



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS



Grado en Geografía y Ordenación del Territorio

TRABAJO FIN DE GRADO
Directora: Olga de Cos Guerra
Curso 2017/ 2018

**El valor de los SIG en situaciones de emergencia: cálculo de
rutas óptimas para las intervenciones del Servicio de Bomberos
de Santander**

The value of GIS in emergency situations: calculation of optimal
routes for the interventions of the Santander Fire Service

Autora: Raquel González Fernández
Junio de 2018

ÍNDICE

Resumen.....	3
Presentación y objetivos.....	4
1. Marco teórico.....	5
2. Fuentes.....	10
2.1. Fuentes oficiales.....	11
2.2. Registros internos: Datos del Servicio de Extinción de Incendios, Salvamentos y Protección Civil (SEIS).....	12
3. Metodología.....	14
3.1. Herramientas de gestión de la información.....	16
3.2. Herramientas de distancia y proximidad.....	16
3.3. Herramientas de análisis estadísticos espaciales.....	16
3.4. Grafo de rutas.....	16
4. Caracterización del municipio de Santander.....	17
5. El municipio de Santander como ámbito de intervención del SEIS.....	25
5.1. El Servicio de Bomberos del Ayuntamiento de Santander.....	25
5.2. El SEIS y las pautas de distribución de las intervenciones.....	28
6. Análisis espacial de las intervenciones y diseño de escenarios de redes...	31
6.1. Análisis espacial de las intervenciones.....	31
6.2. Simulacros: escenarios de análisis de redes.....	35
7. Complemento QGis Cloud.....	44
8. Conclusiones.....	46
9. Bibliografía.....	47
Índice de figuras y tablas.....	49

Resumen

Este Trabajo Fin de Grado tiene como finalidad principal la demostración de la utilidad de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como ayuda en la geoprevención para el municipio de Santander. En este caso se realiza un estudio aplicado, orientado al cálculo de las rutas óptimas de las intervenciones del Servicio de Extinción de Incendios, Salvamentos y Protección Civil (SEIS). La resolución de este objetivo se aborda a partir de un análisis previo de las intervenciones para la selección de tres simulacros y su cálculo de las rutas óptimas. Para poder disminuir el tiempo de intervención los SIG nos ayudan a modelizar, analizar y calcular las rutas de menor tráfico, menores obstáculos y mayor velocidad. Queda así demostrada la utilidad de estos sistemas que muestran resultados de interés tras el previo análisis de las intervenciones.

Palabras clave: SIG, geoprevención, rutas óptimas, intervenciones.

Abstract

This Final Degree Project has as main purpose of demonstrating or proving of Geographic Information Systems (GIS) like assistance in geoprevention for the municipality of Santander. In this case, an applied study is carried out, oriented to the calculation of optimal routes of interventions of the Firefighting Service, Rescue and Civil Protection (SEIS). The resolution of this objective is based on a previous analysis of the interventions for the selection of three simulations and their calculation of the optimal routes. In order to reduce the intervention time, GIS helps us to model, analyze and calculate the routes with the lowest traffic, the least obstacles and the highest speed. The use of these systems showing results of interest after the previous analysis of the interventions is thus demonstrated.

Key words: GIS, geoprevention, optimal routes, interventions.

Presentación y objetivo

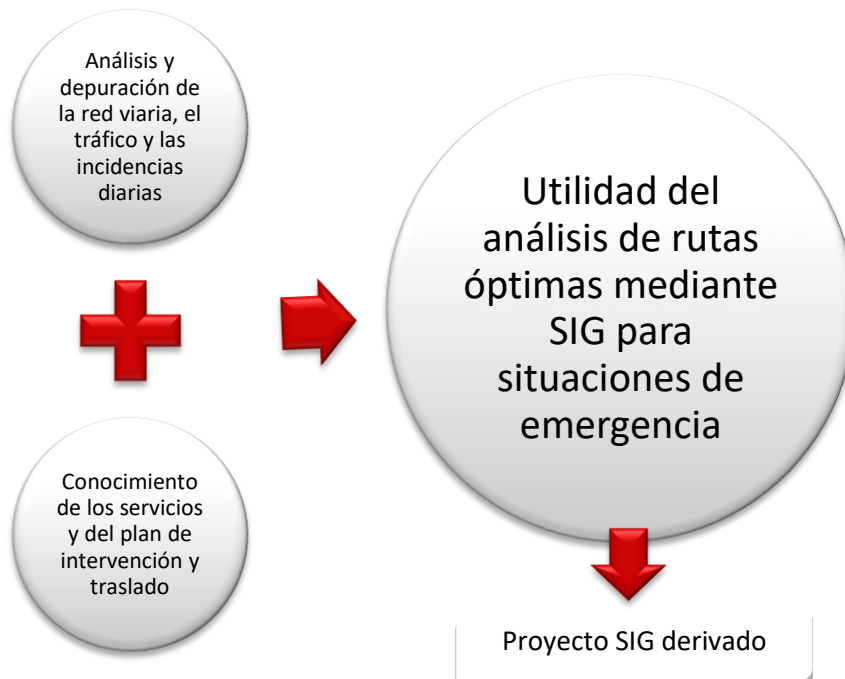
El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) se enmarca en el Grado en Geografía y Ordenación del Territorio como una asignatura final, tras cuatro años de estudio adquiriendo los conocimientos necesarios. Está orientado hacia la línea de la “Aplicación de las Tecnologías de la Información Geográfica a la Geoprevención”, con la utilización de las herramientas SIG. Esto conlleva que este trabajo tenga una metodología específica, que integra las Tecnologías de la Información Geográfica (TIGs) y el estudio del territorio.

El objetivo principal del estudio, como se observa en la Figura 1, es comprobar la utilidad del análisis de rutas óptimas mediante el uso de las tecnologías SIG aplicado a la Geoprevención, concretamente a la labor del Servicio Municipal de Bomberos del Ayuntamiento de Santander.

Para la consecución de este objetivo principal, es necesario abordar unos objetivos secundarios. En este sentido, se plantean unos objetivos tecnológicos, relacionados con la depuración y análisis de la red viaria y la implementación de la dirección del tráfico del ámbito de estudio, así como unos objetivos en torno al campo de aplicación, relacionados con el conocimiento de los servicios realizados por los bomberos y su plan de intervención y traslado al lugar de la emergencia. Derivado de estos objetivos se pone en marcha un proyecto SIG que permitirá su uso posterior en supuestos aplicados de Geoprevención.

Los objetivos secundarios relacionados con el conocimiento del servicio de Bomberos han sido adquiridos durante un período de prácticas de Grado de cuatro meses, unas 90 horas, en las que además del conocimiento de los servicios se han obtenido otros materiales para la realización del trabajo.

Figura 1: Objetivos del TFG.



Fuente: Elaboración propia.

Con el establecimiento de los objetivos y posterior desarrollo del TFG se aplican conocimientos adquiridos durante el Grado de Geografía y Ordenación del Territorio. Buena parte de las asignaturas estudiadas que han contribuido al desarrollo de este TFG, destacando, entre otras: Geografía y Tecnologías de la Información y de la Comunicación, Cartografía y Técnicas de Análisis Geográfico, Los Sistemas de Información Geográfica I (Raster), Los Sistemas de Información Geográfica II (Vectorial) o Taller de proyectos SIG.

1. Marco Teórico

El trabajo presenta diversos ámbitos conceptuales de referencia. En primer lugar, se trata de un trabajo geográfico, puesto que -como se ha señalado anteriormente- se encuentra enmarcado dentro del Grado en Geografía y Ordenación del Territorio. Dentro de la disciplina geográfica, el TFG está orientado a la aplicación de las TICs, por lo que le aporta un enfoque tecnológico. Además tiene una función aplicada, en este caso hacia la Geoprevención, un concepto específico que también constituye un ámbito conceptual en el TFG.

La Geografía permite la creación de unas directrices que relacionen el territorio con la sociedad y, centrándonos en la temática que nos ocupa, las emergencias que ésta pueda sufrir

para así, prevenir y mejorar las intervenciones por parte de los servicios de emergencia, como en el caso del Servicio de Extinción de Incendios, Salvamentos y Protección Civil (SEIS). En los últimos años se ha introducido un nuevo concepto relacionado con la Geografía, la Neogeografía. Ésta hace referencia al uso de las tecnologías geográficas por parte de usuarios no especializados. *“Es posible consumir y producir geografía digital con sólo estar conectado: datos geográficos, productos cartográficos-imágenes satelitales y herramientas especializadas para su consulta y tratamiento brindan posibilidades de interacción”* (Buzai, 2014: 9).

El concepto de Geoprevención integra dos conceptos sobre los que se centra el trabajo: la Geografía y las situaciones de emergencia. Este enfoque es especialmente útil si se aborda a través del uso de SIG.

Un SIG es fundamentalmente una herramienta para trabajar con información georreferenciada (Olaya, 2014), son sistemas integrados de hardware, software, datos geográficos y procedimientos elaborados que resuelven problemas de planificación y gestión (Bosque, 1992). Estos sistemas *“pretenden ser útiles para el estudio y búsqueda de soluciones de problemas del mundo real, trabajando sobre un modelo cartográfico de dicha realidad”* (Vozmediano, 2006: 3). Su evolución hacia innumerables aplicaciones propició un reconocimiento general de la dimensión espacial por parte de diversas ciencias, que incorporan nuevas perspectivas de análisis a través del uso de SIG (Buzai, 2014).

A partir del uso de los SIG se aplican estos conceptos a estudios concretos; *“la tecnología SIG se emplea para la recopilación, representación y análisis de todo tipo de información referenciado geográficamente”* (Vozmediano, 2006: 1). A partir de una georreferenciación de las situaciones de emergencia y su relación con la situación concreta del estado de los viales de acceso al espacio urbano en el que dichas emergencias acontecen (Bonastra, 2008).

Además, los SIG establecen mecanismos que les permiten retroalimentarse para introducir cambios, debiendo ser lo suficientemente flexibles para adecuarse a las variaciones (Copano, 2015), rasgo clave en situaciones de emergencia debido a la importancia de recrear la situación en tiempo real, a través de la flexibilidad de incorporación de datos que nos ofrece SIG.

Las distintas herramientas de análisis espacial que poseen los SIG permiten estudiar los datos geográficos con el fin de obtener respuestas a cuestiones muy variadas. Estas cuestiones son

las que motivan el propio análisis espacial y el desarrollo de las formulaciones correspondientes (Olaya, 2014).

Centrando el marco teórico sobre el ámbito de aplicación de este TFG es necesario abordar la normativa correspondiente entre la que encontramos el Plan de Emergencias Municipal de Santander (PEMUSAN, 2016) y en su contexto regional, el Plan Territorial de Cantabria (PLATERCANT, 2005). Esta normativa marca las competencias y funciones del Servicio de Extinción de Incendios, Salvamentos y Protección Civil de Santander, tanto a nivel regional como a nivel local.

El PEMUSAN ha sido elaborado siguiendo las competencias estatales y autonómicas y relaciona ámbitos tanto superiores como inferiores y tiene como objetivo principal dar respuesta rápida y eficaz ante una situación de emergencia. La dirección de este plan está a cargo del Alcalde, pudiendo delegar en el Concejal de Protección Ciudadana. El PEMUSAN se relaciona y distribuye las funciones con el PLATERCANT dependiendo de los niveles de emergencia que se activen. Se pueden dar las siguientes opciones:

- Nivel 1: Que la emergencia sea de ámbito municipal y pueda ser controlada mediante respuesta local (PEMUSAN 1). En este caso PLATERCANT realizará funciones de apoyo y seguimiento.
- Nivel 2: Que la naturaleza y extensión de la emergencia y los recursos a movilizar necesiten una respuesta por parte de la Comunidad Autónoma. En este caso el PEMUSAN se integra dentro del PLATERCANT. El director de PLATERCANT puede declarar un Nivel 1 de PLATERCANT, asumiendo la dirección y coordinación de la emergencia.
- Plan Especial: Si la emergencia necesita la activación de un Plan Especial, se desactiva el PEMUSAN y se activa el Nivel 1 de Plan Especial.

Como se ha señalado, en el PEMUSAN se contemplan diferentes niveles de actuación dependiendo de: el ámbito territorial, la capacidad de respuesta para asumir las consecuencias y los recursos necesarios para solventar el suceso. El Nivel 0 se declara en riesgos, urgencias o emergencias ordinarias de ámbito municipal que se puedan controlar mediante la movilización de medios y recursos locales básicos. En este nivel también se contemplan las emergencias en instalaciones con Plan de Autoprotección que se controlen con los medios de las instalaciones. Los niveles 1 y 2 se declaran cuando es necesaria la

activación del PEMUSAN y se actuará siguiendo el nivel correspondiente del PEMUSAN, explicados anteriormente. En el caso concreto de este TFG se contemplan intervenciones de nivel 0 y nivel 1.

Una mejor comunicación entre todas las áreas y conceptos sobre los que se asienta este trabajo, mejora la movilización ante una emergencia y la coordinación de los recursos para una rápida y eficiente gestión (Pires, 2014). Esta combinación se desarrolla a través de enfoques y estrategias de la Geoprevención, que combina las Tecnologías de la Información Geográfica con las emergencias.

En concreto, centrándonos en el cálculo de rutas óptimas de intervención, los SIG permiten determinar el camino óptimo, en este caso el más rápido entre dos puntos, teniendo en cuenta impedancias como direcciones de circulación, giros prohibidos o evitando determinadas áreas impracticables (Budhrani, 2010).

Es necesario tener en cuenta también el concepto de equidad espacial que este análisis pretende garantizar. El término designa la configuración geográfica que asegura a todos las mismas condiciones de acceso a los servicios. Se trata de un principio de ordenamiento que nos permite evitar las situaciones reales de la injusticia espacial (Bret, 2000).

En los modelos vectoriales de análisis de redes, la accesibilidad se asocia a una distancia por red, identificando la realidad a partir de la abstracción en tres elementos básicos: nodos, arcos y superficies. De esta forma, una red se compone de elementos puntuales (nodos) y lineales (arcos), pudiendo establecer un coste o impedancia que mide la dificultad del desplazamiento desde un origen a un destino en diferentes unidades: metros de recorrido, tiempo de recorrido, costes monetarios, valores percibidos por los usuarios, etc. (Bosque y Moreno, 2004).

El uso de estos proyectos SIG está orientado, en este trabajo, a la prevención, y más concretamente a la Geoprevención (Hernando, 2008); término introducido en los últimos años, y que analiza de manera conjunta el espacio urbano y la seguridad de la población a partir de las posibles vulnerabilidades que aparezcan. En ese caso el concepto de Geoprevención se vincula al cuerpo de policía, aunque es extensivo a otros ámbitos o servicios orientados a garantizar la seguridad de la población, como el Servicio de Bomberos. La Geoprevención va ligada o vinculada a objetivos muy diversos, como son: definición de tipos de riesgos, conocimiento de dichos riesgos, descripción de las pautas de

localización, análisis de la evolución espacio-temporal o evaluación de los impactos territoriales (Hernando, 2008). Un ejemplo de la utilización de los proyectos SIG en la Geoprevención es el realizado por la Escuela Nacional de Protección Civil española para obtener mapas operativos en la coordinación de las emergencias. Utilizan estos proyectos para representar gráficamente de forma inmediata las zonas afectadas por la emergencia, las vías de acceso más eficaces o la distribución necesaria de los efectivos.

En las situaciones de emergencia que se puedan presentar se requiere un análisis de la situación a la que se enfrentan los servicios de emergencia en tiempo real. En este tipo de casos es esencial la integración de los datos que provienen de diversas fuentes, como por ejemplo; sensores, medios de comunicación sociales, etc. (Ortoll, García y Canals, 2015). Estos canales o fuentes de información han ido evolucionando para responder a las amenazas de forma más rápida y eficiente (Pires, 2014).

El modelo vectorial coincide con lo expresado por M.A Barrientos (2007): la medición de la accesibilidad a la emergencia mediante SIG, concretamente mediante análisis de redes de transporte se ajusta a la resolución de problemas como el cálculo de la ruta más corta o rápida entre dos puntos, introduciendo una serie de impedancias que afecten a dicha ruta (Rodríguez, 2011).

Estas situaciones de emergencia, dentro del término Geoprevención, necesitan de un plan de actuación lo más rápido y eficaz posible. Así es como se tiene presente el enfoque cronogeográfico en este trabajo: combinando “*las variables espacio y tiempo cronológico como limitadoras de la acción humana*” (Reques, 2009). Este concepto estudia los flujos de tráfico a partir de los cuales se pueden llegar a intuir o definir las rutas óptimas de actuación en una situación de emergencia.

En la gestión de emergencias el factor temporal es muy importante y presenta una doble interpretación; por un lado, el tiempo de acceso y, por otro, cambios en el uso del espacio en función del tiempo en que ocurre la emergencia (mes del año, día de la semana, hora del día...).

En este sentido, P. Reques (2009) hace un estudio crono-geográfico de la ciudad de Santander a partir de la movilidad de la población en transporte público y privado que muestra los ritmos de movimiento tras un análisis, estructuración y representación de los datos ofrecidos a través de las diversas estaciones de aforo de tráfico ubicadas por la ciudad.

Estos datos son tomados por las espiras “*detector que utiliza la inducción para su funcionamiento. Se trata de bucles de inducción magnética que constan de un captador del tráfico*” (Reques, 2009: 3).

2. Fuentes

Las fuentes utilizadas se encuentran disponibles en soporte digital. Hoy en día se dispone de una importante cantidad de datos digitales, lo cual unido a su carácter gratuito facilita el acceso a los mismos. Como particularidad, cabe destacar la utilización de los datos anonimizados facilitados por el Servicio de Extinción de Incendios, Salvamentos y Protección Civil de Santander, debido a que no son datos estadísticos de carácter público sino que se trata de un registro interno.

Así para la realización de este trabajo se han utilizado tanto fuentes oficiales como registros internos.

Tabla 1: Fuentes estadísticas y cartográficas del TFG.

Fuente	Organismo	Datos / Capas	Tipo de Fuente
Padrón municipal de habitantes	INE	Datos de población	Estadística
Censo de población y viviendas	INE	Datos de población	
Datos abiertos del municipio de Santander	Ayuntamiento de Santander	Secciones, callejero, sensores de tráfico	Cartográfica
PNOA	IGN	Ortofotografía del municipio	
Catastro	Ministerio de Hacienda y Función Pública	Direcciones, parcelas y edificios	
Viales	Open Street Map	Vías de comunicación con sus correspondientes sentidos	

Fuente: Elaboración propia.

2.1. Fuentes oficiales.

Las fuentes estadísticas proceden de dos organismos: el Instituto Cántabro de Estadística (ICANE) y el Instituto Nacional de Estadística (INE), aunque el responsable de los datos utilizados en ambos casos es el INE. Estos datos se obtienen en unos casos del Censo de Población (INE, 2011) y en otros del Padrón municipal (INE, 2017). Los datos procedentes del Padrón aportan la información relacionada con la población que se encuentra en el municipio de Santander, desagregada en secciones censales, por sexo y grupos quinquenales y anuales de edad. En el caso del Censo de Población, la información también se refiere a las secciones del municipio, pero especialmente con las variables sobre viviendas y hogares.

Por otro lado, las fuentes cartográficas proceden de diferentes organismos. Todas ellas se utilizan para la generación de diversas capas sobre las que se desarrolla el proyecto.

Se han obtenido una serie de capas propiedad del Ayuntamiento de Santander, desde la plataforma de los Datos Abiertos del municipio. Estas capas están relacionadas con las secciones, el callejero, los sensores de tráfico, las mediciones de tráfico... Datos, todos ellos, necesarios para el análisis de redes.

Asimismo, en el estudio se han utilizado las capas del PNOA, obtenidas del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Ha sido necesaria la descarga de cinco cuadrantes diferentes para obtener todo el ámbito del municipio, la Ortofoto del año 2014.

Otra de las fuentes utilizadas es el Catastro, generado por el Ministerio de Hacienda y Función Pública, del que se obtienen capas que dan información de las direcciones, de las parcelas y de los edificios. Por último, también se ha utilizado la cartografía colaborativa de Open Street Map, para la representación de la capa de viales, utilizada como capa clave en la parte aplicada. Para hacer posible el uso de esta capa ha sido necesaria una tarea de depuración de los más de 8.000 registros y una verificación de la información sobre velocidades y direcciones a través del trabajo de campo. A continuación se muestra un ejemplo de la tabla de atributos de dicha capa.

Figura 2: Tabla de atributos de la capa carreteras.

ROADS :: Objetos totales: 8248, filtrados: 8248, seleccionados: 0

osm_id	code	fclass	name	ref	oneway	maxspeed	layer	bridge
4407679	5141	service			F	20	0	F
396848072	5141	service			F	20	0	F
4342494	5124	pedestrian	Calle de Hernán Cortáez		F	20	0	F
4880954	5141	service	Travesía de Valderrama		B	20	0	F
4340005	5124	pedestrian	Calle de Juan de Herrera		B	20	0	F
359817689	5122	residential	Calle de Juan de Herrera		F	20	0	F
28442048	5122	residential	Travesía de San Matías		B	20	0	F
33639506	5153	footway			B	20	0	F
22919829	5113	primary	Glorieta de Corbáin		B	30	0	F
22919839	5113	primary			B	30	0	F
22919845	5113	primary			B	30	0	F
22919853	5113	primary			B	30	0	F
22919927	5114	secondary			B	30	0	F
22920425	5114	secondary	Avenida del Deporte		B	30	0	F
22920433	5122	residential	Glorieta de los Tilos		B	30	0	F
22922077	5122	residential	Calle de la Fuente del Fresno		F	30	0	F

Mostrar todos los objetos espaciales

Fuente: Capa de OSM. Elaboración propia.

2.2. Registros internos: Datos proporcionados por el Servicio de Extinción de Incendios, Salvamentos y Protección Civil (SEIS).

En el desarrollo de este trabajo se utiliza el registro anonimizado de intervenciones del SEIS del Ayuntamiento de Santander. Es un registro tanto alfanumérico como cartográfico, y consiste en una base de datos sobre las intervenciones de los últimos años y sobre la distribución de los hidrantes situados en la ciudad. Los datos aportados por este Servicio incorporan una estructura de tablas con las intervenciones realizadas en el año 2016.

Tras una depuración de los registros, se seleccionan solo las intervenciones de máxima urgencia (accidentes, incendios, asistencias técnicas, apertura de puertas) y los datos significativos para el cálculo de rutas óptimas. Para la creación de esta capa vectorial, se obtiene una capa a partir del archivo Excel aportado por el SEIS con datos de coordenadas UTM X e Y para la generación de una capa de puntos, siendo necesaria la georreferenciación de algunos puntos que no mostraban las coordenadas. Esto se hace a través de la herramienta de “añadir objeto espacial”, introduciendo posteriormente las coordenadas a estos nuevos puntos. Para el cálculo de las coordenadas de estos puntos dibujados en el mapa se ha utilizado una herramienta concreta denominada “calculadora de campos”.

En el caso de los datos de hidrantes, en la capa aportada estas coordenadas están calculadas, realizando a partir de ellas la georreferenciación para posicionar todos los datos en un mapa y convertirlo en una capa del proyecto SIG.

En las figuras 3 y 4 se muestra en primer lugar el registro sobre las intervenciones aportado por el SEIS, sin ninguna modificación, y posteriormente el registro ya depurado e introducido en QGIS como una capa denominada “Intervenciones”. De los más de 15.000 registros facilitados por el SEIS se ha realizado una selección de los de mayor urgencia. De estos registros, en torno a 1.300, se ha hecho una depuración de los datos, manteniendo solo los campos necesarios.

Figura 3: Datos sobre las intervenciones sin depurar.

ID	SERVICIO	FECHA	HORA	DESCRIPCION	UBICACION	ESTADO
3967	2013 18/03/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	17:28	P2	2 D	
4080	2013 29/03/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	20:07	P4	4 D	
3996	2013 20/03/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	13:07	P4	4 A	
4052	2013 26/03/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	21:29	P4	1 B	
4357	2013 24/03/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	16:11	PARTICII ARFS	C/RFS SANTA CRUZ DE RF7ANA	
4735	2013 30/03/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	20:35	#	2 IZ	SANTANDER
4924	2013 19/04/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	20:02	P4	4 A	SANTANDER
5060	2013 05/05/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	14:38	P4	1 D	ES EL SANTANDER
5608	2013 30/06/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	23:51	#	7 C	SANTANDER
5702	2013 10/07/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	16:29	#	4 D	SANTANDER
7542	2013 20/12/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	19:22	P4	7 C	SANTANDER
6497	2013 19/09/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	9:22	P4	8 I	SANTANDER
7265	2013 23/11/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	16:04	#	7 C	SANTANDER
6637	2013 02/10/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	13:00	#	3 D	SANTANDER
7629	2013 27/12/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	22:52	#	7	SANTANDER
6022	2013 08/08/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	20:41	SERVICIOS PROGRAM	PAU	SANTANDER
7012	2013 01/11/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	8:12	P4	2 B	SANTANDER
6220	2013 25/08/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	18:51	#	1 IZ	SANTANDER
5314	2013 02/06/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	23:38	#	ENT	A
5974	2013 04/08/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	19:29	P4	POLICIA LOCAL	SANTANDER
5909	2013 28/01/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	13:48	P4	2 B	SANTANDER
5984	2013 05/08/2013 8:00	APERTURA PUERTAS	17:46	P4	2 IZ	SANTANDER

Fuente: SEIS, Registro de intervenciones del año 2016.

Figura 4: Datos depurados sobre las intervenciones.

INTERVENCIONES :: Objetos totales: 1089, filtrados: 1089, seleccionados: 0

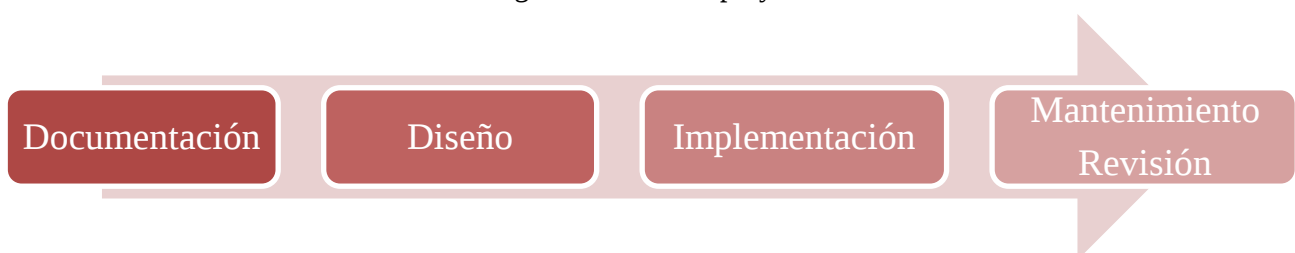
	ID_SERVICI	NM_EJERCIC	FH_GUARDIA	DE_HECHO_L	FH_SERVICI	%ROC	SOLI	DBSE	CALL	DE_PLANTA_	PUER	OTRC	DE_MUNICIP	NM_POSICIO	NM_POSIC_1	DE_OBSER_1
135	18543	2016	07/09/2016 8:00	ASISTENCIAS T7...	20:54	PA...			CL...	1			SANTANDER	435183	4813095	AT-11 FUGA DE AGUA
136	17279	2016	29/05/2016 8:00	ASISTENCIAS T7...	21:34	PA...			CL...				SANTANDER	435226	4812732	ENTRA AGUA EN VIVIE...
137	16579	2016	14/03/2016 8:00	ASISTENCIAS T7...	12:33	PO...	PO...		PZ...	0			SANTANDER	435505	4812826	S3 INUNDACION
138	16069	2016	22/01/2016 8:00	ASISTENCIAS T7...	15:05	PA...			PS...	1		D	SANTANDER	435539	4813441	AT-11 FUGA DE AGUA
139	18980	2016	14/10/2016 8:00	ASISTENCIAS T7...	11:13	112	112		PS...				SANTANDER	435629	4813503	FUGA DE AGUA
140	16066	2016	21/01/2016 8:00	INCENDIO	0:24	112	R...		CL...	2			SANTANDER	435834	4814457	S-3 FUGA DE AGUA
141	16180	2016	03/02/2016 8:00	INCENDIO	9:43	112	112		CL...	1		E	SANTANDER	436048	4815498	INUNDACION CARRETE...
142	17819	2016	19/07/2016 8:00	INCENDIO	22:43	112							SANTANDER	436246	4815402	AT-12 INUNDACION CU...
143	17327	2016	02/06/2016 8:00	INCENDIO	21:09	PA...	JO...		CL...	2			SANTANDER	436256	4813912	AT-11 ACHICAR AGUA
144	19608	2016	07/12/2016 8:00	INCENDIO	2:34	112	112		CL...				SANTANDER	436276	4814155	FUGA DE AGUA
145	19226	2016	01/11/2016 8:00	INCENDIO	0:26	112	112						SANTANDER	436325	4813832	AT-11 FUGA DE AGUA
146	19782	2016	25/12/2016 8:00	INCENDIO	15:41	112	AL...		CL...	3			SANTANDER	436358	4814374	S-3 INUNDACION EN EL...
147	16335	2016	15/02/2016 8:00	INCENDIO	20:38	112	112		AV...	3		IZ	SANTANDER	436369	4814727	INUNDACION
148	19362	2016	15/11/2016 8:00	INCENDIO CONT...	12:13	112	112		CL...				SANTANDER	432818	4812192	S3 ACHICAR AGUA EN ...
149	18288	2016	19/08/2016 8:00	INCENDIO CONT...	0:26	PO...	PO...		CL...				SANTANDER	434536	4812901	AT-16 INUNDACION DE ...
150	19678	2016	15/12/2016 8:00	INCENDIO CONT...	11:34	112			CL...				SANTANDER	434271	4812428	ACHIQUE AGUA
151	18921	2016	08/10/2016 8:00	INCENDIO CONT...	14:17	PA...			CL...				SANTANDER	434074	4812401	ACHIQUE
152	16918	2016	23/04/2016 8:00	ASISTENCIAS T7...	18:12	112	112					IN...	SANTANDER	431549	4810017	FUEGO DE PLUMEROS
153	18036	2016	03/08/2016 8:00	ASISTENCIAS T7...	17:20	PO...	91		CL...				SANTANDER	431584	4811947	AT-10 PLUMEROS.
154	16319	2016	14/02/2016 8:00	ASISTENCIAS T7...	16:32	PA...			CL...				SANTANDER	431589	4812159	INCENDIO PALMERA
155	15950	2016	05/01/2016 8:00	ASISTENCIAS T7...	5:17	PO...	PS...		PS...	ENLO		IZ	SANTANDER	431640	4813588	AT10 FUEGO MATORRA...

Fuente: SEIS, Registro de intervenciones año 2016. Elaboración propia.

3. Metodología

Durante la realización del TFG se han empleado diferentes métodos organizados en dos grandes grupos. Por un lado, se encuentra la metodología general del proyecto, que engloba las fases del trabajo y documentación del mismo, y por otro lado, la metodología más concreta, que integra las herramientas del proyecto SIG que permiten la realización del estudio de las intervenciones y el cálculo de las rutas óptimas. El proyecto SIG que integra este TFG sigue unas etapas desde la creación hasta su puesta en funcionamiento, que se combinan con las etapas del “ciclo de vida” (Becker, 1995), y que se pueden ver en la siguiente figura.

Figura 5: Fases del proyecto.



Fuente: Adaptación propia a partir de Becker, 1995.

Previo a este ciclo de vida en la creación del proyecto SIG, este trabajo tiene una fase de documentación en relación con los aspectos clave del TFG. Tras esta fase de documentación, tanto de artículos como de libros, se hacen reflexiones y se extraen citas literales para la realización del marco teórico del trabajo. Dentro de la fase de documentación se incluyen varias visitas al SEIS para obtener información. También se realiza el apartado de fuentes, buscando información sobre las utilizadas para este trabajo y jerarquizándolas en fuentes oficiales y registros internos, aportado por el SEIS. Toda esta información aportada por el servicio ha sido depurada y completada para poder servir de base en la creación del proyecto SIG, a través de la digitalización de la información para la creación de una capa con las intervenciones realizadas en el 2016.

El proyecto SIG sigue las etapas del “ciclo de vida” con la fase de diseño lógico del proyecto, en la que es importante la abstracción de los elementos del proyecto de la realidad, para la creación de un modelo conceptual del espacio. Es una etapa en la que se suele incluir un planteamiento “piloto” para garantizar que el proyecto responde a las necesidades de la investigación. A continuación se realiza la etapa de implementación, relacionada con el diseño físico del proyecto, la generación de bases cartográficas y de datos y su integración. Esta implementación se realiza a través de una serie de operaciones que relacionen las bases alfanuméricas con la cartografía descargada previamente. Por último, se encuentra la fase de mantenimiento y revisión, de la que depende la eficacia y actualización del proyecto, por lo que no tiene una duración concreta, quedando abiertas en todo el desarrollo del TFG.

Esa etapa incluye también una fase de análisis de la información, realizado a través de herramientas concretas del software QGIS que ayudan a la resolución de objetivos de este TFG. Estas herramientas se pueden dividir en cuatro grandes grupos: herramientas de gestión de la información, herramientas de análisis de distancia y proximidad, herramientas de análisis estadísticos espaciales y la herramienta de grafo de rutas, que sirve para calcular la distancia más corta entre dos puntos añadiendo criterios de cálculo como la velocidad o la dirección.

También se realiza un análisis derivado del MDT, creando un mapa de sombras, en el que se calcula la iluminación de una superficie determinando valores de iluminación para cada pixel de la capa raster.

3.1. Herramientas de gestión de la información.

Consulta espacial y temática: La consulta espacial relaciona dos capas seleccionando su localización, determinados puntos que se encuentren en una zona o a una distancia de un lugar concreto. En este caso, es utilizada para consultar las intervenciones que están dentro de las diferentes zonificaciones del municipio. En el caso de la consulta temática, la selección se hace a través de un campo de datos, y se utiliza para hacer consultas sobre los diferentes tipos de intervenciones.

3.2. Herramientas de distancia y proximidad.

Buffer con múltiples zonas: esta operación se calcula a través del complemento “Multi Ring Buffer” y genera una capa vectorial con anillos individuales para calcular el radio de influencia a partir de un elemento determinado. En este proyecto el elemento del que parte el buffer es el parque de bomberos, mostrando así las diferentes zonas dependiendo de la distancia a la que se encuentre la intervención.

Matriz de distancia: herramienta que permite conocer la distancia entre dos puntos. Crea una tabla de distancias de cada punto al lugar de origen. En el proyecto se aplica para calcular la distancia que hay entre cada intervención con el parque de bomberos.

3.3. Herramientas de análisis estadísticos espaciales.

Coordenadas medias: establece el punto exacto de mínima distancia a todos los elementos de la capa, en este caso, a los elementos de cada grupo. En este proyecto se calculan los centros medianos de cada tipo de intervención.

Elipse de dispersión: con esta herramienta se calcula la distancia estándar de los ejes X, Y y Z para saber la dispersión de un conjunto de puntos. Este cálculo define los ejes de la elipse que abarca la distribución de las intervenciones, a través de la herramienta “Standard deviational ellipse”.

3.4. Grafo de Rutas.

Para el cálculo de rutas óptimas, objetivo principal de este TFG, se aplica el complemento “Grafo de Rutas”, que calcula la distancia más corta entre dos puntos. Se trata de una herramienta que necesita de una activación previa a través del administrador de complementos. También es necesaria una configuración de la herramienta tras su activación.

Para la utilización de esta herramienta es necesaria una capa de carreteras unidas por nodos creando una red viaria conectada, a partir de la cual se buscan dos puntos concretos y se captura utilizando la herramienta. El programa busca la ruta más corta entre estos dos puntos y la dibuja en el mapa.

Este complemento permite una mejora del cálculo añadiendo criterios e introduciéndolos en la tabla de atributos de la capa de viales. Estos criterios pueden ser la velocidad, la dirección o algunas incidencias. Este ajuste se realiza al calcular la ruta.

Figura 6: Herramienta de grado de rutas en QGIS.

Fuente: Elaboración propia.

La posibilidad de personalización de la red según velocidad, dirección, restricciones... permite un análisis de la ruta más detallado y realista, muy importante para este estudio.

4. Caracterización del municipio de Santander

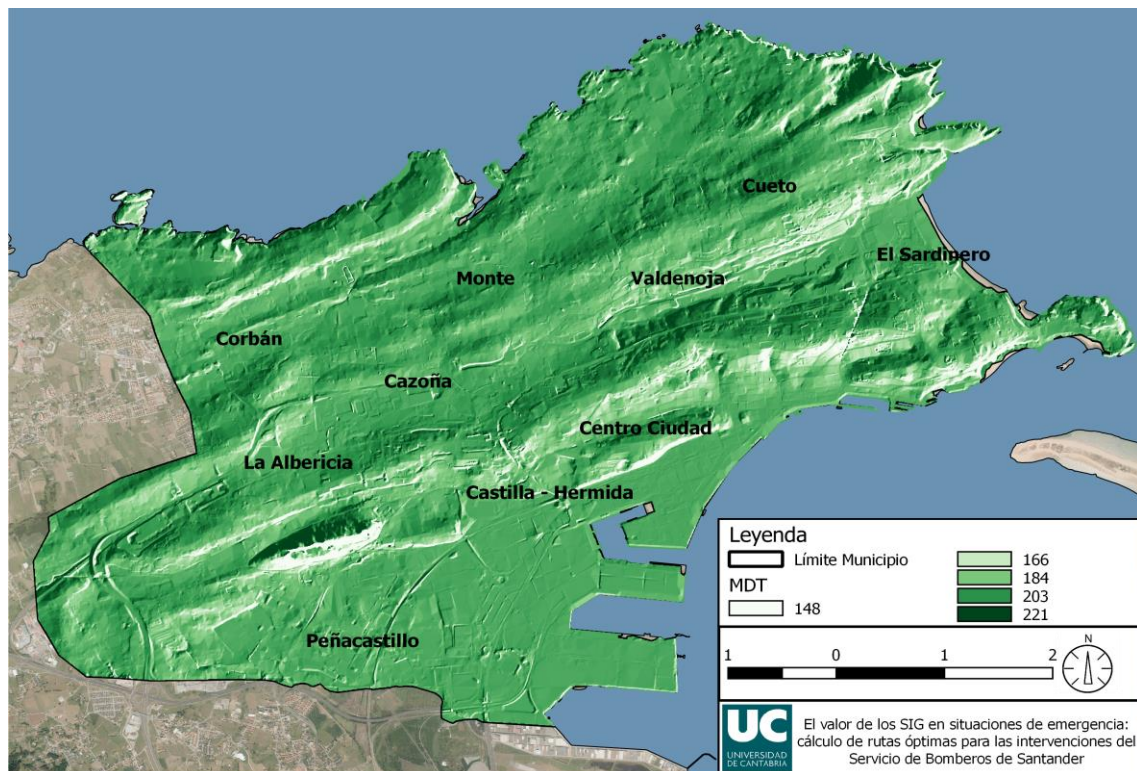
El municipio de Santander, situado en la Comunidad Autónoma de Cantabria, tiene una extensión de unos 36 kilómetros cuadrados. Se divide en 148 secciones censales y se encuentra en la zona central de la región costera. Además de incluir la propia ciudad de Santander, el municipio cuenta con otros núcleos de menor tamaño como Cueto, Monte, Peñacastillo y San Román de la Llanilla.

Es un municipio que se caracteriza por presentar alternancia entre elevaciones y depresiones formando un eje noreste-suroeste, pero en general sus pendientes son suaves, algo más notables en la zona de Peñacastillo. La parte más llana de la ciudad, en torno al Paseo Pereda,

surge de los rellenos que han dotado a la ciudad de una mayor superficie para el desarrollo industrial y comercial-marítimo.

Según la memoria del PEMUSAN, se puede dividir en tres zonas según su orografía (Mapa 1): una zona litoral, al norte, caracterizada por zonas mixtas con dinámica periurbana, con prados y relieves suaves que finalizan en acantilados de escasa altura; una zona llana, al sur, donde se extiende la ciudad, con sus correspondientes terrenos ganados al mar; y una zona de elevaciones que forman el eje noreste-suroeste a través del cual se asienta la ciudad (PEMUSAN, 2016). En el siguiente mapa se observan estas variaciones de la elevación del terreno.

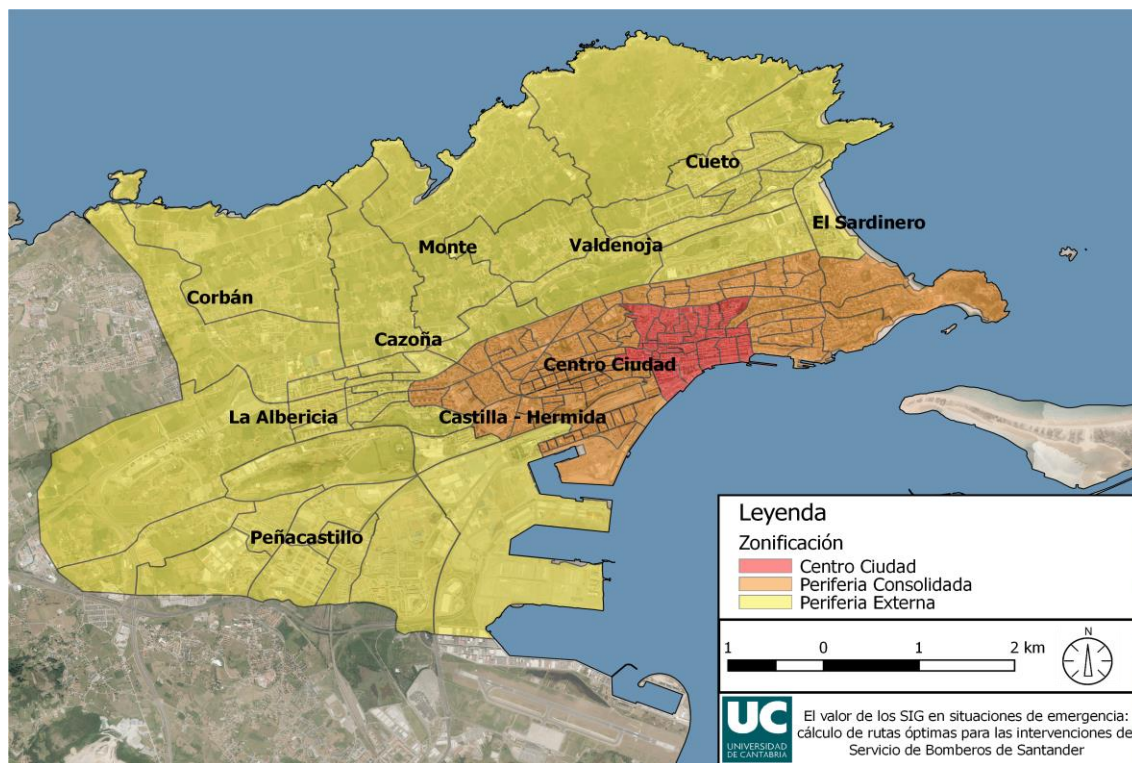
Mapa 1: Modelo digital del terreno.



Fuente: IGN, Modelo digital del terreno. Elaboración propia.

Atendiendo a la diversidad de morfologías urbanas y de desarrollos evolutivos, el municipio se divide en diferentes zonas. Estas áreas son: la zona del centro de la ciudad, la que bordea este centro, denominada periferia consolidada y la de la periferia externa (De Cos, 2005) (Mapa 2). La parte central de la ciudad, en torno a la Catedral, el Ayuntamiento y el Paseo Pereda corresponde a espacios reconstruidos tras el incendio de 1941 y a los ensanches de mediados del siglo XVIII. Estos edificios muestran por lo general un buen estado de conservación y su población es de un alto nivel social, aunque con cierto nivel de envejecimiento. Rodeando al centro se sitúa la periferia consolidada, con un importante proceso de construcción de viviendas hasta la década de los 90. Son ejemplo la zona de Castilla-Hermida y el entorno del área central. Por último está el área más periférica, con un mayor deterioro en los edificios y con una población de menor nivel social. Estas zonas suelen tener población modesta, con la excepción de El Sardinero. Algunas de éstas pueden ser: Cazoña, La Albericia, Peñacastillo, Cueto, Monte o San Román (Pemusan, 2016). En 1987 estas áreas comenzaron a experimentar un fuerte proceso de construcción de viviendas de bloques plurifamiliares, dejando atrás las viviendas rurales que caracterizaban estos espacios antes de la década de los 80 (De Meer y De Cos, 2007).

Mapa 2: Zonas urbanas de Santander (2011).



Fuente: IGN, Ortofotografía del PNOA. INE, Base del seccionado del Censo de Población y Vivienda. De Cos, O. (2005) "La organización del espacio social del área metropolitana de Santander". Elaboración propia.

El municipio tiene una población de más de 170.000 habitantes, según datos del INE de Enero del 2017. En épocas de verano, la afluencia de turistas hace que aumente este número de habitantes, ocasionado por el motor principal del municipio, el sector terciario basado en el turismo: comercios, restaurantes y hoteles. Este incremento en el número de población tiene gran importancia en la geoprevención, debido a que las personas potencialmente afectadas por riesgos aumentan. La estructura por edades, tal y como se puede observar en la Tabla 2, se encuentra en su mayoría población entre los 40 y los 59 años. También es importante destacar que más de 53.000 habitantes se encuentran en edad de jubilación, con especial importancia en la gran cantidad de población octogenaria, un 8% de la población total, cifras que han aumentado durante los últimos años. Esta población tiene una relación directa con las intervenciones del SEIS, ya que la mayoría de las asistencias a domicilios tienen relación con personas en edades avanzadas.

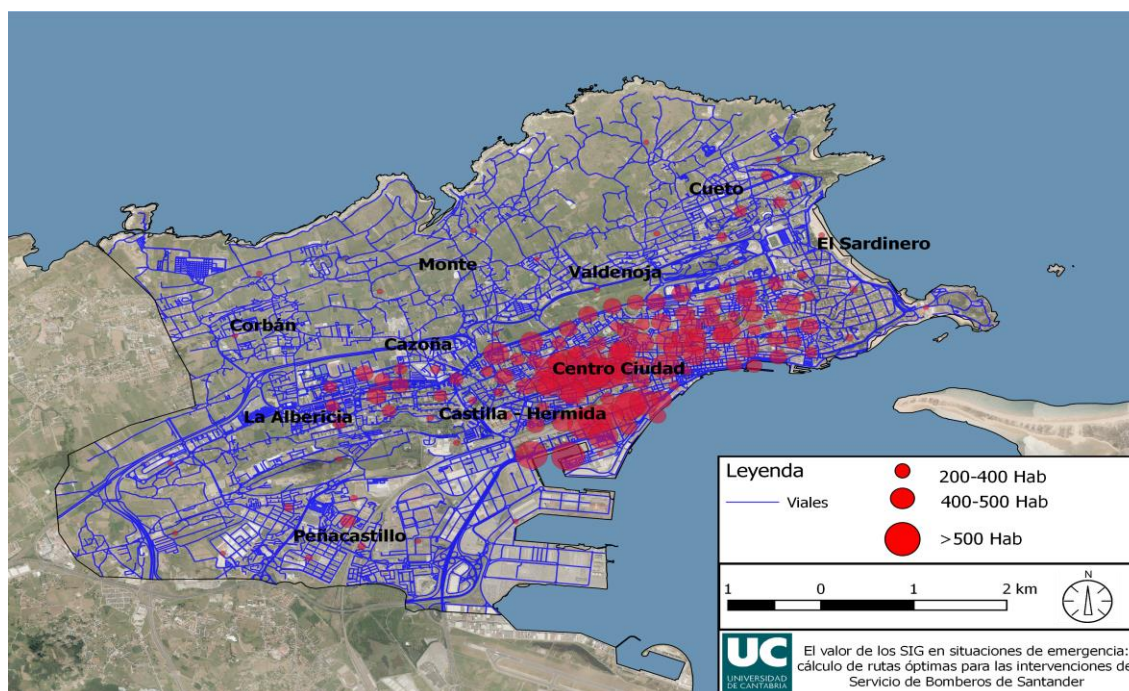
Tabla 2: Población por edades del municipio de Santander (2017).

Grupos de edad	Población 2017	Porcentaje
0-19	27.643	16%
20-39	38.485	22%
40-59	52.414	31%
60-79	39.124	23%
80 y más	14.285	8%
TOTAL	171.951	100%

Fuente: INE, Padrón Municipal de Habitantes de 2017. Elaboración propia.

En el Mapa 3 sobre la distribución de la población por secciones, se observa que es la zona del centro de Santander donde se encuentran los valores más elevados. Estas zonas centrales se sitúan en torno al Paseo Pereda y al Ayuntamiento, ampliándose hasta la zona de ensanche de Castilla – Hermida. En los últimos años, algunas zonas de la periferia como Cueto, La Albericia o Peñacastillo han aumentado su población, pero sin alcanzar lógicamente las densidades del centro de la ciudad. Otros espacios con menores concentraciones de población son Monte, Corbán o El Sardinero, donde aunque también aumente la población, quedan lejos de los valores máximos.

Mapa 3: Volumen de población por secciones del municipio de Santander (2017).

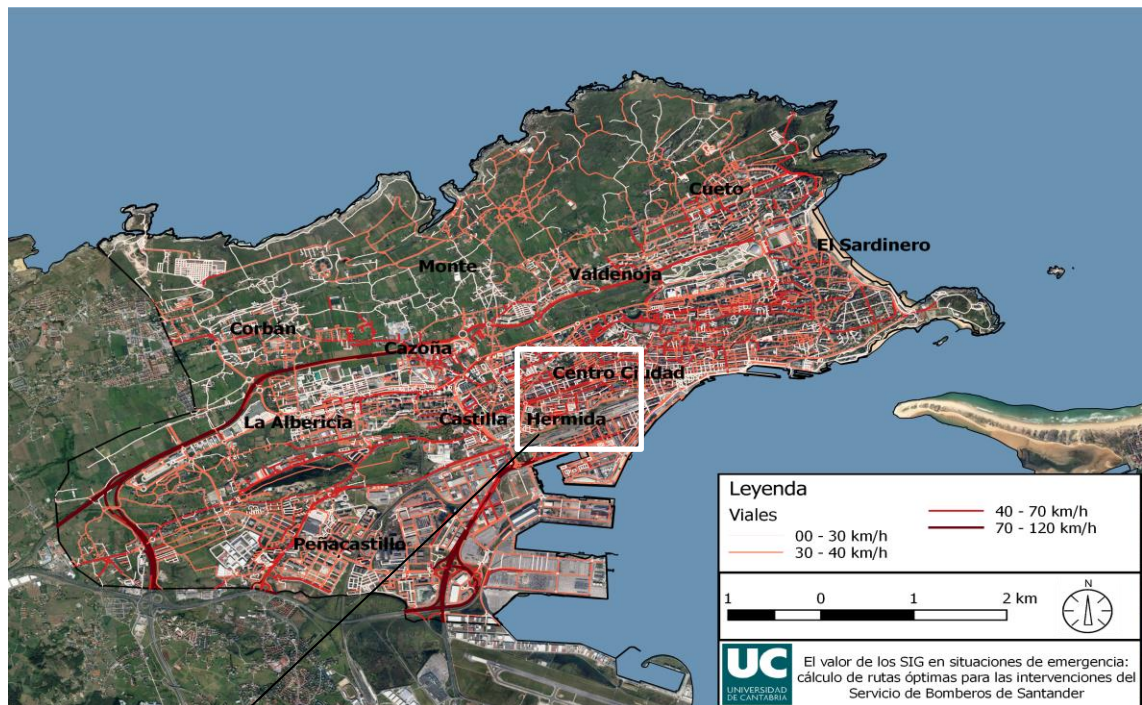


Fuente: IGN, Ortofotografía del PNOA. INE, Padrón Municipal de Habitantes de 2017. OSM, Viales. Elaboración propia.

En cuanto a la red viaria de la ciudad, se puede dividir en tres tipos diferentes: los ejes principales, que son los que conectan la ciudad de un extremo a otro, del Hospital Marqués de Valdecilla al Sardinero, y que a su vez configuran la estructura de la ciudad. Algunos ejemplos de estas vías son: la Calle Alta, la Avenida de los Castros o el eje San Fernando – Calvo Sotelo – Castelar; las vías secundarias, que dan acceso a las diferentes áreas en las que se divide la ciudad. Algunos ejemplos de estas vías secundarias son: la Calle Camilo Alonso Vega, Isabel II o La Cuesta la Atalaya y por último, las vías terciarias, pequeñas calles de acceso a las edificaciones o a zonas más concretas, por ejemplo, calle Calderón de la Barca, calle Cádiz o calle Guevara.

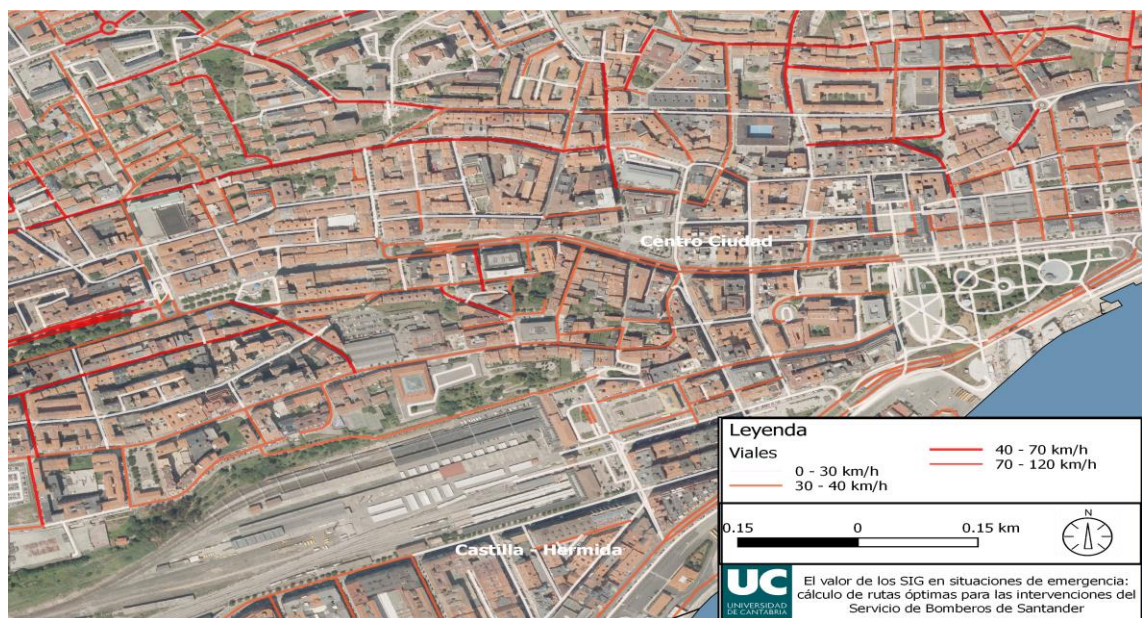
Las principales vías de entrada a la ciudad, que se conectan con las vías principales, son: la Calle Marqués de la Hermida, calle Castilla o Jerónimo Sainz de la Maza (Mapa 4). Otra vía de entrada más reciente, que llega hasta el Sardinero, es la autovía S-20. La construcción de esta nueva entrada por el oeste y norte del conjunto urbano al municipio de Santander es realizada con la inversión de la Administración Central en Infraestructuras a partir del PGOU de 1987. La planificación posterior aprovecha los espacios drenados y conectados por esta nueva arteria para ampliar las áreas urbanizables de los alrededores.

Mapa 4: Jerarquización del viario por velocidades.



Fuente: OSM, Viarios velocidades. OSM, Google Satellite. Elaboración propia.

Mapa 5: Zoom de la jerarquización del viario por velocidades en la zona centro.



Fuente: IGN, Ortofotografía del PNOA. OSM, Viarios velocidades. Elaboración propia.

En el centro de la ciudad se observa un destacado número de calles peatonalizadas que intentan potenciar el sector terciario. Las más importantes son; la calle Burgos, la calle Lealtad, San Francisco o Juan de Herrera. Centrándonos en las intervenciones por parte del SEIS, esta peatonalización del centro de la ciudad perjudica su labor, ya que impide atravesar muchas de las calles principales, ocasionando una búsqueda de alternativa de acceso que aumenta el tiempo de intervención para llegar al lugar de la emergencia. Además, muchas de estas calles peatonalizadas conectan plazas del centro de la ciudad, para que sean más accesibles para la población. Algunos ejemplos de estas plazas son: la plaza del Ayuntamiento, plaza Porticada o la plaza de Juan Carlos I.

Otro tipo de conexiones de la red viaria son los túneles, muy característicos en la zona central de la ciudad, y que sirven como uniones de esta zona centro con otras más alejadas. Los más importantes son: el túnel de Tetuán, que conecta el centro con la zona norte, el Sardinero; el túnel del Centro Botín, que conecta el centro con la Calle Castilla, vía de entrada/salida de la ciudad; el túnel de la Calle Burgos, que conecta el centro con la Calle San Fernando, otra vía de salida de la ciudad; y el túnel del Pasaje de Peñas, que también conecta la zona central con la Calle Castilla.

La red viaria está internamente conectada a través de rotondas, muy numerosas en la ciudad, alcanzando más de 100, cifra por tanto muy destacada. Una de las rotondas más transitadas es la del Paseo Pereda, con una media de 50.000 vehículos diarios, según datos de las espiras de tráfico del Ayuntamiento de Santander. En los últimos cinco años este número ha aumentado, poniéndose en funcionamiento diez más, y convirtiendo dos de ellas en turborotondas. Este elevado número de rotondas ocasiona que haya un menor número de semáforos que controlen el tráfico. Esto puede ocasionar un retraso en el tiempo de intervención de los servicios de emergencia debido a los atascos provocados por esta alta cantidad de rotondas, sobre todo en el centro de la ciudad.

Existen una serie de vías urbanas consideradas de alta densidad de circulación y que son objeto de una especial vigilancia. Las principales vías RED, como son denominadas, son: Casimiro Sainz, Santa Lucía, Guevara, Cervantes, Cisneros, Camilo Alonso Vega, Cuatro Caminos, Vargas, Burgos, Jesús de Monasterio, Pasaje de Peña, Rodríguez, Antonio López, Matías Montero y las comprendidas en las zonas delimitadas por estas. Estas vías se encuentran señalizadas con la señal RED y en caso de emergencia y hora punta, es aconsejable evitarlas, por lo que es importante tenerlo en cuenta para este estudio.

5. El municipio de Santander como ámbito de intervención del SEIS

5.1. El Servicio de Bomberos del Ayuntamiento de Santander.

El SEIS del Ayuntamiento de Santander se sitúa en el parque de bomberos de Ojáiz. Esta ubicación se inauguró en 2010 y es la quinta tras los más de 170 años de historia del servicio. Las nuevas instalaciones constan de las tecnologías más avanzadas en los 7.500 metros cuadrados de superficie del parque y están formadas por: una torre de maniobras de 21 metros de altura, un gimnasio, una sala de conferencias, una piscina de inmersión de 5 metros de profundidad para las prácticas de buceo, un túnel de humo para prácticas de intervención, etc. Además de éstas, el SEIS cuenta con otras instalaciones directamente relacionadas con la temática de este TFG. La primera es la central de llamadas, a partir de la cual, el responsable anota el lugar de la emergencia y busca la opción más rápida y eficaz para llegar lo antes posible. Otra de ellas es la zona de cocheras, donde el conductor activa el GPS a partir de los datos proporcionados por la central de llamadas, y programa la ruta más rápida, consultada previamente por el responsable de la central, comprobando las incidencias recibidas en tiempo real por la Policía Local.

Figura 7: Organigrama del Servicio de Bomberos.



Fuente: SEIS. Elaboración propia.

En la Figura 7 se muestra la estructura organizativa del SEIS del Ayuntamiento de Santander. Este organigrama se encuentra dentro de otro organismo superior que es el Ayuntamiento de Santander. En su área de Gobierno de Servicios Múltiples, encontramos un apartado de Personal y Protección Ciudadana, donde está situado este Servicio.

En el primer nivel del SEIS, el más elevado, se encuentra el Inspector Jefe del Servicio, encargado de la supervisión del Servicio y de la unificación entre el Ayuntamiento y los Bomberos.

Después de este primer nivel, el servicio se estructura en tres niveles: el Cuerpo de Bomberos, la Administración y el Servicio Local de Protección Civil. En primer lugar, en el Área de Organización, Formación y Mantenimiento, se encuentra el segundo nivel de responsabilidad y es el suboficial de mantenimiento, encargado del material y de la realización de las maniobras que realizan los bomberos a diario. También se encuentran en este grupo 7 bomberos comunicadores, situados en el puesto telefónico y mediando entre los bomberos y la emergencia. Es en este área del organigrama donde el proyecto SIG de este TFG tiene su utilidad. A través de él, los bomberos comunicadores hacen un cálculo

de la ruta óptima de actuación, para después comunicárselo a otra de las áreas de este organigrama, la de intervención.

En segundo lugar está el Departamento de Prevención, que es el que se encarga de la revisión de los planes de emergencia de la ciudad, por ejemplo, el plan de emergencia de la Universidad, del Centro Botín, de los edificios Institucionales... Además se encarga de la revisión de los hidrantes y las bocas de riego encontradas por toda la ciudad. Estos datos, posteriormente, se trasladan a SIG para poder situarse en el lugar más cercano a una de estas bocas de riego o hidrantes durante la intervención.

Por último, encontramos el Área Operativa de Intervención, la parte más importante del servicio. Está formada por unos 70 bomberos, 13 cabos y 8 sargentos, todos estos divididos en tres turnos de 24 horas. El nivel más elevado es el de sargento, que es el encargado de organizar la intervención desde el parque de bomberos, sin acudir a la emergencia, excepto que ésta sea muy grave. Los cabos son los encargados de transmitir a los bomberos las ordenes de los sargentos. Y por último los bomberos, que son los que realizan las intervenciones. Dentro de este último grupo se encuentran los bomberos-conductores que son los que reciben las indicaciones de los comunicadores para acudir a la emergencia. Es aquí donde este proyecto SIG vuelve a cobrar importancia, tras ser utilizado por los conductores para seguir la ruta óptima hasta el lugar de la emergencia.

Por otro lado se encuentra el Servicio de Protección Civil, encargado de la realización de planes de evacuación de eventos o de diferentes espacios, y de la redacción de documentación para este servicio. En este Servicio también es importante el papel de los SIG ya que ayuda en el cálculo de la ruta óptima de intervención en el caso de emergencia y en el proceso de evacuación de un espacio.

En la actualidad el parque de bomberos consta de varios tipos de camiones o medios para la extinción de incendios: una autoescala y dos brazos articulados, cuatro autotanques con sus respectivos depósitos de agua, dos camiones cisterna encargados de suministrar agua, un camión grúa, un camión y remolque para siniestros de derrames de sustancias químicas, un camión equipado con equipos de buceo y una zodiac y pequeños vehículos para las intervenciones en la ciudad.

5.2. El SEIS y las pautas de distribución de las intervenciones.

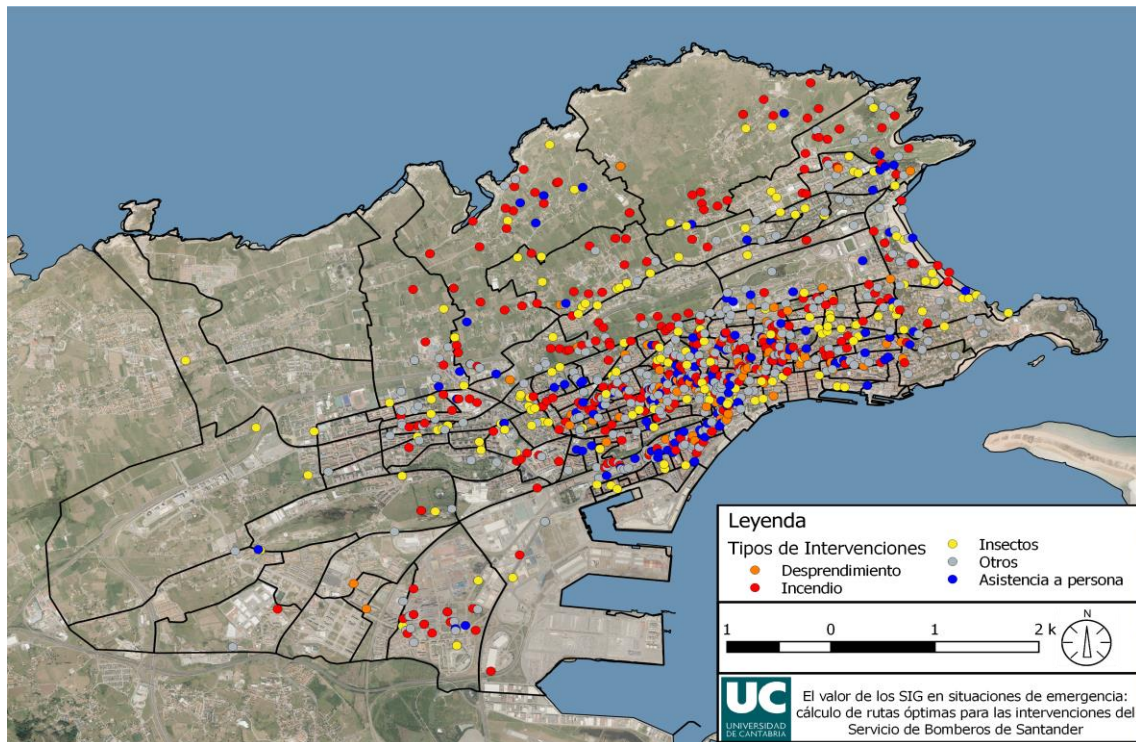
Las intervenciones que realiza el SEIS de Santander, pueden clasificarse en: riesgos naturales, riesgos antrópicos y riesgos tecnológicos. En el primer caso, los riesgos naturales, son desencadenantes de factores climáticos o geológicos; por ejemplo, inundaciones, desprendimientos o incendios de vegetación. En el segundo caso, los riesgos antrópicos, son los provocados por acciones humanas; por ejemplo, incendios tanto urbanos como rurales. Por último están los riesgos tecnológicos, que son riesgos antrópicos relacionados con el desarrollo tecnológico. En este tipo de riesgos se encuentran los accidentes de tráfico, los accidentes de mercancías peligrosas o los industriales.

Existen otros riesgos, a nivel de Comunidad Autónoma, que requieren de planificaciones especiales, y de los que también pueden formar parte el SEIS de Santander. Estas figuras especiales, que exceden los objetivos del presente TFG, pueden ser:

1. INFOCANT: Plan Especial de Protección Civil para los incendios forestales.
2. TRASCANT: Plan Especial de Protección Civil para las mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril
3. INUNCANT: Plan Especial de Protección Civil para las inundaciones.

Para la realización de este trabajo se ha realizado una selección de las asistencias, dentro de las realizadas por el SEIS en el 2016, en las que es necesaria una mayor inmediatez a la hora de acudir al lugar de la emergencia. Las intervenciones seleccionadas son los incendios y las asistencias técnicas. Estos dos grupos se dividen a su vez en: incendios que pueden ser de contenedores, vegetación, transporte, industria o incendios en general, y las asistencias técnicas que incluyen accidentes, excarcelaciones, desprendimientos, rescates, fugas de gas... y otras emergencias que puedan surgir y que necesiten de una rápida actuación. A continuación, en el Mapa 6, se muestran las intervenciones más numerosas durante el año 2016 y su distribución en el municipio, destacando en primer lugar los fuegos e insectos, tanto abejas como avispas, y en segundo lugar los desprendimientos y las asistencias a personas.

Mapa 6: Tipos de intervenciones (2016).

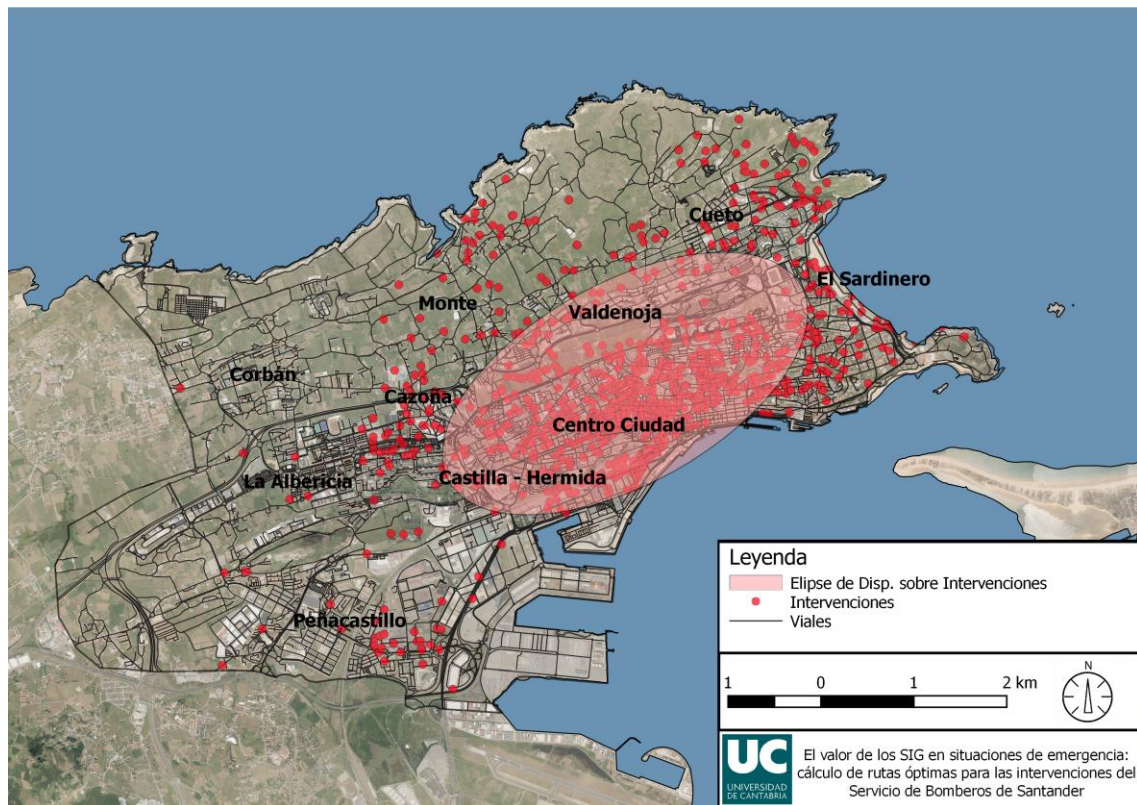


Fuente: SEIS, Intervenciones año 2016. IGN, Ortofotografía del PNOA. INE, Base del seccionado del Censo de Población y Viviendas. Elaboración propia.

Dependiendo del tipo de emergencia, el camión que se traslada y el tipo de indumentaria y de equipos es diferente. Entre los camiones que asisten en estas emergencias se encuentran los camiones auto-tanques, que realizan las intervenciones en las que es necesaria una gran cantidad de agua o alguna herramienta específica de excarcelación y los camiones de salvamentos, que dependiendo de la emergencia, son más específicos, como por ejemplo; los camiones escala, para alcanzar grandes alturas, las furgonetas específicas equipadas con trajes especiales o los vehículos de rescates en el mar.

En el caso del municipio de Santander, las intervenciones en el año 2016 han alcanzado las más de 3.500 asistencias. En el Mapa 7 se muestran las casi 1.200 que han necesitado una intervención más inmediata y con las que se ha trabajado para hacer este estudio. Además de las intervenciones seleccionadas, se calcula la elipse de dispersión en la que observamos que la mayoría de las intervenciones se encuentran en la zona central de la ciudad, y en las inmediaciones de dicho espacio.

Mapa 7: Intervenciones seleccionadas y elipse de dispersión.



Fuente: SEIS, Intervenciones año 2016. IGN, Ortofotografía del PNOA. OSM, Viales. Elaboración propia.

Las principales intervenciones seleccionadas se dividen en ocho tipos diferentes. El primero y más numeroso son los incendios, en el que se engloban incendios de vegetación, incendios de contenedores o incendios de inmuebles u otro tipo. Su centro medio lo encontramos en la periferia consolidada, debido a la cantidad de incendios de vegetación que se encuentran en la periferia externa, ocasionando que el centro de gravedad se traslade más hacia el norte. En segundo lugar destacan las intervenciones por insectos, las cuales han aumentado en los últimos años debido a la llegada de avispas velutinas. El centro medio en este caso también se traslada hacia el norte, debido a la importancia de estos insectos en la zona de periferia externa. En tercer lugar, por número de intervenciones destacan los desprendimientos, situado su centro medio en la parte central de la ciudad, donde las edificaciones son más antiguas y con peor estado de conservación. A continuación encontramos las asistencias a personas, tanto en domicilios donde es más común, como en la calle. El centro medio se encuentra en la zona central debido a un mayor envejecimiento de la población en este espacio. Posterior a estas intervenciones, con menor número de asistencias encontramos las

inundaciones, los accidentes de tráfico y las asistencias técnicas, encontrando sus centros medios muy próximos también al centro de la ciudad. Por último se encuentran las revisiones y la asistencia a eventos, también labor del SEIS, acudiendo a conciertos, eventos culturales o cualquier actuación que implique peligrosidad o multitud de gente.

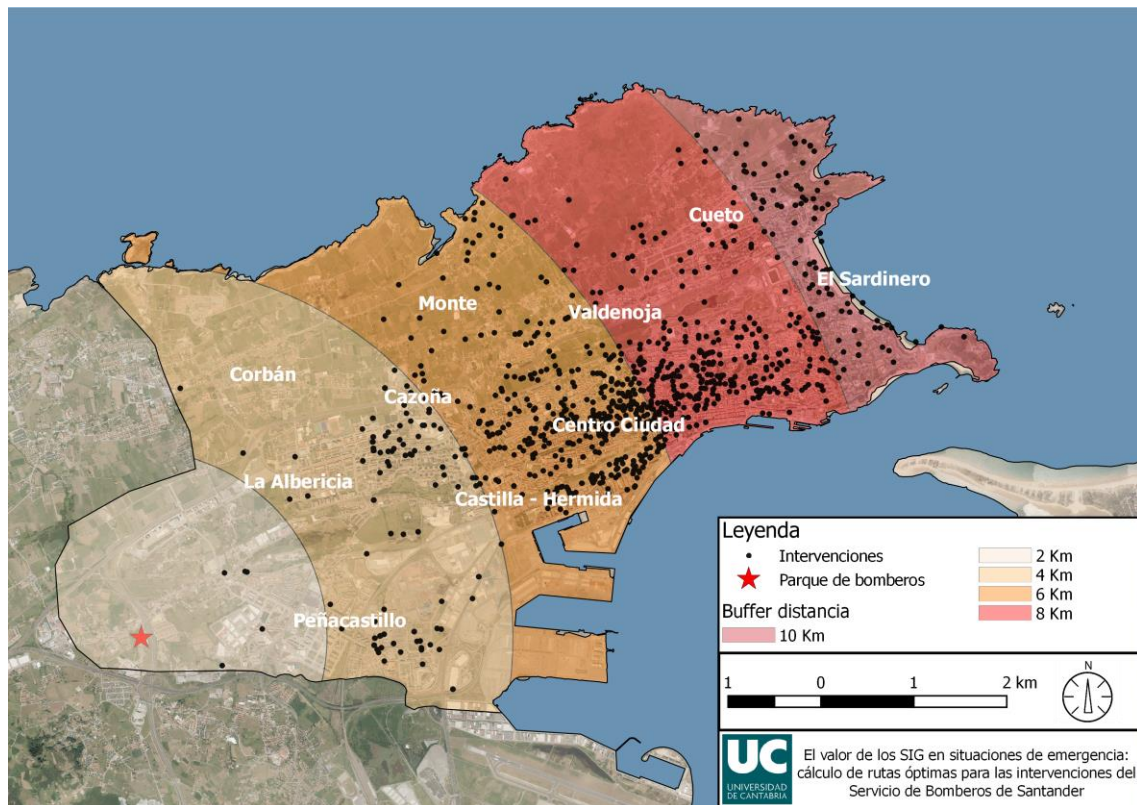
6. Análisis espacial de las intervenciones y diseño de escenarios de redes

6.1. Análisis espacial de las intervenciones.

Comenzando con el análisis de las intervenciones se realiza una matriz de distancia respecto al Parque de Bomberos. Es el lugar de donde parte el SEIS cuando acude a las situaciones de emergencia, por lo que es importante saber a qué distancia se enfrenta este servicio cuando tiene que realizar una salida. La distancia máxima lineal a la que tiene que acudir son 9,5 km, en el Palacio de la Magdalena, que corresponde con las intervenciones más lejanas realizadas en el año 2016.

Para analizar las distancias se hace un buffer de diferentes anillos que permite contrastar las diferentes zonas de la ciudad y calcular el tiempo medio de intervención por parte del SEIS cuando tiene que acudir a una emergencia. Tal como se muestra en el Mapa 8, la mayoría de las intervenciones se encuentran entre los 6 y 8 kilómetros de distancia al parque de bomberos. Esta distancia aumenta el tiempo de intervención del SEIS y el acceso al centro de la ciudad, que es el lugar donde se concentran la mayoría de las intervenciones. Además, en el último anillo a más de 8 kilómetros, también hay muchas intervenciones, pero los accesos a esta zona son más rápidos, gracias a la S-20. Esto favorece la actuación del SEIS y la rapidez de actuación en las emergencias.

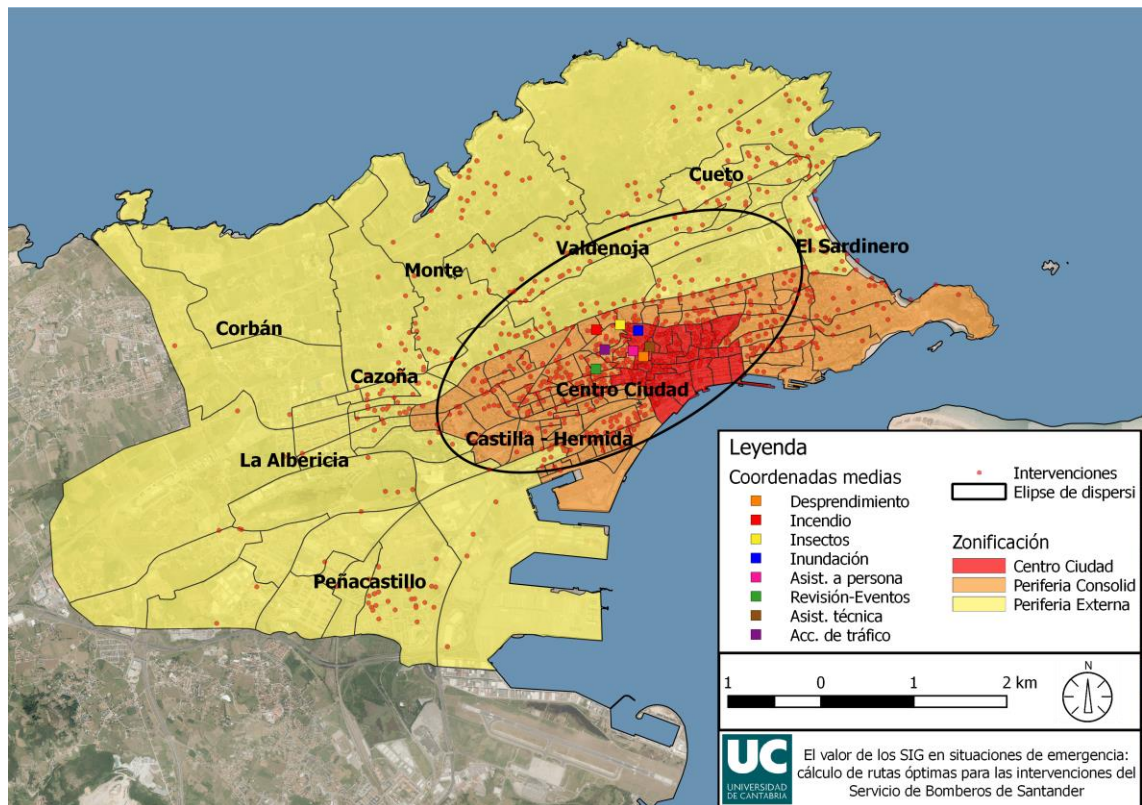
Mapa 8: Buffer de distancia desde el parque de bomberos.



Fuente: SEIS, Intervenciones año 2016. IGN, Ortofotografía del PNOA. Elaboración propia.

En cuanto a los análisis estadísticos espaciales, en el Mapa 9 se muestran las coordenadas medias de los diferentes tipos de intervenciones. La mayoría de los centros medios se sitúan en la parte del centro de la ciudad o en la periferia consolidada, cercana a la zona central. Este análisis de coordenadas medias se complementa con el cálculo de la elipse de dispersión (Standard Deviational Ellipse), en la que también se observa la concentración de las intervenciones en la zona centro, abarcando asimismo parte de las dos periferias. El centro de esta elipse se sitúa en el centro de las coordenadas medias y coincide en que la zona más afectada por las intervenciones es la zona centro.

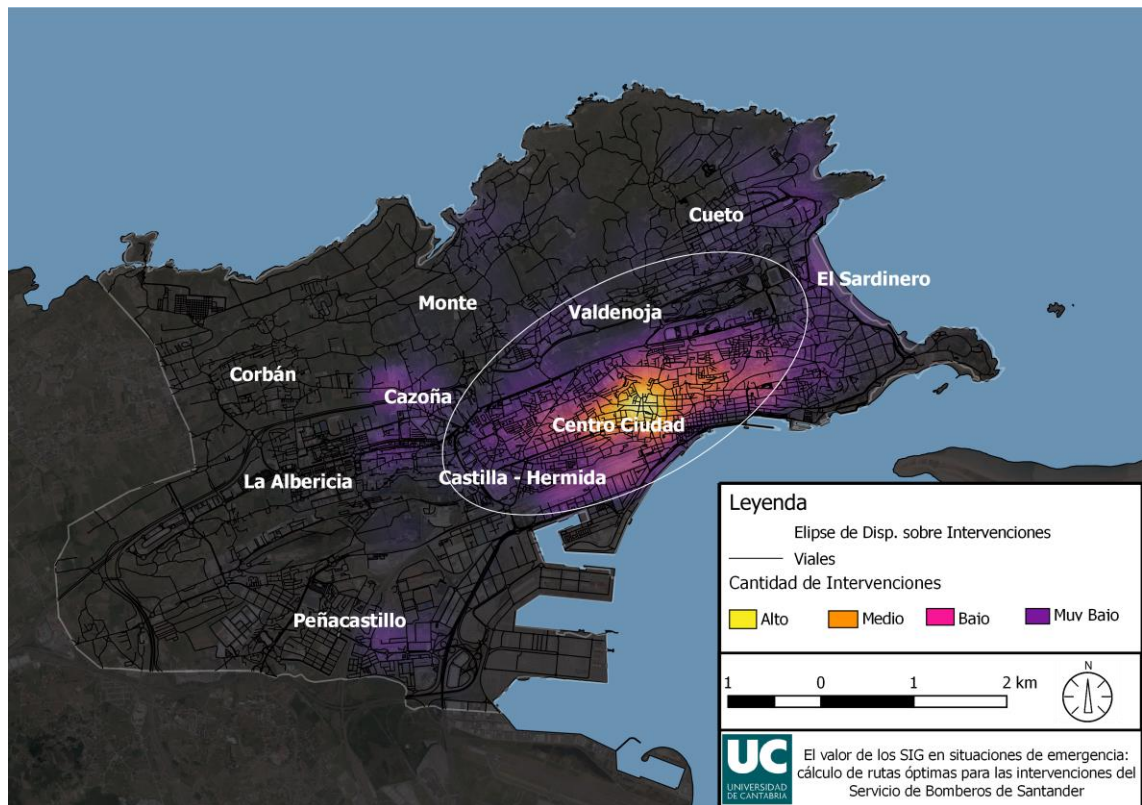
Mapa 9: Coordenadas medias de las intervenciones junto con la elipse de dispersión.



Fuente: SEIS, Intervenciones año 2016. IGN, Ortofotografía del PNOA. INE, Base del seccionado del Censo de Población y Viviendas. Elaboración propia.

En el Mapa 10 también aparece la elipse de dispersión junto con un mapa de calor sobre las intervenciones, en el que se distinguen diferentes focos de emergencias. El más importante es el del centro de la ciudad, pero además son importantes las intervenciones realizadas en la zona de Peñacastillo, Cazoña, Cueto y la zona de El Sardinero.

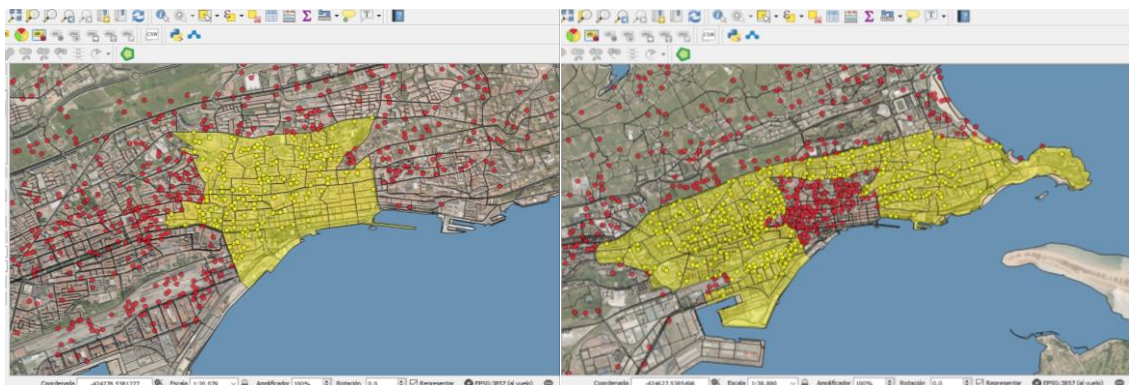
Mapa 10: Mapa de calor sobre la distribución de las intervenciones.



Fuente: SEIS, Intervenciones año 2016. IGN, Ortofotografía del PNOA. OSM, Viales. Elaboración propia.

Tras estos análisis de las intervenciones realizadas por el SEIS, se realizan consultas espaciales (Figura 8), en función de la zonificación, para establecer tres escenarios de rutas óptimas, que se usarán como modelos de simulacros.

Figura 8: Ejemplos de consultas espaciales de las intervenciones por zonificación.



Fuente: Elaboración propia.

6.2. Simulacros: escenarios de análisis de redes.

El análisis realizado sobre las intervenciones del 2016 sirve de base para realizar una selección de tres casos concretos, con los que se hace una simulación de la ruta de intervención del SEIS. Se plantean tres análisis diferentes, uno de cada zona de la ciudad, seleccionando los tipos de intervenciones más característicos en cada una de ellas. Aunque el principal foco sea la zona centro, como vemos en el mapa de calor y en la elipse de dispersión, las intervenciones se reparten en las tres zonas, siendo el protocolo de intervención y las rutas diferentes para cada una de ellas.

Para el cálculo de rutas óptimas, utilizando casos reales, se aplica la herramienta de grafo de rutas, descrita en el apartado metodológico. Además, en este cálculo de rutas, se añaden las impedancias de dirección y de velocidad, consiguiendo un cálculo más real.

6.2.1. Zona centro.

Este simulacro se realiza sobre la zona centro, en la que se encuentran la mayoría de las intervenciones realizadas por el SEIS. Esta zona central en torno a la Catedral, el Paseo Pereda y el Ayuntamiento, muestra edificios en buen estado de conservación, pero población con cierto nivel de envejecimiento.

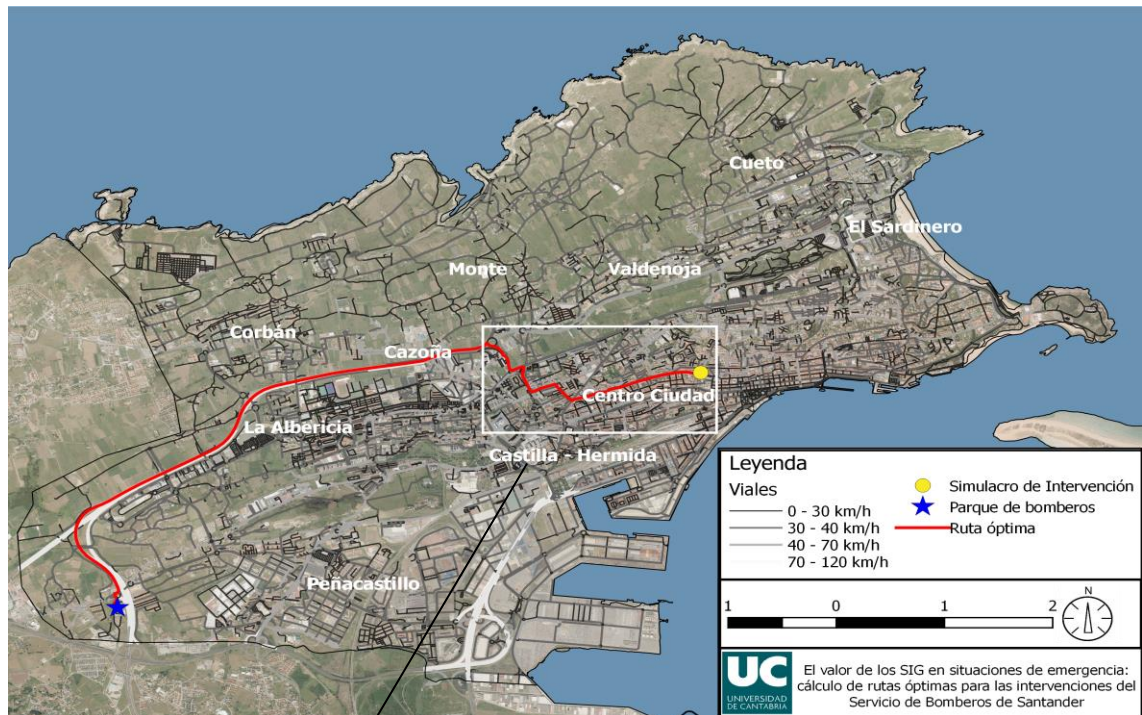
Se hace un análisis de los tipos de intervenciones para la selección del simulacro, y son los incendios los más numerosos de la zona. El envejecimiento de la población en esta área central incrementa la vulnerabilidad a estas intervenciones, siendo más habituales y peligrosas en edades avanzadas. La elección de este tipo de intervención para la zona centro también es debido a que los incendios son las asistencias que más rapidez precisan, y la zona central es, en muchos casos, la que presenta mayor dificultad para el acceso con rapidez, debido a impedancias como el tráfico, las rotondas, las calles peatonales etc.

La intervención seleccionada para este simulacro es un incendio en un domicilio, concretamente en una cocina, correspondiente a una persona anciana. Fue realizado el 6 de febrero del 2016 en torno a las 11h de la mañana y se sitúa en un edificio de la calle Cardenal Cisneros. Esta emergencia precisa rapidez debido a sus características, un incendio en un edificio en la zona centro de la ciudad, detrás del mercado de la Esperanza y en hora punta. Se prevé que sea una zona muy transitada a estas horas, y con bastante tráfico, debido a que es un día laborable y es una zona de descarga de camiones para el comercio.

Previo a la salida del parque de bomberos, el conductor comprueba que no haya impedancias de cortes de vía en el camino hacia la emergencia, información aportada por la Policía Local diariamente.

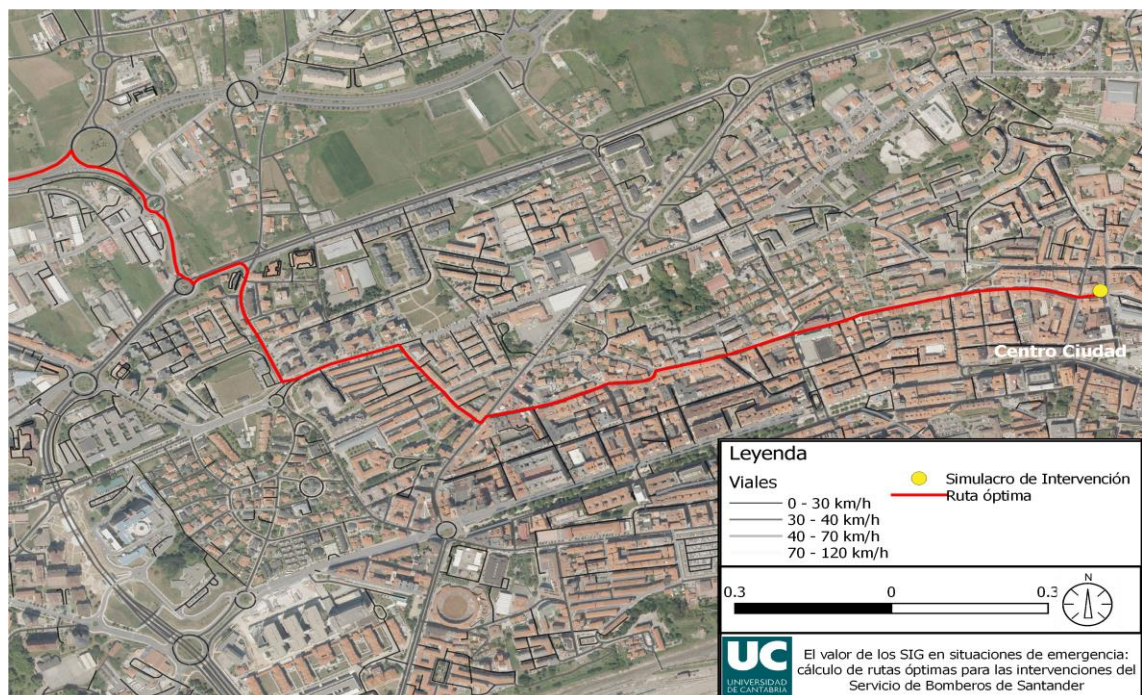
A continuación se muestra la ruta óptima calculada a través de QGis por la que el SEIS acudiría con mayor rapidez al lugar de la asistencia (Mapa 11) y un zoom más concreto de la entrada al centro de la ciudad (Mapa 12). En el cálculo de esta ruta se ha priorizado la rapidez, debido a el tipo de asistencia y sus características, aunque esto conlleve un mayor recorrido en cuanto a la longitud.

Mapa 11: Ruta óptima de intervención para simulacro del centro de la ciudad.



Fuente: SEIS, Intervenciones año 2016. IGN, Ortofotografía del PNOA. OSM, Viales. Elaboración propia.

Mapa 12: Zoom ruta óptima para el simulacro de la zona centro.



Fuente: SEIS, Intervenciones año 2016. IGN, Ortofotografía del PNOA. OSM, Viales. Elaboración propia.

La ruta comienza en el parque de bomberos, situado en Ojaiz, y sigue por la autovía S-30 hasta unirse con la S-20. Continúa por esta vía hasta que finaliza la autovía, dirigiéndose hacia la avenida de los Castros para posteriormente subir por la Bajada del Caleruco. Una vez en el Paseo de General Dávila, continúa hasta llegar a Vazquez de Mella bajando por esta a Camilo Alonso Vega. Finalmente, continúa por Jiménez Díaz hasta llegar a Cardenal Cisneros número 2.

Analizando la ruta de intervención, se observa que intenta evitar el mayor número de rotondas posibles, atravesando solo cuatro en sus más de 8 kilómetros de recorrido, y siendo éstas, poco transitadas en esta franja horaria. La ruta también evita atravesar las zonas centro de la ciudad, y las vías principales de acceso, siendo así mucho más rápida la intervención. El acceso por la zona norte de la ciudad es más rápido para acceder al centro, aunque el recorrido en este caso sea de más de 2 kilómetros de diferencia. Al utilizar la autovía el SEIS también evita el paso por semáforos, lo que dificulta en muchos casos los adelantamientos. El tiempo total que tarda el SEIS en realizar este recorrido de más de 8 kilómetros son 7 minutos.

Por último, también es importante que el acceso a la intervención sea por calles amplias, evitando las zonas con coches en doble fila, debido a que para esta emergencia el camión que acude es un auto-tanque, con amplias dimensiones.

6.2.2. Periferia consolidada

En este caso el simulacro se realiza sobre la periferia consolidada, la zona intermedia entre el centro y la periferia externa de la ciudad. Este territorio tiene un importante proceso de construcción de viviendas hasta la década de los 90, por lo que son más recientes en su mayoría que las de la zona centro. Son ejemplo de esta periferia el entorno del área central, destacando la zona de General Dávila o la de Castilla-Hermida.

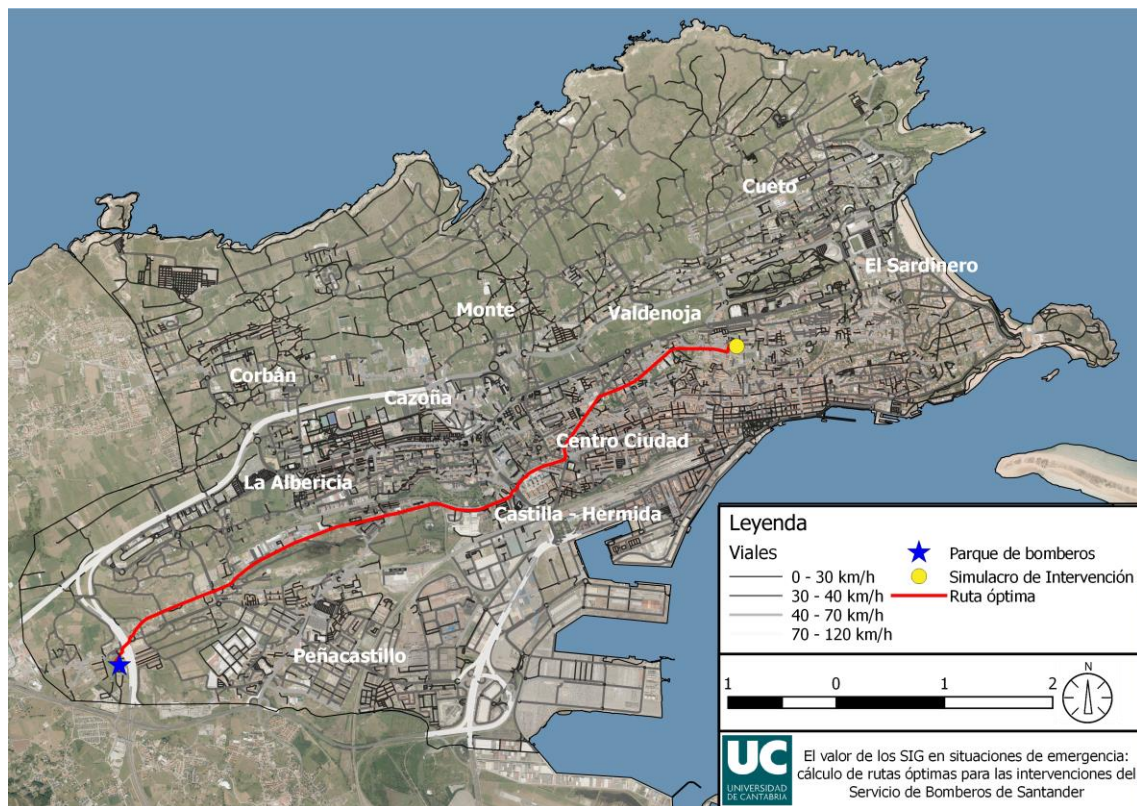
Para la selección de este simulacro se hace nuevamente un análisis de los tipos de intervención para ver cuáles son los más destacados. En esta zona también es muy importante la presencia de población envejecida, debido a la cercanía de este espacio con el centro de la ciudad y con los servicios que este ofrece.

El tipo de emergencia seleccionado para este simulacro es la asistencia a personas en domicilio, tanto porque es el más numeroso en esta zona, como por la importancia de la población envejecida y los riesgos que esto conlleva para este tipo de asistencias. Se trata de intervenciones que precisan rapidez, como ocurría con los incendios, y el acceso a esta periferia consolidada tampoco es una tarea fácil para el SEIS. El tráfico que se genera en esta zona para acceder al centro de la ciudad, las numerosas rotondas y las calles peatonales siguen influyendo en la intervención y en la elección de la ruta de los servicios de emergencia.

La intervención seleccionada es una asistencia en un domicilio de una persona anciana, con dificultades para levantarse de la cama. Fue realizada el 7 de marzo del 2016 hacia las 15h de la tarde en la calle Grupo General Dávila. Es una emergencia que precisa rapidez debido a que no se conoce la situación en la que se encuentra esa persona, por lo que puede ser grave. El acceso no se prevé complicado, debido a que no es una hora ni una zona de mucho tráfico, aunque concretamente los accesos en el barrio no son muy favorables.

Previo a la salida del parque de bomberos, el centro de control comprueba las impedancias aportadas por la Policía Local ese día e informa al conductor los posibles cortes de vía en el acceso a la intervención. A continuación se muestra la ruta óptima calculada a través de QGis (Mapa 13), priorizando en este caso la longitud, debido a la poca diferencia en segundos que existe en la intervención si priorizamos el tiempo.

Mapa 13: Ruta óptima de intervención para simulacro de la periferia consolidada.



Fuente: SEIS, Intervenciones año 2016. IGN, Ortofotografía del PNOA. OSM, Viales. Elaboración propia.

La ruta comienza en el parque de bomberos, situado en Ojaiz, y sigue por la nacional 611 hasta llegar a la rotonda del Hospital Marqués de Valdecilla. Continúa por la avenida de Valdecilla hasta la rotonda de Cuatro Caminos, donde toma la tercera salida en dirección a la avenida Camilo Alonso Vega. Sigue por esta calle hasta llegar al cruce con General Dávila, paseo por el que continúa hasta llegar al barrio donde se encuentra la emergencia. Finalmente, llegado al Grupo General Dávila, el SEIS toma la calle Juan del Castillo para acceder a la intervención.

Analizando la ruta, se observa que este simulacro atraviesa seis rotondas, siendo imposible evitar dos de las de mayor tráfico de la ciudad, la rotonda de Valdecilla y Cuatro Caminos. A pesar de esto, la ruta es más rápida debido a que evita atravesar las zonas del centro de la ciudad más transitadas y las vías principales de acceso. Este recorrido es el más corto en kilómetros, debido a la poca diferencia en tiempo que habría si el acceso fuera por la autovía

recorrido 3 kilómetros más de distancia. Esta intervención se realiza en 9 minutos y son poco menos de 7 kilómetros de recorrido.

Por último, es importante no circular por vías secundarias, debido a que éstas pueden tener coches en doble fila o zonas estrechas por las que el camión no podría pasar. Además, para esta intervención es necesario un camión escala, de grandes dimensiones, por si el acceso a la vivienda es complicado.

6.2.3. Periferia externa

En este caso el simulacro se realiza sobre la periferia externa, la zona que continúa de la periferia consolidada y que finaliza con el límite del municipio. Estas áreas experimentaron a finales de los 90 un proceso de construcción de viviendas de bloques plurifamiliares, sustituyendo las viviendas unifamiliares tradicionales que caracterizaban estos espacios. La población es más modesta que la del centro de la ciudad, con la excepción de la zona de El Sardinero. Junto con esta área, forma la periferia externa Cazoña, La Albericia, Peñacastillo, Cueto, Monte y San Román. La población es menos envejecida, y los espacios de parques y zonas verdes son más numerosos.

La selección de este simulacro se realiza a través del análisis de los tipos de intervención, destacando dos principalmente. Por un lado, las intervenciones relacionadas con insectos y, por otro lado, los accidentes de tráfico. Se selecciona el segundo tipo de intervención, los accidentes de tráfico, por su mayor carácter de urgencia, por lo que el cálculo de la ruta óptima es determinante.

Este tipo de asistencia es muy numerosa en esta zona, y requiere de gran rapidez debido a que en un accidente no se sabe las características con las que se puede encontrar el SEIS. Acuden con herramientas de excarcelación y con camión autotanque para realizar la intervención. El tráfico, los semáforos y las rotondas siguen influyendo en el tiempo de intervención por parte del SEIS, intentando que con el cálculo de la ruta óptima este tiempo mejore.

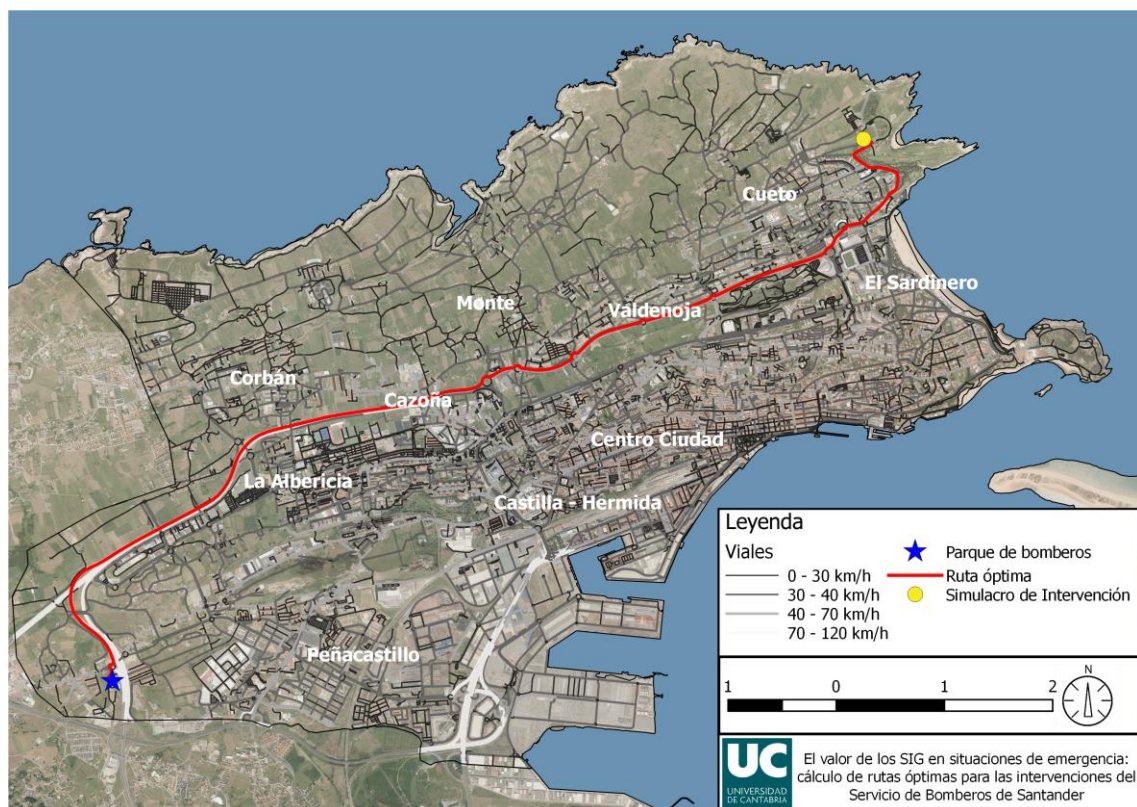
La intervención seleccionada es una asistencia a un accidente de tráfico de un autobús municipal. Fue realizada el 8 de mayo del 2016 hacia las 18h de la tarde en la calle Inés Diego de Noval. Es una emergencia que precisa rapidez debido a que no se conoce la

situación en la que se encuentran las personas del accidente, por lo que puede ser grave. El acceso no se prevé complicado, debido a que no es una hora ni una zona de mucho tráfico, aunque la utilización de una de las vías principales de entrada a la ciudad puede retrasar el tiempo de intervención.

Los posibles cortes de vías o impedancias son revisadas por el centro de control y trasladadas al conductor de la intervención antes de calcular la ruta que van a seguir hacia la incidencia.

A continuación se muestra la ruta óptima calculada a través de QGis (Mapa 14), priorizando en este caso tanto la longitud como la velocidad, porque en ambos casos la elección de la autovía S-20 en la ruta óptima.

Mapa 14: Ruta óptima de intervención para simulacro de la periferia externa.



Fuente: SEIS, Intervenciones año 2016. IGN, Ortofotografía del PNOA. OSM, Viales. Elaboración propia.

La ruta comienza en el parque de bomberos, situado en Ojaiz, y sigue por la autovía S-20 hasta unirse con la S-20. Continúa por esta vía hasta la rotonda del final de autovía, donde toma la segunda salida para seguir por la S-20. Una vez finalizada la S-20, en la rotonda de la Constitución, continúa por la Calle Alcalde Vega Lamera y por la Avenida Cantabria. Finalmente, toma la Avenida del Faro hasta llegar a la intervención en Calle Inés Diego de Noval.

Analizando la ruta, se observa que este simulacro atraviesa ocho rotondas y una turborotonda, siendo, aun así, la ruta más rápida. Son rotondas con poco tráfico, y la hora de la intervención no es una hora de mucha afluencia de coches por esta vía de entrada. Lo que sí que evita este recorrido son semáforos, ya que apenas hay 5 en toda la ruta. Son más de 10 kilómetros de recorrido pero una de las rutas más rápidas de los simulacros, apenas 10 minutos, debido a que la mayoría del recorrido es por autovía, sin coches en doble fila, sin pasos de peatones, sin zonas con mucho tráfico, etc.

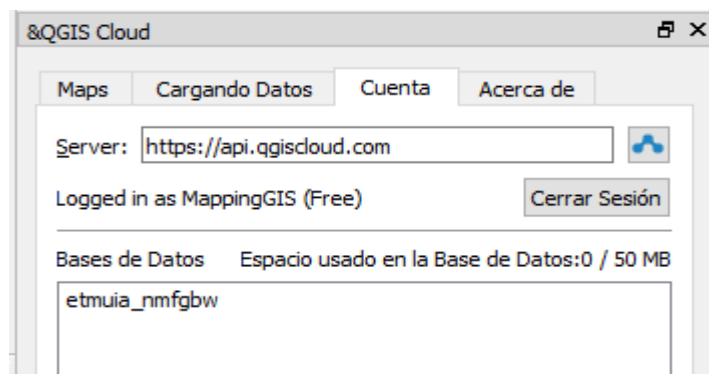
Por último, hay que destacar la importancia de evitar la zona de cueto y monte, con numerosas calles estrechas que complican el paso del camión, con parques y zonas verdes donde la velocidad debe ser menos elevada y con calles sin salida o que llevan a zonas residenciales que complicarían el acceso a la intervención.

7. Complemento QGis Cloud.

Para la publicación del proyecto y de los mapas online, se ha elegido un complemento que ofrece QGis, QGis Cloud. Con este plugin es posible compartir los mapas y que su consulta sea de libre acceso.

Se trata de un servicio de alojamiento de mapas en la nube a través de QGis, que precisa de una instalación previa del complemento desde el repositorio oficial de complementos. Tras la instalación, se accede a las opciones de QGis Cloud registrándose en la web y creando una cuenta.

Figura 9: Pantalla del complemento QGIS Cloud.



Fuente: Elaboración propia

QGIS Cloud es una infraestructura de datos espaciales que permite publicar mapas, datos y servicios en la web. Una vez creado el proyecto en QGIS y teniendo los mapas preparados, se publican en la web mediante este complemento. Estos mapas son de libre acceso para cualquier usuario y permiten modificaciones desde QGIS.

QGIS Cloud ofrece cuatro características principales: crear mapas con el escritorio QGIS para posteriormente publicarlos, administrar y crear nuevas bases de datos, compartir la información y los datos a través de los servicios web e imprimir mapas. Todos estos datos que se almacenan en la nube están protegidos con contraseña. Además, se puede restringir el acceso a personas a través de QGIS Cloud Pro.

En este proyecto se utiliza el complemento QGIS Cloud para compartir los mapas realizados y los cálculos de las rutas óptimas a las intervenciones seleccionadas. Utilizando esta aplicación de QGIS, los bomberos pueden acceder a los mapas y a las rutas óptimas calculadas desde cualquier lugar, con un dispositivo Android. Una vez localizada la emergencia, a través de QGIS se calcula la ruta óptima y se comparte públicamente con QGIS Cloud para que el conductor pueda consultar el recorrido a la emergencia desde el camión.

A continuación se muestra la utilización del complemento en este proyecto, para comprobar la utilidad del mismo. Se pueden consultar las rutas óptimas calculadas con QGis para el acceso a las intervenciones seleccionadas. Además, también están disponibles el resto de capas realizadas para el análisis de las intervenciones y las necesarias para el cálculo de las rutas óptimas de intervención.

Figura 10: Proyecto compartido en QGis Cloud.



Fuente: Elaboración propia

Desde QGis Cloud, en el desplegable de “Layers y Legend”, se eligen las capas del proyecto que se quieren visualizar. En este caso las seleccionadas son la situación de los tres simulacros, la situación del parque de bomberos, los viales y el cálculo de la ruta óptima del simulacro de la zona centro. Además la aplicación permite hacer mediciones de distancia de un punto a otro en línea recta, desde el desplegable “Map Tools”.

8. Conclusiones

Este Trabajo Fin de Grado es el resultado de un proceso planificado de forma metódica para llegar al objetivo planteado: la demostración de la utilidad de las rutas óptimas en la geoprevisión.

Este objetivo, junto con los secundarios, han sido posibles gracias al uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que han permitido: realizar un análisis previo de las intervenciones para la selección de tres simulacros y, posteriormente, calcular las rutas óptimas de estas intervenciones. La utilización de estos sistemas SIG para la realización del proyecto exige la ejecución de una metodología clara y precisa, compuesta por una serie de etapas que permiten alcanzar estos objetivos. Esta metodología previa al proyecto posee un esfuerzo en la recogida, implementación y generación de bases de datos, junto con la depuración de estos para, finalmente, poder utilizarlos en la resolución de los objetivos del proyecto. De esta forma, se pueden realizar posteriormente los análisis de las intervenciones requeridos para la selección de los simulacros a partir de las herramientas SIG. Estos análisis se basan en la búsqueda de las zonas de la ciudad donde las intervenciones son más elevadas, y que tipo de intervenciones son las más características en estas zonas. En el centro, el principal foco de actuación, las intervenciones más destacadas son los incendios. En la zona de periferia consolidada las asistencias a personas son las más características y en la periferia externa, los accidentes de tráfico cobran importancia, siendo estos los simulacros seleccionados para el cálculo de las rutas óptimas.

Tras estos análisis se obtienen unos resultados que concluyen en el cálculo de las rutas óptimas de intervención para los tres simulacros seleccionados. Estas rutas evitan las zonas de tráfico de la ciudad y las rotondas y semáforos, que obstaculizan un avance rápido del SEIS. Demuestran así la utilidad de los SIG en la geoprevisión, facilitando el acceso a las intervenciones, en este caso, utilizando vías rápidas de entrada a la ciudad, como la S-20. Queda abierta una estructura SIG para posibles estudios posteriores que permite analizar las rutas de las intervenciones realizadas, con posibilidad de ser explotada en el futuro.

A modo de valoración personal, el desarrollo de este TFG ha sido una buena experiencia sumada a la satisfacción de abordar los objetivos establecidos. La orientación hacia la geoprevisión y el uso de los SIG era un campo de aplicación claro desde el comienzo, que posteriormente ha mejorado consiguiendo los objetivos planteados para el proyecto. A medida que iba avanzando con el estudio, veía más clara la utilidad que tenía este trabajo

para el SEIS, uno de mis objetivos principales. Haber conseguido finalmente llegar a compartir en la web este proyecto y que pueda servir de utilidad para la geoprevención supone una satisfacción y un avance en mi formación académica. Me he enfrentado a un desafío en mi último trabajo de grado y los resultados me han servido para plantearme nuevos retos en futuros proyectos, sin miedo a las nuevas tecnologías y al manejo de los SIG.

9. Bibliografía

ABELLA, A., ORTIZ, M. y PABLOS, C. (2014): “Reutilización de información en las ciudades inteligentes”, *El profesional de la información*, nº 6, p. 838-844.

AMADO, E.A. (2011): “Aplicación de dos programas SIG libres en la obtención de redes viales urbanas a partir de capas vectoriales”, *Geofocus*, nº 11, p. 16-37. Disponible en: <http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/228>. [Consultado: Enero 2018].

AYUNTAMIENTO DE SANTANDER (2016): Plan de Emergencia Municipal de Santander (PEMUSAN). Disponible en: <http://santander.es/ciudad/plan-emergencias>. [Consultado: Enero 2018].

BECKER, P. (1995): *Local Government GIS Demonstration Grant*. Archivos estatales, Centro de Educación Albany, Nueva York. Disponible en: <http://www.ncgia.buffalo.edu/ncgia/sara/volumei.pdf>. [Consultado: Enero 2018].

BUDHRANI, R. (2010): Palma Routing: cálculo web de rutas con pgRouting, OSM y OpenLayers. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya. Disponible en: http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/2185/1/b_roshni_memoria.pdf. [Consultado: Enero 2018].

BUSTILLO, E. y RODRÍGUEZ BUSTAMANTE, P. (2015): “Los Sistemas de Información Geográfica y las ciudades inteligentes”, *Polígonos, Revista de Geografía*, nº 27. Disponible en: <http://revpubli.unileon.es/index.php/poligonos/article/view/3283>. [Consultado: Enero 2018].

COPANO, L. (2014): “Gestión de direcciones y viarios: Dificultades para la generación e integración de un sistema georreferenciado”, *Estudios Andaluces*, nº 31. Disponible en: <https://revistascientificas.us.es/index.php/REA/article/view/2822>. [Consultado: Enero 2018].

COSTA, J. (2011): “Open Street Map: el mapa libre del mundo”, *Revista Bits de Ciencia del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile*, nº 6, p. 46-51. Disponible en: <https://www.dcc.uchile.cl/Bitsdeciencia06.pdf>. [Consultado: Enero 2018].

DE COS, O., DE MEER, A. y MARTÍN, E. (2007): “Planeamiento Urbanístico y Crecimiento Urbano: importancia de la escala metropolitana en la definición del modelo territorial”. *Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales*, nº 754. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-754.htm>. [Consultado: Mayo, 2018].

GARCÍA PÉREZ, A. (2015): “Consecución de la fase preparatoria de “Ciudades Amigables para Todos”: investigación–acción en accesibilidad urbana a través de OpenStreetMap (OSM)”. Bilbao: Universidad de Deusto y Zerbikas Fundazioa. Disponible en: <http://energia.deusto.es/media/publications/2015/conferencepaper/apsu6-2015/consecucion-de-la-fase-preparatoria-de-ciudades-amigables.pdf>. [Consultado: Enero 2018].

GARCÍA, S. y ÁVILA, D. (2014): “Ciudad fragmentada y espacios de riesgo: lógicas de gestión securitaria en Madrid”, *Scripta Nova*, volumen 18, nº 493, p. 17. Disponible en: <http://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/article/view/15020/18373>. [Consultado: Enero 2018].

GÉRTRUDIX, M., ÁLVAREZ, S. y RAJAS, M. (2016): “Open Data en aplicaciones móviles: nuevos modelos para la información de servicio”, *Fonseca: Journal of communication*, nº 12, p. 117-131. Disponible en: <http://revistas.usal.es/index.php/2172-9077/article/view/fjc201612117131/15132>. [Consultado: Enero 2018].

GOBIERNO DE CANTABRIA (2005): Plan Territorial de Emergencias y Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Cantabria (PLATERCANT). Disponible en: <https://112.cantabria.es/documents/1627974/1649793/PLATERCANT.pdf>. [Consultado: Enero 2018].

HERNANDO, F. (2008): “La seguridad en las ciudades: el nuevo enfoque de la geopreención”, *Scripta Nova*, nº 270, p. 20. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-270/sn-270-14.htm>. [Consultado: Enero 2018].

JUAN, I. (2011): “Causas de Incendios en Collserola: el uso del SIG”, *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, nº 71, p. 245-263. Disponible en: <https://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000180/00000079.pdf>. [Consultado: Enero 2018].

MÁRQUEZ, J., OJEDA, J., ÁLVAREZ, J. (2014): “Análisis de redes y sensibilidad a la unidad mínima de información poblacional: Sanlúcar de Barrameda”, *Geofocus*, nº 14, p. 85-104. Disponible en: <http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/302>. [Consultado: Enero 2018].

MOYA VANEGAS, E. J. (2016): Desarrollo e implementación de un sistema de información geográfica para gestión de la atención de emergencias del cuerpo de bomberos de Palmira. Trabajo de grado (Especialización en Sistemas de Información Geográfica). Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias e Ingeniería.

NOGUE, L., NOCIAROVA, D., BARDALET, N., HOSPITAL, A. y ADSERIAS, M. (2015): “Habilitación de una ciudad en sucesos de múltiples víctimas”, *Revista Española de Medicina Legal*, volumen 41, nº 1, p. 40-42. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-medicina-legal-285-articulo-habilitacion-una-ciudad-sucesos-con-S0377473214000133>. [Consultado: Enero 2018].

ORDOÑEZ, C., VARELA, M., REYES, A. (2011): “Desarrollo de un SIG para el análisis de patrones espaciales de Incendios de viviendas”, *Geofocus*, nº 11, p. 1-18. Disponible en: <http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/210>. [Consultado: Enero 2018].

ORTOLL, E., GARCÍA, M. y CANALS, A. (2015): “Gestionar datos en situaciones de emergencia. Estudio del caso de los fuegos del Alt Empordà en Cataluña”, *BID*, nº 34, p. 34. Disponible en: <http://bid.ub.edu/es/34/ortoll.htm>. [Consultado: Enero 2018].

PIRES, A. (2014): “Una gestión inteligente de la seguridad pública”, *Revista de Obras Públicas*, nº 3550, p. 45-48. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4608242>. [Consultado: Enero 2018].

RODRÍGUEZ PASCUAL, A. et al. (2009): “La globalización de la información geográfica”, *Cuadernos internacionales de tecnología para el desarrollo humano*, nº 8.

RODRÍGUEZ, V. (2011): “Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes”, *Geofocus*, nº 11, p. 265-292. Disponible en: <http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/220>. [Consultado: Enero 2018].

SANCHO, L. y TORRES, R. (2014): Emergency-Route, Buscador de rutas de evacuación para escenarios de emergencia y rescate. En: Conference Special Ecuador Session, At Islas Galápagos, Ecuador.

UNANUA, J. y FALLER, G. (2014): “La seguridad ante incendios en edificios altos: un enfoque múltiple”, *Revista de Obras Públicas*, nº 3552, p. 65-70. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4675912>. [Consultado: Enero 2018].

Índice de figuras y tablas

Figuras

Figura 1 - Objetivos del TFG	5
Figura 2 - Tabla de atributos de la capa carreteras	12
Figura 3 - Datos sobre las intervenciones sin depurar	13
Figura 4 - Datos depurados sobre las intervenciones	14
Figura 5 - Fases del proyecto	14

Figura 6 - Herramienta de grado de rutas en QGIS	17
Figura 7 - Organigrama del Servicio de Bomberos	26
Figura 8 - Ejemplos de consultas espaciales de las intervenciones por zonificación	34
Figura 9 - Pantalla del complemento QGis Cloud	44
Figura 10 - Proyecto compartido en QGis Cloud	45

Tablas

Tabla 1 - Fuentes estadísticas y cartográficas del TFG	10
Tabla 2 - Población por edades del municipio de Santander (2017)	21

Mapas

Mapa 1- Modelo digital del terreno	18
Mapa 2 - Zonas urbanas de Santander (2011)	20
Mapa 3 - Volumen de población por secciones del municipio de Santander (2017)	22
Mapa 4 - Jerarquización del viario por velocidades	23
Mapa 5 - Zoom de la jerarquización del viario por velocidades en la zona centro	23
Mapa 6 - Tipos de intervenciones (2016)	29
Mapa 7 - Intervenciones seleccionadas y elipse de dispersión	30
Mapa 8 - Buffer de distancia desde el parque de bomberos	32
Mapa 9 - Coordenadas medias de las intervenciones junto con la elipse de dispersión	33
Mapa 10 - Mapa de calor sobre la distribución de las intervenciones	34
Mapa 11 - Ruta óptima de intervención para simulacro del centro de la ciudad	37
Mapa 12 - Zoom ruta óptima para el simulacro de la zona centro	37
Mapa 13 - Ruta óptima de intervención para simulacro de la periferia consolidada	40
Mapa 14 - Ruta óptima de intervención para simulacro de la periferia externa	42