modo que podamos calcular el área desde el id de ese nodo utilizando la distancia final.

ST_Distance

ST_Distance – Para el tipo de geometría devuelve la distancia 2D cartesiana entre dos geometrías en unidades proyectadas (basado en ref espacial). Para el tipo geografía devuelve la distancia mínima geodésica entre dos geografías en metros.

```
select id, st_astext(geom), st_distance(geom,st_geomfromtext('$ppoint',25831) ) as dist from  
tramo_vial_vertices_pgr where st_distance(geom,st_geomfromtext(' $ppoint',25831)  
)<$distance order by dist asc limit 1;
```

Una vez verificado el correcto funcionamiento de las consultas, debemos implementar el servicio Web PHP, que tras recoger las coordenadas y la distancia enviadas por la aplicación Web base, retornará idealmente una geometría en texto ya sea POINT, POLYGON o LINESTRING.

El siguiente paso será desarrollar en la aplicación Web de la ASPB todas las funciones javascript necesarias que se encargarán de recoger los parámetros, realizar la consulta y recoger la respuesta que finalmente se mostrará en el mapa tal y como explicamos en el siguiente apartado.

9.2 Integración de la nueva funcionalidad en la aplicación Web de la ASPB

Para integrar la nueva funcionalidad hemos tenido en cuenta que cuando el usuario realiza un click sobre el botón, realizará una llamada asíncrona al servicio Web PHP pasándole los parámetros necesarios, estos datos se enviarán a través del método GET, que recogerán la *coordenada x*, la *coordenada y*, y la *distancia* introducida en metros para realizar el cálculo del área de servicio.

Una vez implementado el servicio Web PHP, para integrar la funcionalidad que calcula el área de servicio en la aplicación Web de la ASPB, necesitaremos como ya hemos apuntado anteriormente, un campo que permita recoger la distancia, un evento de ratón que se encargue de recoger las coordenadas del ratón sobre el mapa realizando un click sobre el mapa, y un botón encargado de enviar los argumentos al servicio Web PHP.

Mediante *jQuery.ajax* definiremos una función javascript que permitirá recoger la respuesta del área de servicio calculada por el servicio Web PHP y posteriormente publicarla sobre el mapa, esta función se ejecutará cuando la respuesta del servicio sea correcta, recordemos que idealmente será un texto con la definición de la geometría obtenida.

Adicionalmente se ha creado otra función javascript que permite eliminar las figuras dibujadas sobre el mapa a demanda del usuario, permitiendo si se desea visualizar de manera simultánea distintos resultados.

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

Respecto a la integración dentro del diseño de la interfaz de la aplicación Web de la ASPB hemos añadido un pequeño panel para el cálculo del área de servicio dentro del panel de control principal de la aplicación Web llamado "Área de Servicio", modificando de manera sutil el aspecto de la aplicación original, facilitando el uso a los usuarios de la ASPB.

En el interior de este panel hay un campo para introducir la distancia deseada identificado como: *Distancia (m)*, y dos botones que llamarán a las respectivas funciones que se encargarán de añadir las figuras al mapa (*Calcular área*) o bien eliminarlas (*Netejar*). Este panel está disponible en el tratamiento de ambas enfermedades.

En la esquina inferior derecha del mapa se visualizan las coordenadas en (ESPG: 4326) de los puntos sobre los que pasa el ratón cuando se mueve sobre el mapa, en caso contrario mostrará un mensaje de texto informando que la posición del ratón está fuera del mapa.

Adicionalmente se han añadido al control de capas situado en el margen superior derecho, la capa del callejero de Barcelona ciudad y la capa de nodos que forman el grafo sobre el que está basada la aplicación, y finalmente la capa que contendrá las geometrías resultantes llamada *DrivingDistance*.

En la Figura 21. Interfaz gráfica, que se muestra a continuación, podemos visualizar el aspecto final de la nueva aplicación.

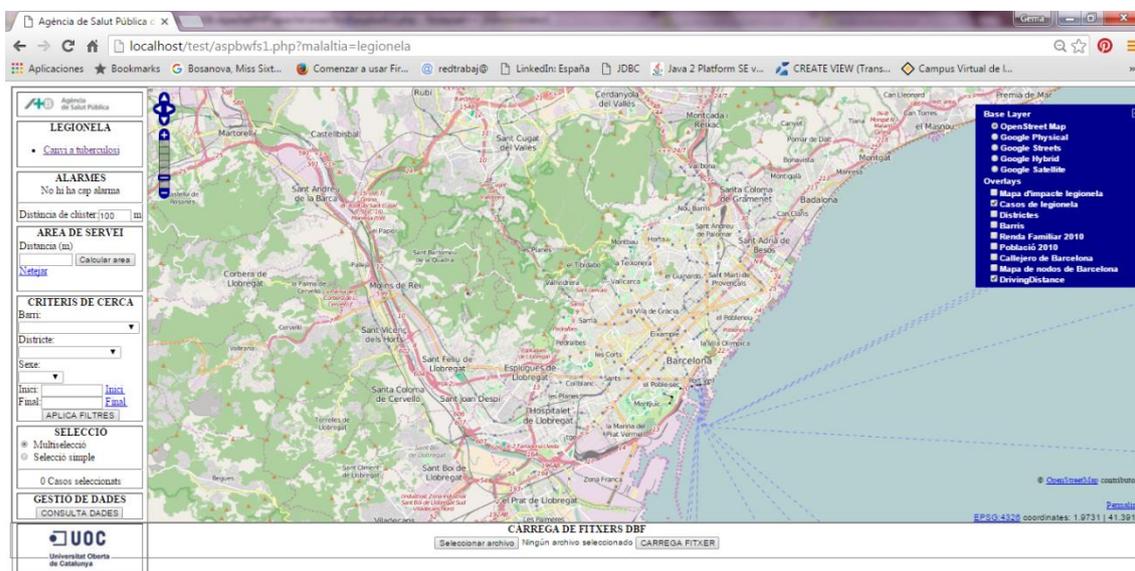


Figura 22. Interfaz gráfica

Por último mostraremos un ejemplo de caso de uso en el que suponemos que queremos estudiar el área de influencia de los casos de tuberculosis que se han detectado en el barrio del Raval de la ciudad de Barcelona.

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

Una vez aplicados los filtros visualizamos el resultado seleccionando la capa *Casos de tuberculosis* y realizamos un zoom para poder ver la ubicación de los casos más de cerca tal y como se muestra en la Figura 23. Casos de tuberculosis en el barrio del Raval:

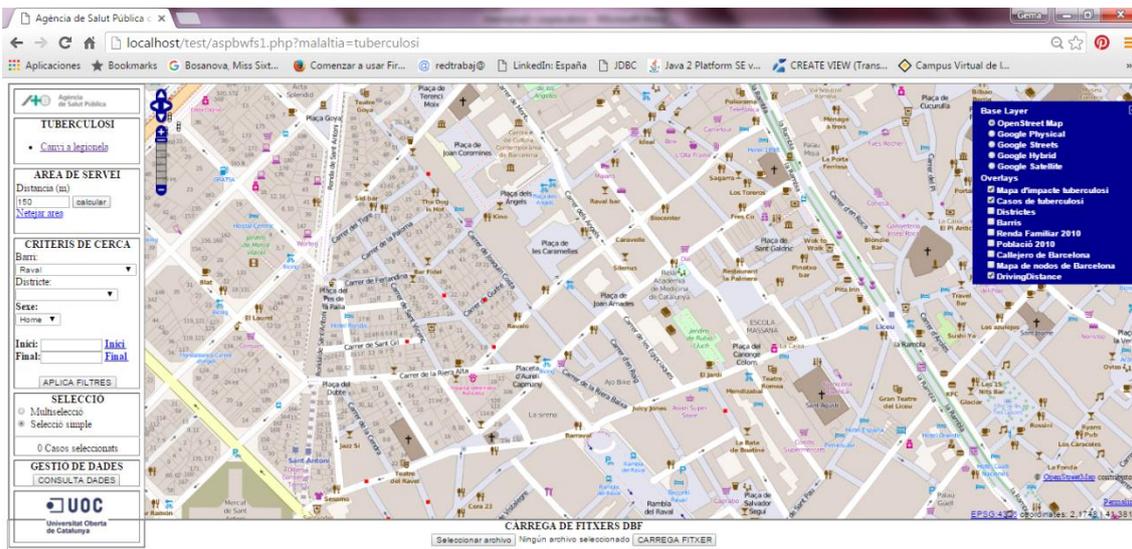


Figura 23. Casos de tuberculosis en el barrio del Raval

Seleccionamos uno de ellos elegido como caso de estudio y establecemos un área de influencia de 150m, seguidamente presionamos el botón de calcular.

Como resultado del cálculo se ha cargado una figura poligonal sobre el mapa tal y como se muestra a continuación en la Figura 24. Ejemplo de área de influencia:

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salut Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

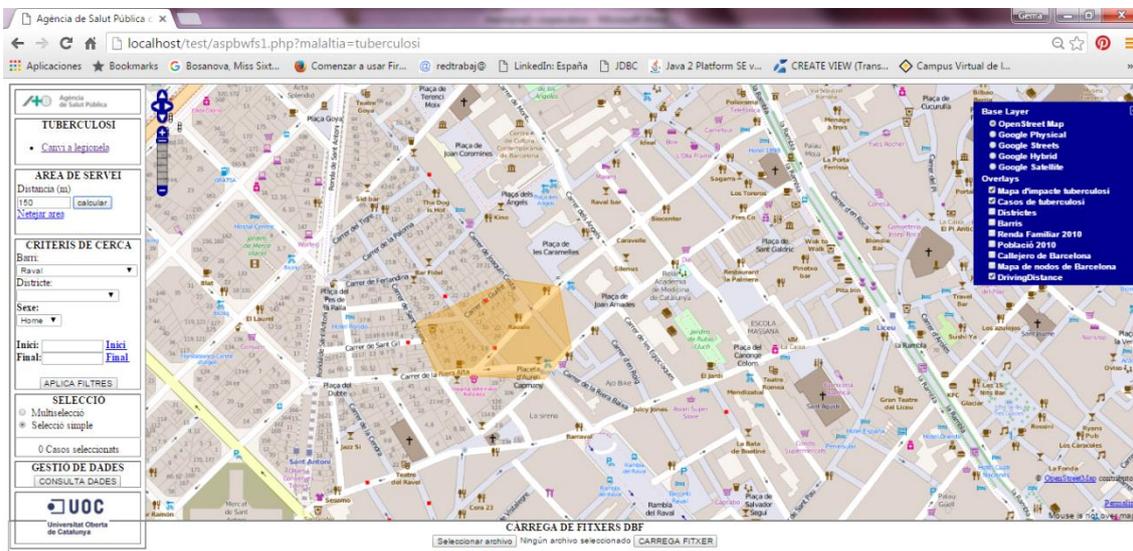


Figura 24. Ejemplo de área de influencia

El resultado obtenido nos muestra que existe otro caso de tuberculosis dentro de la misma área y que existen al menos dos casos más en la zona, bastante próximos a ese mismo caso, lo que podría indicar que podrían haber sido infectados por la misma persona.

Estableciendo distintas distancias a los casos detectados y almacenando los resultados se podrían realizar cálculos estadísticos para la explotación de datos y realizar análisis que permitieran tomar decisiones preventivas de futuros brotes de diversas enfermedades contagiosas.

9.3 Elaboración de un manual de uso para el usuario de la ASPB

Una vez integrada la nueva funcionalidad en la aplicación, realizaremos un breve manual de uso para dar a conocer las diversas funcionalidades de la aplicación que hemos desarrollado, dirigida principalmente a los usuarios de la ASPB.

No obstante es necesario destacar que la nueva herramienta es muy sencilla e intuitiva de manejar y se presupone que los usuarios ya disponen y/o conocen el manual de la aplicación base.

Por este motivo y porque las funcionalidades anteriores no se han visto afectadas, las instrucciones de uso se pueden incluir fácilmente en el manual ya existente de la aplicación Web de la ASPB.

Se puede consultar el manual de usuario en el documento anexo a esta memoria.

10. Conclusiones

Una vez finalizado el proyecto he sentido una gran satisfacción de haber cumplido con casi todos los objetivos que se pretendían alcanzar durante su desarrollo, a pesar de haber encontrado ciertas dificultades en la preparación del entorno necesario para el correcto funcionamiento de la aplicación Web de la ASPB y también imprescindible para el desarrollo de la futura nueva funcionalidad.

Hemos podido conocer la arquitectura conceptual y los componentes necesarios para desarrollar aplicaciones Web SIG, hemos trabajado con la base de datos PostgreSQL y con la extensión Pgrouting para construir el grafo y realizar consultas topológicas, y la extensión PostGIS, que nos ha permitido estudiar el conjunto de funciones espaciales que nos han permitido conocer las técnicas asociadas con el cálculo de rutas.

Por otro lado, también hemos conocido herramientas como QGIS, una herramienta SIG de escritorio que nos ha permitido realizar consultas y análisis de las bases de datos, y que la visualización de los resultados nos ha permitido desarrollar las consultas necesarias para obtener el área de influencia en un punto, además es compatible con las extensiones dePostgreSQL y PostGIS.

Calcular y conocer el área de influencia me ha permitido ver los beneficios de la tecnología de los SIG en el ámbito sanitario y la vigilancia epidemiológica, aunque las consultas espaciales que hemos utilizado también podrían ser útiles aplicadas en otros entornos, dependiendo de los datos que utilicemos como capa base para construir la topología, como por ejemplo la búsqueda de farmacias o paradas de taxi en un área específica, las opciones son inmensas.

Durante la realización del proyecto también he podido conocer los lenguajes de programación y técnicas específicas para el desarrollo de aplicaciones Web SIG como la creación de servicios Web PHP y el uso de las llamadas asíncronas.

Las dificultades encontradas durante el proceso, que no me han permitido asumir los hitos marcados en un inicio aunque el resultado final ha cumplido con el objetivo principal del proyecto.

Tampoco hemos podido profundizar en el uso de la extensión WPS ni estudiar otros datos geográficos abiertos como los ofrecidos por Open Street Map.

11. Posibles líneas de desarrollo posteriores

Una vez finalizado el proyecto se han detectado ciertas carencias en el tratamiento de los datos que podrían implementarse en desarrollos futuros como por ejemplo:

- Mejorar el tratamiento de la información inicial, para rehacer el grafo y disminuir los defectos topológicos encontrados
- Poder diferenciar entre tipos de vías, que nos permitan distinguir aquellas que son transitables a pie (calles, caminos o pasajes) de las que no lo son (carreteras, autopistas, puentes, callejones, carril bici, etc) y también poder asignar costes al grafo construido, como por ejemplo la velocidad de propagación de este modo se podría controlar el desplazamiento y asignar costes en función del tiempo o la distancia recorrida, etc
- La integración de funcionalidades de representación estadística junto con el estudio de las áreas de influencia sobre los casos detectados y su variación en el tiempo permitirán realizar análisis para la toma de decisiones preventivas en futuros brotes de diversas enfermedades contagiosas.
- Incluir el tratamiento de otras enfermedades.

12. Bibliografía y referencias

- Clarke, K. C. 1996. Getting Started With Geographic Information Systems. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Comas, D., y Ruiz, E. (1993): Fundamentos de los sistemas de información geográfica, Ariel, col.: Ariel Geografía, Barcelona
- Deuker, K. J.; Kjerne, D. (1989). Multipurpose Cadastre Terms and Definitions. *Proceedings of the American Society for Photography and Remote Sensing and American Congress on Surveying and Mapping* (pàg. 12). Falls Church, Virginia.
- Dominkovics, P., Granell, C., Pérez-Navarro, A., Casals, M., Orcau, Á. y Caylà, A. (2011) Development of spatial density maps based on geoprocessing web services: application to tuberculosis incidence in Barcelona, Spain. from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3251534/>
- Gislounge.com. (2012). *GIS Lounge*. Retrieved 9 January, 2016, from <http://www.gislounge.com/80-percent-data-is-geographic>
- Geoserver.org. (2016). Geoserver.org. Retrieved 9 January, 2016, from <http://docs.geoserver.org/latest/en/user/>
- Herrero Ruíz, S. (2014) Evolució d'entorn web relatiu a la vigilància epidemiològica de l'Agència de Salut Pública de Barcelona (ASPB), from <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/handle/10609/34441>
- Longley, Paul A.; Goodchild, Michael F.; Maguire, David J.; Rhind, David W. (2001). *Geographic Information Systems and Science* (1a. edició). Ed. Wiley.
- Olaya, Víctor (2011) *Sistemas de Información Geográfica*, from http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG
- Openlayers.org. (2016). Openlayers.org. Retrieved 9 January, 2016, from <http://dev.openlayers.org/examples/>
- Pgrouting.org. (2016). Pgrouting.org. Retrieved 9 January, 2016, from <http://docs.pgrouting.org/2.0/es/doc/index.html>
- Phpnet. (2016). Phpnet. Retrieved 9 January, 2016, from <http://php.net/manual/es/>

Evolución de entorno web relativo a la vigilancia epidemiológica de la Agencia de Salut Pública de Barcelona (ASPB)

05.132-TFC-SIG

Gema Franco Manzano

- Postgisnet. (2016). Postgisnet. Retrieved 9 January, 2016, from <http://postgis.net/docs/>
- Postgresqlorg. (2016). Postgresqlorg. Retrieved 9 January, 2016, from <http://www.postgresql.org/docs/manuals/>
- Qgistutorialscom. (2016). Qgistutorialscom. Retrieved 9 January, 2016, from <http://www.qgistutorials.com/en/>
- Ros Cortés, C.(2012).Aplicació web per a la monitorització espai-temps de la tuberculosi a Barcelona from <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/handle/10609/15281>
- Viladoms Ferrandiz, J. (2012) Aplicació web per a la vigilancia epidemiològica a Barcelona emprant sistemes d'informació geogràfica de programari lliure. Treball Final de Carrera. Dirigido por Jesús Manuel de Diego Alarcón. UOC. Version online en <http://hdl.handle.net/10609/19037>
- W3schoolscom. (2016). W3schoolscom. Retrieved 9 January, 2016, from <http://www.w3schools.com/default.asp>