



UNIVERSIDAD DE JAÉN  
*Escuela Politécnica Superior de Jaén*

Trabajo Fin de Grado

# **SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA GESTIÓN DEL MUNICIPIO DE ARENAS DEL REY**

**Alumno: Inés M<sup>a</sup> Almenara Fernández**

Tutor: Francisco Javier Gallego Álvarez  
Dpto: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

**Septiembre, 2018**



Universidad de Jaén  
Escuela Politécnica Superior de Jaén  
Departamento de Informática

Francisco Javier Gallego Álvarez, tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado: Sistema de Información Geográfico para la gestión del municipio de Arenas del Rey, que presenta Inés María Almenara Fernández, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Julio de 2013

El alumno:

El tutor:

Inés María Almenara Fernández

Francisco Javier Gallego Álvarez



## RESUMEN

---

Este proyecto está centrado en la elaboración de un Sistema de Información Geográfica para el municipio de Arenas del Rey, con la finalidad de facilitar la gestión de sus equipamientos y servicios, que ayude en la toma de decisiones y, que además, sea accesible a los ciudadanos por medio de un geoportal.

Durante una primera fase se preparó el software y se descargó la información geográfica necesaria. A continuación, se realizó el procesamiento y adaptación de los datos, y por último, se desarrolló un portal web donde puede visualizarse toda la información.

La información que se incluye ha sido recopilada de fuentes de libre acceso como el Centro Nacional de Descargas del IGN o del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. También han sido solicitadas a la Diputación Provincial de Granada o generadas mediante análisis geoespacial.

Cuenta con capas de información básicas del territorio, ortofotografías, usos del suelo, catastro, equipamientos urbanos, red de alcantarillado, abastecimiento, iluminación, pavimentación, red de puntos de control de plagas, ubicación de elementos a lo largo del sendero más turístico del municipio y una valoración de la aptitud del territorio para la implantación de una pequeña zona industrial.



# ÍNDICE

---

|                                                                    |      |
|--------------------------------------------------------------------|------|
| RESUMEN .....                                                      | III  |
| ÍNDICE .....                                                       | IV   |
| ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS .....                                   | VII  |
| Tablas.....                                                        | VII  |
| Figuras .....                                                      | VIII |
| 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....                                  | 11   |
| 2. ANTECEDENTES .....                                              | 13   |
| 2.1. Zona de estudio .....                                         | 13   |
| 2.1.1. Localización .....                                          | 13   |
| 2.1.2. Historia.....                                               | 14   |
| 2.1.3. Demografía .....                                            | 15   |
| 2.1.4. Entorno natural.....                                        | 16   |
| 2.1.5. Clima.....                                                  | 20   |
| 2.2. La Información Geográfica .....                               | 20   |
| 2.2.1. Sistemas de Información Geográfica.....                     | 21   |
| 2.2.2. Infraestructura de Datos Espacial .....                     | 21   |
| 2.2.3. Geoportal .....                                             | 23   |
| 2.3. Ejemplos de geoportales para gestión municipal en España..... | 23   |
| 3. METODOLOGÍA GENERAL.....                                        | 28   |
| 3.1. Software.....                                                 | 28   |
| 3.2. Datos utilizados.....                                         | 29   |
| 3.2.1. Límites administrativos.....                                | 29   |
| 3.2.2. Ortofotografías .....                                       | 29   |
| 3.2.3. Cartografía básica.....                                     | 30   |
| 3.2.4. Modelo digital del terreno .....                            | 32   |
| 3.2.5. Infraestructuras, equipamientos y cartografía urbana.....   | 32   |
| 3.2.6. Usos del suelo.....                                         | 33   |
| 3.3. Sistema de referencia espacial .....                          | 33   |
| 3.4. Modelo de datos.....                                          | 34   |
| 4. ELABORACIÓN DE LA BASE DE DATOS.....                            | 35   |
| 4.1. Creación del proyecto .....                                   | 35   |
| 4.2. Incorporación y edición de los datos básicos .....            | 35   |
| 4.2.1. Ortofotografías .....                                       | 35   |

|          |                                                                                 |    |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2.2.   | Capas en formato vectorial .....                                                | 37 |
| 4.2.3.   | Modelo digital del terreno .....                                                | 41 |
| 4.3.     | Información relativa a la implantación de nueva industria en el municipio ..... | 44 |
| 4.3.1.   | Aptitud del territorio para la implantación de industria .....                  | 44 |
| 4.3.1.1. | Estandarización de los factores o criterios.....                                | 45 |
| 4.3.1.2. | Mapas relativos a los criterios de restricción.....                             | 47 |
| 4.3.1.3. | Aplicación el método multicriterio.....                                         | 48 |
| 4.3.2.   | Localización óptima para la implantación de un área industrial .....            | 50 |
| 4.4.     | Información relativa al sendero perimetral del Pantano de los Bermejales .....  | 53 |
| 4.4.1.   | Acondicionamiento del sendero .....                                             | 54 |
| 4.4.1.1. | Localización de barandillas.....                                                | 54 |
| 4.4.1.2. | Ubicación de papeleras .....                                                    | 58 |
| 4.4.1.3. | Establecimiento de los hitos .....                                              | 60 |
| 4.4.2.   | Información adicional .....                                                     | 61 |
| 4.4.2.1. | Determinación de áreas de descanso y puntos de interés turístico.....           | 62 |
| 4.4.2.2. | Perfil topográfico.....                                                         | 62 |
| 4.5.     | Información relativa a los puntos de control de plagas .....                    | 64 |
| 4.5.1.   | Preparación de los datos.....                                                   | 64 |
| 4.5.1.1. | Tipos de cultivo.....                                                           | 64 |
| 4.5.1.2. | Altitud .....                                                                   | 66 |
| 4.5.1.3. | Orientación .....                                                               | 68 |
| 4.5.2.   | Ubicación de los puntos .....                                                   | 70 |
| 4.6.     | Elaboración de los metadatos .....                                              | 75 |
| 5.       | DESARROLLO DEL PORTAL WEB.....                                                  | 77 |
| 5.1.     | Servidor de mapas web.....                                                      | 77 |
| 5.1.1.   | Creación de un espacio de trabajo.....                                          | 78 |
| 5.1.2.   | Añadir un almacén de datos.....                                                 | 79 |
| 5.1.3.   | Publicación de las capas.....                                                   | 79 |
| 5.1.4.   | Aplicación de estilos.....                                                      | 81 |
| 5.2.     | Cliente Web .....                                                               | 83 |
| 5.2.1.   | Organización y desarrollo del código.....                                       | 84 |
| 5.2.2.   | Descripción de la página .....                                                  | 85 |
| 6.       | CONCLUSIONES.....                                                               | 89 |
| 7.       | ANEXOS .....                                                                    | 90 |
|          | Anexo 1. Manual de usuario de Geoserver .....                                   | 90 |
|          | Anexo 2. Técnicas de evaluación multicriterio (EMC) .....                       | 94 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Anexo 3. Metadatos ..... | 96 |
| BIBLIOGRAFÍA .....       | 97 |

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

---

### Tablas

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1.- Evolución de la población desde el año 1900. Fuente INE .....                                                   | 15 |
| Tabla 2.- Comparativa entre los portales seleccionados.....                                                               | 27 |
| Tabla 3.- Suelos aptos y no aptos para la instalación de industria.....                                                   | 47 |
| Tabla 4.- Tabla de reclasificación por categorías de la aptitud del suelo respecto a la<br>implantación de industria..... | 49 |
| Tabla 5.- Tipos de cultivo y superficie que ocupan en el municipio. Obtenida con los datos<br>del SIOSE .....             | 65 |
| Tabla 6.- Intervalos en los que se ha clasificado la altitud del terreno .....                                            | 66 |
| Tabla 7.- Orientación solar .....                                                                                         | 68 |
| Tabla 8.- Rangos de solana y umbría. Tabla obtenida del Mapa de Orientaciones de<br>Andalucía .....                       | 68 |
| Tabla 9.- Tabla de combinación de los criterios y resultados.....                                                         | 71 |

## Figuras

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.- Localización .....                                                                                  | 13 |
| Figura 2.- Plano antiguo y nuevo del núcleo de Arenas del Rey .....                                            | 15 |
| Figura 3.- Parque Natural Sierra Tejeda, Almajara y Alhama .....                                               | 16 |
| Figura 4.- Cabrás monteses y águila real en la Sierra Tejeda .....                                             | 17 |
| Figura 5.- Pantano de los Bermejales a vista de pájaro.....                                                    | 19 |
| Figura 6.- Playa del Pantano de los Bermejales .....                                                           | 19 |
| Figura 7.- Dolmen del Neolítico .....                                                                          | 19 |
| Figura 8.- Presa del Pantano de los Bermejales.....                                                            | 19 |
| Figura 9.- Evolución de la información geográfica .....                                                        | 20 |
| Figura 10.- Ejemplo de resultado SIG.....                                                                      | 21 |
| Figura 11.- Geoportal del Ayuntamiento de Málaga.....                                                          | 24 |
| Figura 12.- Visualizador geográfico de Elche .....                                                             | 24 |
| Figura 13.- Visualizador geográfico de Écija.....                                                              | 25 |
| Figura 14.- Geoportal Industrial de Linares.....                                                               | 25 |
| Figura 15.- Geoportal de Fuenlabrada.....                                                                      | 26 |
| Figura 16.- Definición del SRC .....                                                                           | 35 |
| Figura 17.- Hojas del MTN50.....                                                                               | 36 |
| Figura 18.- Ortofotos del municipio.....                                                                       | 37 |
| Figura 19.- Resultado selección término municipal.....                                                         | 38 |
| Figura 20.- Incorporación de las capas de hidrografía .....                                                    | 39 |
| Figura 21.- Capa resultado de la hidrografía del municipio de Arenas del Rey .....                             | 39 |
| Figura 22.- Cartografía urbana en QGis .....                                                                   | 40 |
| Figura 23.- Abastecimiento en el núcleo de Arenas del Rey.....                                                 | 41 |
| Figura 24.- Modelo digital del terreno .....                                                                   | 41 |
| Figura 25.- Geoproceso combinar. Plugin GdalTools .....                                                        | 42 |
| Figura 26.- Clipper del MDT .....                                                                              | 43 |
| Figura 27.- MDT del municipio.....                                                                             | 43 |
| Figura 28.- Mapa de la pendiente estandarizada (escala 0 a 100) .....                                          | 45 |
| Figura 29.- Mapa de la distancia a carreteras estandarizada (escala de 0 a 100). .....                         | 46 |
| Figura 30.- Mapa de la distancia a los núcleos de población estandarizada (escala 0 a 100)<br>46               |    |
| Figura 31.- Mapa sobre el criterio limitante de usos del suelo para la actividad industrial .....              | 47 |
| Figura 32.- Mapa sobre el criterio limitante de pendiente inferior al 10% para la actividad<br>industrial..... | 48 |
| Figura 33.- Mapa resultante de la aptitud respecto a la implantación de industria .....                        | 49 |

|                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 34.- Aptitud del terreno respecto a la actividad industrial reclasificado .....                                                        | 49 |
| Figura 35.- Tabla de atributos de la aptitud frente a la industria vectorizado .....                                                          | 50 |
| Figura 36.- Resultado de las zonas más óptimas para implantación de industria .....                                                           | 51 |
| Figura 37.- Tabla de atributos de los polígonos más aptos para industria .....                                                                | 52 |
| Figura 38.- Sendero perimetral del pantano de los Bermejales .....                                                                            | 53 |
| Figura 39.- Selección de capas de un archivo GXP .....                                                                                        | 54 |
| Figura 40.- Puntos de intersección entre el sendero y los ríos y arroyos .....                                                                | 55 |
| Figura 41.- Proceso de obtención de los tramos de pendiente superior al 15% en el sendero<br>56                                               |    |
| Figura 42.- Mapa resultado de la ubicación de las barandillas en el sendero .....                                                             | 57 |
| Figura 43.- Tabla de atributos de la capa Barandillas .....                                                                                   | 57 |
| Figura 44.- Mapa de pendientes inferiores al 3%.....                                                                                          | 58 |
| Figura 45.- Mapa resultado de la ubicación de las papeleras en el sendero.....                                                                | 59 |
| Figura 46.- Tabla de atributos de la capa Papeleras .....                                                                                     | 59 |
| Figura 47.- Interfaz del plugin de QGis QChainage .....                                                                                       | 60 |
| Figura 48.- Ubicación de hitos a lo largo del sendero .....                                                                                   | 61 |
| Figura 49.- Puntos singulares y tabla de atributos .....                                                                                      | 62 |
| Figura 50.- Perfil topográfico del sendero por tramos .....                                                                                   | 63 |
| Figura 51.- Mapa de usos del suelo agrícola del municipio de Arenas del Rey .....                                                             | 65 |
| Figura 52.- MDT (arriba). Reclasificación del MDT en zonas de altitud baja, media y elevada<br>(abajo).....                                   | 67 |
| Figura 53.- Mapa de orientaciones (arriba). Reclasificación en zonas de solana, umbría e<br>indiferente (abajo) .....                         | 69 |
| Figura 54.- Calculadora ráster para obtener áreas de olivar en altitudes bajas y solana .....                                                 | 70 |
| Figura 55.- Mapa resultado de los cultivos que se encuentran en baja altitud y solana .....                                                   | 71 |
| Figura 56.- Izquierda: zonas de cultivo en áreas de baja altitud y en solana. Derecha:<br>Resultado del filtro de áreas mayores de 5 Ha ..... | 72 |
| Figura 57.- Puntos de control de plagas en zonas de baja altitud y solana.....                                                                | 72 |
| Figura 58.- Tabla de atributos de los puntos de control en baja solana .....                                                                  | 73 |
| Figura 59.- Resultado final de los puntos de control de plagas.....                                                                           | 73 |
| Figura 60.- Tabla de atributos de los puntos de control de plagas.....                                                                        | 74 |
| Figura 61.- Elaboración de los metadatos. Información del fichero.....                                                                        | 75 |
| Figura 62.- Elaboración de los metadatos. Información sobre el responsable .....                                                              | 75 |
| Figura 63.- Elaboración de los metadatos. Norma y sistema de referencia .....                                                                 | 76 |
| Figura 64.- Elaboración de los metadatos. Información sobre la capa.....                                                                      | 76 |
| Figura 65.- Elaboración de los metadatos. Ámbito y linaje .....                                                                               | 76 |
| Figura 66.- Arquitectura cliente-servidor .....                                                                                               | 77 |

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 67.- Interfaz de administración de GeoServer .....                                                 | 78 |
| Figura 68.- GeoServer. Creación de espacio de trabajo .....                                               | 78 |
| Figura 69.- Geoserver. Almacén de datos .....                                                             | 79 |
| Figura 70.- Geoserver. Publicación de las capas.....                                                      | 80 |
| Figura 71.- Geoserver. Publicación de las capas. Nombre y palabras clave.....                             | 80 |
| Figura 72.- Geoserver. Publicación de las capas. Sistema de Referencia .....                              | 81 |
| Figura 73.- Geoserver. Creación de estilos .....                                                          | 82 |
| Figura 74.- Geoserver. Código del estilo para la capa de ríos y arroyos.....                              | 82 |
| Figura 75.- Geoserver. Previsualización de la capa de ríos y arroyos .....                                | 83 |
| Figura 76.- Carpetas y archivos que componen la página web.....                                           | 84 |
| Figura 77.- Cabecera del archivo HTML. Tipo de archivo, codificación y título .....                       | 84 |
| Figura 78.- Cabecera del archivo HTML. Enlazar hoja de estilos y javascript.....                          | 85 |
| Figura 79.- Cabecera del archivo HTML. Enlazar librería .....                                             | 85 |
| Figura 80.- Cabecera del archivo HTML. Plugin de Leaflet para peticiones Get Feature Info<br>85           |    |
| Figura 81.- Vista general de la página web.....                                                           | 86 |
| Figura 82.- Menú de navegación de la cabecera .....                                                       | 86 |
| Figura 83.- Menú de capas de la página web .....                                                          | 86 |
| Figura 84.- Menú desplegable desactivado (izquierda) y activado (derecha) en la capa<br>Saneamiento ..... | 87 |
| Figura 85.- Vista de la página web y consulta a los atributos de la capa de carreteras.....               | 88 |
| Figura 86.- Vista de la página web y uso de la herramienta “medir distancias” .....                       | 88 |
| Figura 87.- Interfaz de instalación de Geoserver .....                                                    | 90 |
| Figura 88.- Pantalla de inicio de Geoserver.....                                                          | 91 |
| Figura 89.- Creación de un espacio de trabajo en Geoserver.....                                           | 92 |
| Figura 90.- Ejemplo de previsualización de una capa publicada en Geoserver .....                          | 93 |
| Figura 91.- Combinación ponderada de factores .....                                                       | 95 |
| Figura 92.- Imagen de los metadatos de la aptitud del suelo frente a la industria .....                   | 96 |

# 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

---

La gestión de la información municipal juega un importante papel en la labor diaria de los ayuntamientos, y la tecnología necesaria para tratar esta información son los Sistemas de Información Geográfica.

Los SIG proporcionan una herramienta ideal para realizar la gestión municipal de forma más rápida y efectiva, y es fundamental que los municipios modernos hagan uso de ellos para permitir a los gestores del municipio una visión inmediata y fiable del conjunto de elementos georreferenciados que conforman la ciudad (alcantarillado, puntos de luz, viales, demografía, basuras, urbanismo, etc.) ya que es una herramienta muy eficaz para ayudar en los procesos de toma de decisiones.

Aunque hasta hace unos años esta herramienta no estaba al alcance de los municipios pequeños, hoy en día, la reducción de costes y la mayor facilidad de uso lo acerca más al ámbito de la gestión de los ayuntamientos.

El principal objetivo de este trabajo fue elaborar un Sistema de Información Geográfica para el municipio de Arenas del Rey que permitiese tener una base de datos centralizados del municipio.

Se pretendió facilitar al ayuntamiento la gestión de sus equipamientos y de sus recursos, así como ayudar a la agricultura, la cuál es la principal actividad económica, y facilitar a las empresas la instalación de sus fábricas en el municipio, fomentando el empleo en la zona y ayudando a mejorar la economía y el desempleo. Además, esta información se puso a disposición de organismos, empresas o cualquier ciudadano mediante la construcción de un portal web.

De acuerdo con las necesidades del municipio, el sistema de información debía contener:

- Cartografía básica del territorio (hidrografía, red de carreteras, núcleos de población, relieve).
- Equipamientos urbanos e información de cada uno de los elementos (red de saneamiento, abastecimiento, pavimentación e iluminación).



- Servicios que ofrece el municipio (puntos de interés turístico, farmacias, colegios, bares y restaurantes).
- Mapa que muestra la aptitud del suelo frente a la implantación de industria y la mejor localización de una pequeña zona industrial.
- Varias capas propuestas para mejorar el acondicionamiento del sendero perimetral del Pantano de los Bermejales (localización de barandillas en zonas peligrosas, papeleras e hitos). También se incluyó cierta información adicional, como el perfil topográfico y puntos de interés a lo largo del recorrido.
- Propuesta para establecer una red de puntos de control de plagas en los cultivos.

El procedimiento general llevado a cabo en la elaboración de este proyecto fue, en primer lugar, la obtención de la información, la importación de la información a software SIG, la adaptación de los mapas que simplemente se descargaron de fuentes oficiales, la realización de los análisis convenientes para obtener la información de los tres últimos puntos y, por último, la creación del geoportal.

## 2. ANTECEDENTES

---

### 2.1. Zona de estudio

#### 2.1.1. Localización

El municipio de Arenas del Rey se encuentra en la parte más occidental de la provincia de Granada, dentro del llamado Poniente Granadino, en la comarca de Alhama de Granada. Pertenece a la comunidad autónoma de Andalucía, dentro del territorio nacional de España (Figura 1).

Limita con los términos municipales de Alhama de Granada, Cacán, Agrón, Jayena y el reciente municipio de Játar, el cual pertenecía como entidad local autónoma a Arenas del Rey hasta 2015.

Actualmente pertenecen al municipio los núcleos de población de Arenas del Rey, Fornes y el poblado del Pantano de los Bermejales.

Cuenta con una extensión de 107,4 km<sup>2</sup>, una elevación de 874 m sobre el nivel del mar en el núcleo central del municipio y se encuentra a 44 km de la capital de la provincia.



Figura 1.- Localización

### 2.1.2. Historia

El origen de Arenas del Rey es de la época romana, fue dominada por los musulmanes y posteriormente paso a manos de los cristianos tras el triunfo en la guerra de la Reconquista de Granada. En el siglo XIX soldados franceses ocuparon la zona durante la Guerra de la Independencia.

El 24 de diciembre de 1884 un terremoto marcó la historia del municipio. Se trata de uno de los terremotos más importantes ocurridos en la Península Ibérica, conocido como Terremoto de Andalucía, de magnitud 6,7 grados en la escala Richter y una intensidad de IX – X, cuyo epicentro se produjo en Arenas del Rey.

Resultaron afectados 100 municipios entre las provincias de Granada y Málaga y en total fueron 1200 víctimas mortales y aproximadamente el doble de heridos.

Los efectos del terremoto se agravaron debido a los terrenos blandos que caracterizan la geología de la zona también debido a su topografía, tajos y grandes pendientes dieron lugar a desprendimientos, avalanchas y deslizamientos, y por la alta vulnerabilidad de las construcciones de la época.

En el entonces llamado municipio de Arenas colapsaron el 90% de las casas (390) y el resto sufrieron daños muy graves. Murieron 135 personas y 235 quedaron heridas, aunque muchos más murieron después debido a que no se recibieron ayudas inmediatas y a las condiciones de frío por las nevadas en los días posteriores.

En 1885 se inició la reconstrucción del pueblo, a unos 500 m de su localización original, gracias a las donaciones nacionales e internacionales, se contruyeron 96 casas. Fueron en parte reconstruidos por el Instituto de Fomento del Trabajo Nacional de la ciudad de Barcelona (de ahí que calles y plazas lleven el nombre de Barcelona, Cataluña, etc.).

En el diseño urbanístico se planificó la construcción de calles amplias (de más de 10 m de anchura), agrupación de las casas en manzanas y la construcción de grandes plazas (de 60x60 m<sup>2</sup>), para evitar víctimas por caída de fachadas. La Figura 2 muestra el plano antiguo y nuevo del núcleo de Arenas del Rey.

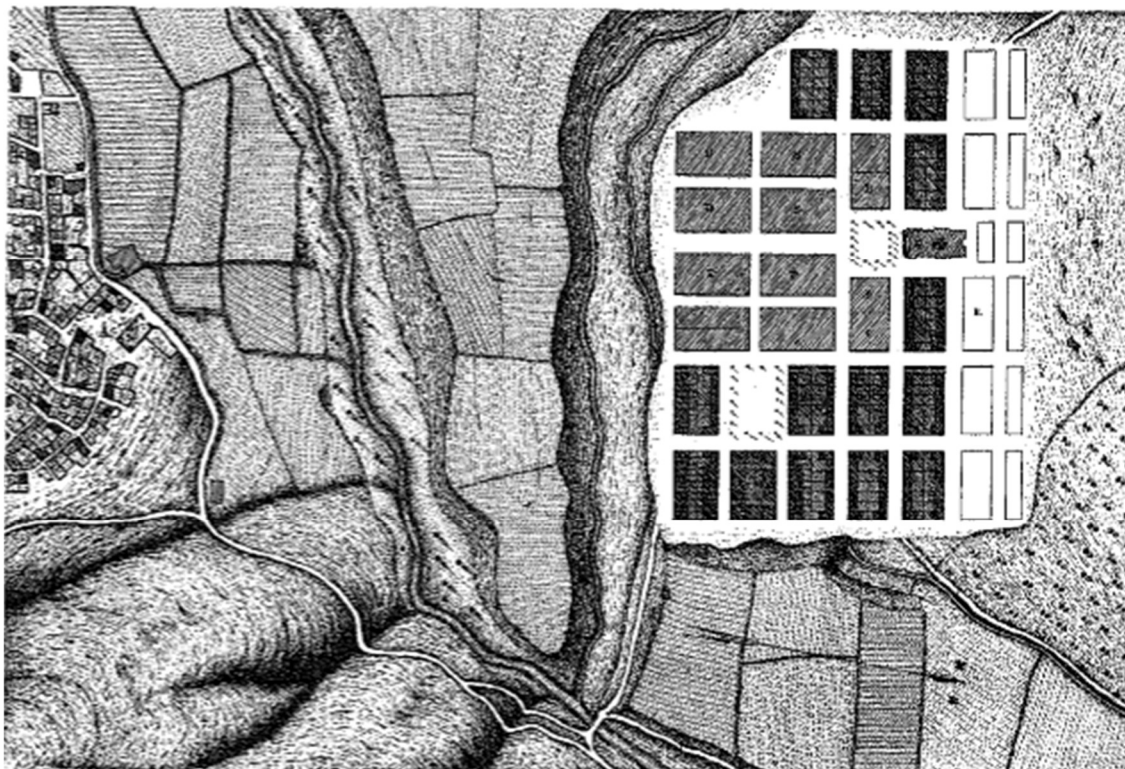


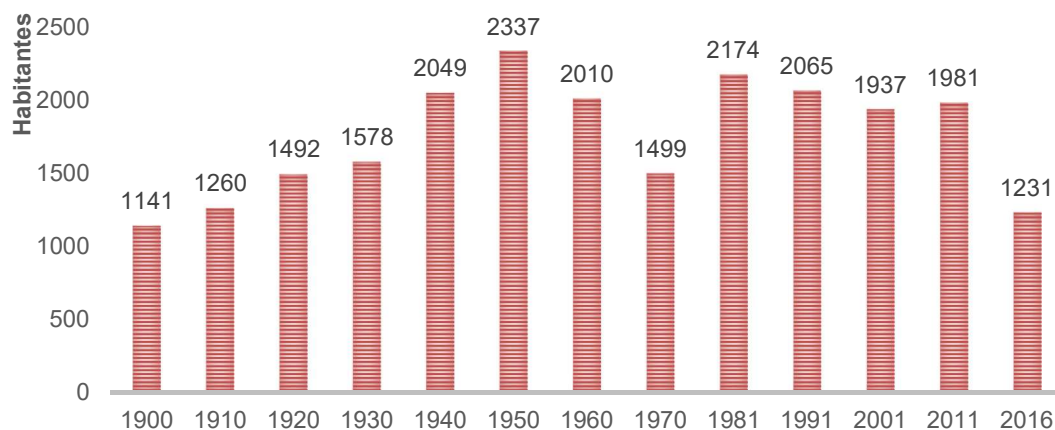
Figura 2.- Plano antiguo y nuevo del núcleo de Arenas del Rey

### 2.1.3. Demografía

Según los datos más actualizados del Instituto Nacional de Estadística, el municipio de Arenas del Rey cuenta con una población de 1231 habitantes, repartidos en los diferentes núcleos, Arenas del Rey (554), Fornes (577) y Pantano de los Bermejales (100).

En la Tabla 1 se puede ver la evolución de la población desde el año 1900.

Tabla 1.- Evolución de la población desde el año 1900. Fuente INE



La población entre 1900 y 1950 en el municipio aumenta debido principalmente al descenso de la mortalidad, especialmente la mortalidad infantil gracias a los progresos pediátricos y farmacológicos de la época.

Apartir de 1950 el municipio sufre una gran disminución de la población debido al éxodo del campo a la ciudad. Muchas personas emigraron principalmente a Cataluña, aunque también a Madrid y a la capital de la provincia, Granada.

En 1981 la población se incrementa bruscamente y es debido a que en el año 1973 se fusionaron los municipios de Fornes y Játar al de Arenas del Rey.

En 2015 Játar se segrega del municipio conformandose así como municipio independiente y de ahí el descenso de población en 2016.

#### 2.1.4. Entorno natural

La situación geográfica de Arenas del Rey permite conocer a fondo el Parque Natural de la Sierra Tejeda, Almijara y Alhama y el Pantano de los Bermejales.

El Parque Natural de la Sierra Tejeda, Almijara y Alhama es un enclave único en la provincia de Granada por su gran extensión y su riqueza faunística y florística. En 2006 fue incluido en la lista de Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) por decisión de la Comisión Europea, así como ZEC (Zona de Especial Conservación) (Figura 3).



Figura 3.- Parque Natural Sierra Tejeda, Almijara y Alhama



Las cumbres del Parque Natural Sierras de Tejeda, Almijara y Alhama hacen de frontera natural entre las provincias de Málaga y Granada. Desde el pico de La Maroma se pueden divisar, desde sus 2.066 metros de altitud, espectaculares vistas de la costa mediterránea y las sierras vecinas.

En estas sierras predominan los tonos blancos y grises, consecuencia del abundante mármol de la zona. La descomposición de estas rocas crea arenas donde los pinares se adaptan y forman los ecosistemas más extendidos, compuestos por pinos carrascos, negrales e incluso laricios. En las zonas más altas y umbrías, también aparecen robles melojos y arces. El nombre de Tejeda proviene de lo abundantes que eran éstos árboles en el pasado. Actualmente existe una tejeda, la más meridional de la Península Ibérica y una de las mejores de Andalucía, que se puede observar en el ascenso al Salto del Caballo.

En cuanto a la fauna de estos parajes es fácil sorprender a grandes águilas, como la real o la perdicera. De gran interés es la población de cabra montés, una especie exclusiva ibérica y que tiene en el parque una de las más numerosas del paísb (Figura 4).



*Figura 4.- Cabras monteses y águila real en la Sierra Tejeda*

En cuanto al deporte se puede practicar bicicleta de montaña, actividades ecuestres, escalada, puenting, vuelo libre, barranquismo, espeleología, montañismo, multiaventura, orientación, piragüismo, senderismo, vehículos todoterreno, etc.

Puntos de especial interés son:

- Picos de la Maroma y Lucero
- Mirador Pico Lopera

- Mirador Haza de la Encina
- Mirador La Resinera
- Río Verde
- Arboles petrificados
- Cueva de Nerja

El Pantano de los Bermejales está, íntegramente, en el término municipal de Arenas del Rey. Se sitúa en el curso alto del Río Cacán, donde convergen las aguas procedentes de la Sierra Almijara y Tejeda. Ocupa una superficie de 562 ha y tiene una capacidad de 104 millones de m<sup>3</sup>. Su construcción se culminó en 1958.

El embalse de los Bermejales está rodeado de pinos, encinas y otros tipos de plantas características del bosque mediterráneo. En la zona se pueden encontrar desde vestigios de antiguas civilizaciones (Dolmen megalítico), hasta impresionantes paisajes como Los Tajos, una estrecha y profunda garganta, por donde fluye el río Cacán, con más de 100 metros de profundidad y 5 Km de largo.

Con el objetivo de promover el turismo se acondicionó una zona del embalse denominada La Playa donde se pueden realizar diversas actividades ligadas con la naturaleza y el deporte: paseos en hidropedal, vela, surfing, etc. y con la única limitación de embarcaciones a motor, con el propósito de proteger y conservar el entorno de contaminaciones.

Las Figuras de la 5 a la 8 muestran el entorno y algunos elementos turísticos del Pantano.



*Figura 5.- Pantano de los Bermejales a vista de pájaro*



*Figura 6.- Playa del Pantano de los Bermejales*



*Figura 7.- Dolmen del Neolítico*



*Figura 8.- Presa del Pantano de los Bermejales*



### 2.1.5. Clima

El clima predominante en el área de estudio es el clima mediterráneo continentalizado con temperaturas frías y heladas en invierno, llegando a descender por debajo de los 0°, y veranos calurosos, dónde la temperatura puede sobrepasar los 35°. La temperatura media anual es de 14,5°.

Las lluvias se concentran en invierno, siendo bastante escasas en verano. La precipitación media es de unos 515 mm. El mes más seco es julio, con un promedio de 70 mm y la mayor precipitación cae en noviembre.

## 2.2. La Información Geográfica

La Información Geográfica, las IDE y los SIG son integrantes fundamentales dentro de este tipo de portal Web, por tanto vamos a dedicar este apartado a su descripción.

La Información Geográfica es reconocida por su importancia en proyectos de todo tipo, sin embargo no fue hasta los años 90 cuando se reconoció la necesidad de mejorar la gestión de esta información y posibilitar su interoperabilidad a través de una serie de normas y especificaciones que consideren todos los aspectos relacionados con la información geográfica.

En cuanto a los usuarios, cada vez son más los demandantes de está información, desde profesionales que trabajan para mostrar los resultados de su trabajo a través de Internet hasta usuarios ocasionales que buscan en la IG visualizar una región de interés, localizar una calle, imprimir un mapa, medir distancias, etc.

De este modo, surgieron nuevas infraestructuras y sistemas para gestionar, analizar y distribuir la información geográfica de forma mas eficiente (Figura 9).

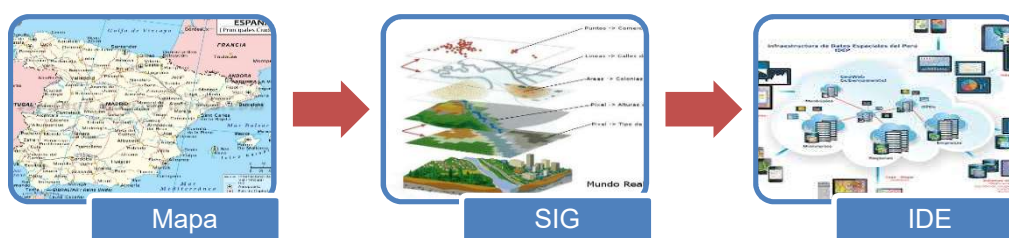


Figura 9.- Evolución de la información geográfica

### 2.2.1. Sistemas de Información Geográfica

Un SIG es un conjunto de información geográfica en formato digital y herramientas informáticas que se usan para analizar dicha información con unos objetivos concretos. En él la información aparece georreferenciada, es decir, incluye su posición en el espacio utilizando un sistema de coordenadas estandarizado resultado de una proyección cartográfica.

La primera finalidad del SIG es combinar los datos geográficos con los datos alfanuméricos, a fin de representarlos juntos dentro de un sistema de coordenadas geográficas para luego aplicarles un tratamiento espacial determinado. Ejemplo de un resultado SIG en la Figura 10.

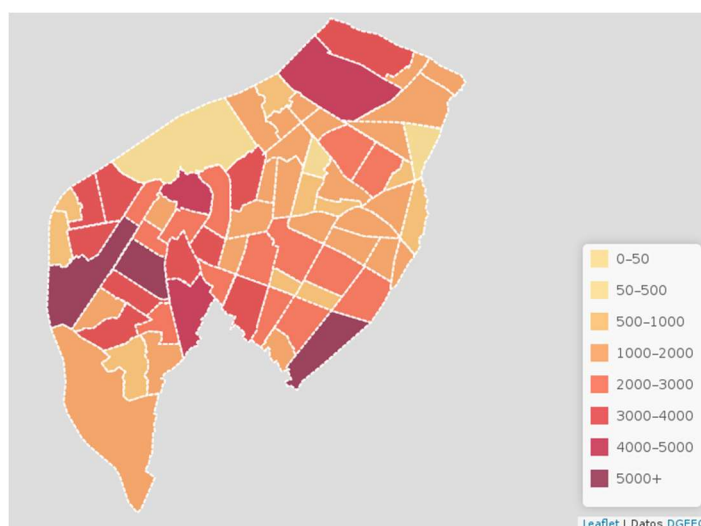


Figura 10.- Ejemplo de resultado SIG

### 2.2.2. Infraestructura de Datos Espacial

En los últimos años, la gran demanda a nivel de usuario, la variedad y la cantidad de información geográfica ha necesitado de una solución mediante la Red Internet, esto es, conseguir una Red interoperable de información geográfica a través del cumplimiento de normas y especificaciones pactadas con organizaciones internacionales de estandarización. Este tipo de Red se denomina Infraestructura de Datos Espacial (IDE).

Una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) según ofrece Mas y col. (2006) es un sistema informático integrado por un conjunto de recursos (catálogos, servidores, programas, datos, aplicaciones, páginas Web,...) dedicados a gestionar Información

Geográfica (mapas, ortofotos, imágenes de satélite, topónimos,...), disponibles en Internet, que cumplen una serie de condiciones de interoperabilidad (normas, especificaciones, protocolos, interfaces,...), y que permiten que un usuario, utilizando un simple navegador, pueda utilizarlos y combinarlos según sus necesidades.

La IDE tiene 4 componentes fundamentales:

- Datos
- Metadatos
- Servicios
- Normas

La normalización de la información geográfica digital contenida en las IDE se realiza a través de los organismos de normalización que adopten la serie ISO 19100 y son:

- A nivel internacional, ISO con su comité ISO/TC211-Geographic Information.
- A nivel europeo, CEN a través del comité CEN/TC287.
- En España, se realiza una colaboración con los organismos europeos e internacional a través del comité técnico AEN/CTN 148 de AENOR.

La Unión Europea establece una IDE común y el marco legal que la regula es la Directiva Inspire, que establece las reglas generales para el establecimiento de una Infraestructura de Información Espacial en la Comunidad Europea basada en las Infraestructuras de los Estados miembros.

La transposición de esta Directiva al marco legal español se lleva a cabo por medio de la Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España (LISIGE).

Además se siguen una serie de especificaciones de interoperabilidad del Consorcio Abierto Geoespacial conocido como OGC (Open Geospatial Consortium, Inc).

### 2.2.3. Geoportal

La Directiva INSPIRE (2007/02/EC) en el ámbito europeo y la LISIGE de carácter nacional, definen geoportal como un sitio web con acceso a servicios interoperables de IG (geoservicios).

Estos geoservicios posibilitan las operaciones exigidas por los usuarios:

- Localización: búsqueda de conjuntos de datos espaciales y servicios relacionados a partir de los metadatos que describen dichos recursos.
- Visualización: navegación sobre la IG (mostrar, acercarse, alejarse, moverse, superponer conjuntos de datos, etc.).
- Descarga: obtención de una copia parcial o completa de un conjunto de datos espaciales.
- Procesamiento: realización de algún tipo de tratamiento y/o transformación sobre los datos.

En definitiva, el Geoportal es el escaparate de la IDE, un tipo específico de portal web, desde el cual, el usuario podrá interactuar con la IG, y que está basado en el geoposicionamiento de los contenidos dentro de un sistema de mapas.

## 2.3. Ejemplos de geoportales para gestión municipal en España

En este apartado se pretende dar una visión general del estado actual de los geoportales en España. Se han elegido cinco portales como muestra representativa, y, para hacerlo más acorde con este proyecto y poder sacar conclusiones que ayudasen a su desarrollo, se han elegido aquellos que están relacionados con la gestión municipal.

1. Geoportal del Ayuntamiento de Málaga. Es un proyecto del Ayuntamiento de Málaga desarrollado por el Centro Municipal de Informática, cuyos objetivos son que el ayuntamiento disponga de una herramienta común y adecuada para la visualización de la información georreferenciada, unificación de los datos y evitar su dispersión, potenciar el uso de la cartografía municipal y presentar al ciudadano todos los datos geoposicionados en un navegador web. Dirección web: <http://callejero.malaga.eu/> (Figura 11).

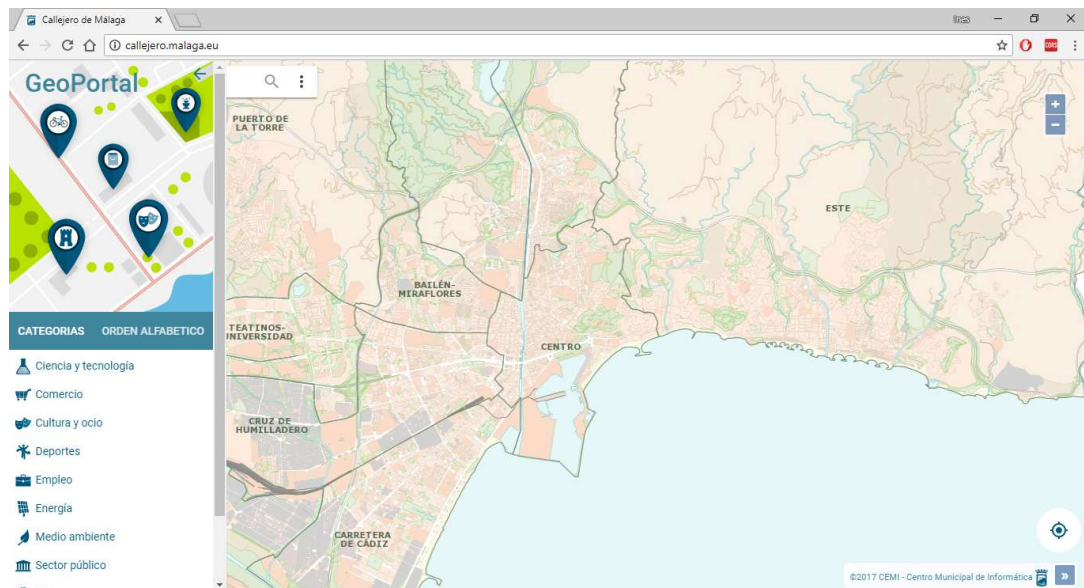


Figura 11.- Geoportal del Ayuntamiento de Málaga

2. Visualizador geográfico del Ayuntamiento de Elche. Visualizador de datos web promovido por la concejalía de Urbanismo, contiene información cartográfica y ortoimágenes, la digitalización del Plan General, mapas acústicos, centros sociales y de enseñanza. Dirección web: [http://www1.sigelx.elche.es/sigelx\\_js/Main.html](http://www1.sigelx.elche.es/sigelx_js/Main.html) (Figura 12).

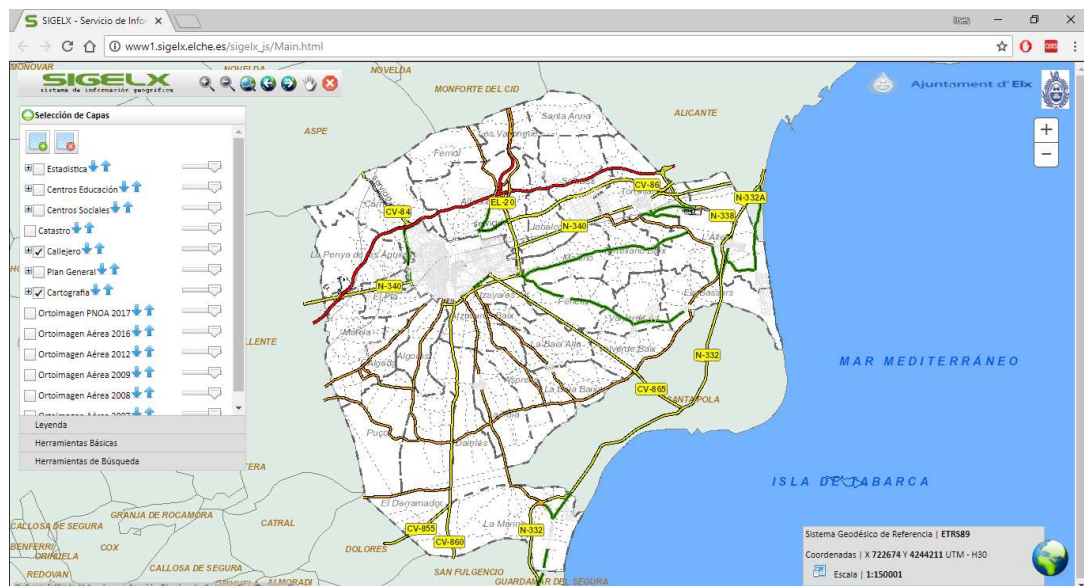


Figura 12.- Visualizador geográfico de Elche



3. Visor geográfico del Ayuntamiento de Écija. Visor geográfico dónde se expone su cartografía básica, Plan General de Ordenación, catastro, mapas de inundabilidad, etc. Dirección web: <http://94.130.11.214:5000/ide/index#> (Figura 13).

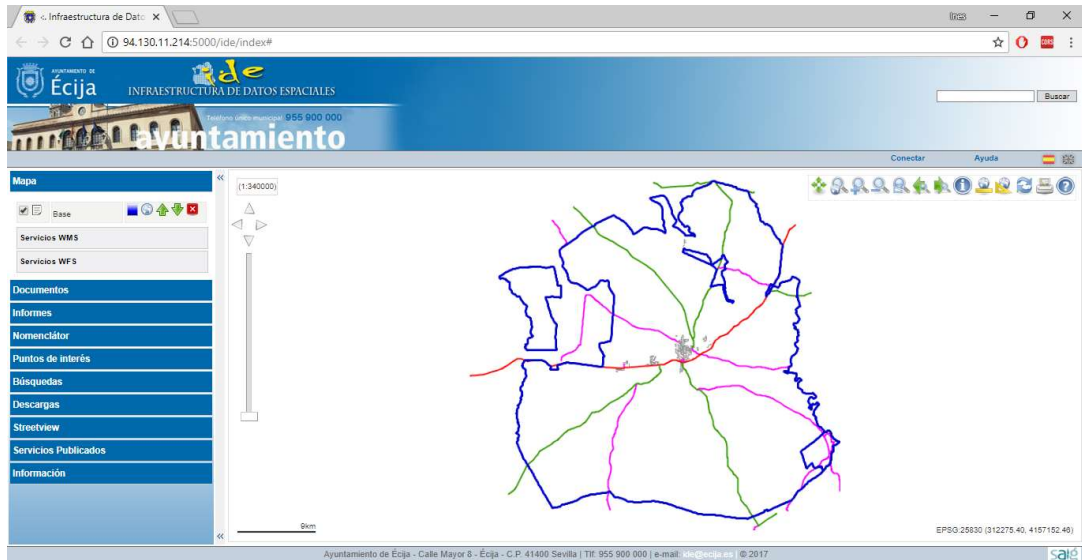


Figura 13.- Visualizador geográfico de Écija

4. Geoportal Industrial de Linares. Implementado el ayuntamiento de Linares pone a disposición de empresas, administraciones, profesionales y ciudadanos información sobre polígonos industriales y parcelas en venta, empresas y servicios existentes, e información urbanística. Dirección web: <http://gis.ciudadadelinares.es/emap400/emapsearch.aspx?prjid=geoportal&scope=PLANEAM&ortho=true&lang=3> (Figura 14).

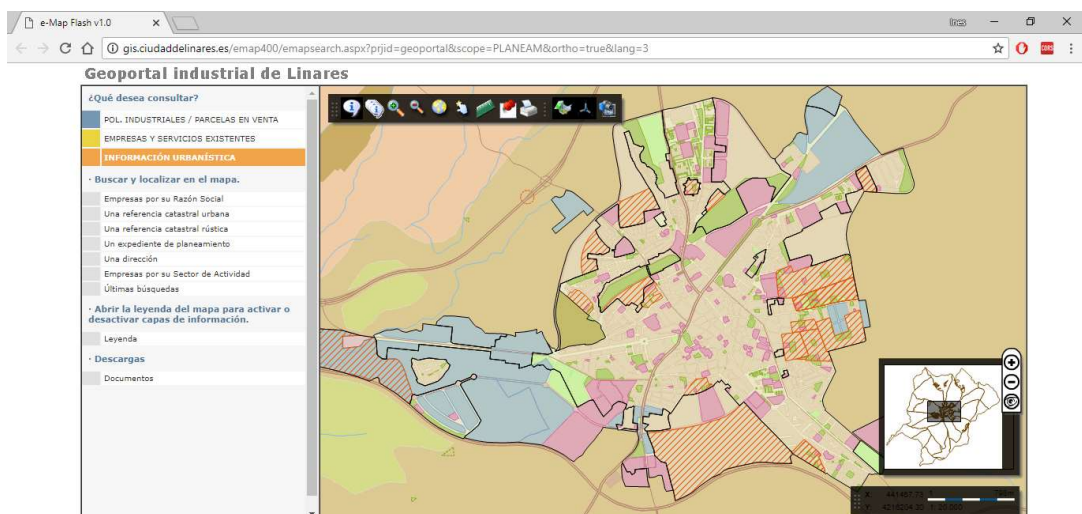


Figura 14.- Geoportal Industrial de Linares

5. Geoportal de Fuenlabrada. Este servicio ha sido desarrollado por el ayuntamiento de Fuenlabrada, se trata de un geoportal muy completo que abarca desde la información urbanística, transporte público, localización de aparcamientos, señalización horizontal, etc. Dirección web: <http://ide.ayto-fuenlabrada.es/> (Figura 15).

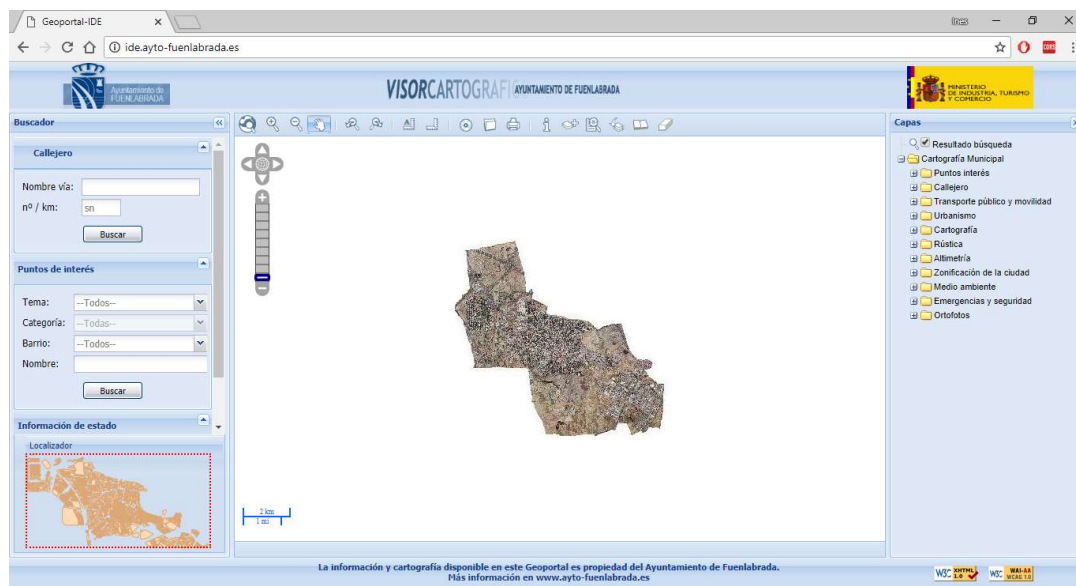


Figura 15.- Geoportal de Fuenlabrada

Se han escogido una serie de características que usualmente se integran en los visualizadores geográficos y se ha resumido en una tabla comparativa.

La Tabla 2 muestra que en cuanto a las herramientas de interacción todos los visualizadores cuentan con los botones de zoom básicos de acercar y alejar, y la mayoría con el zoom extensión. El buscador y los popups informativos son usados también en casi todos los portales, también el control de capas de referencia. Sin embargo, en cuanto a las herramientas de visualización, tan solo se podría destacar el “medir distancia”, que lo incorporan todos e “imprimir mapa”.

A raíz de los resultados se ha decidido que el portal incorporará un control de capas base, controles de zoom y las opciones de imprimir el mapa y medir distancias. También se podrá obtener información de los elementos mediante popups y las coordenadas del punto.



Tabla 2.- Comparativa entre los portales seleccionados

| CARACTERÍSTICAS                         |                          | GEOPORTAL |    |   |   |    | Nº<br>Geoportales |
|-----------------------------------------|--------------------------|-----------|----|---|---|----|-------------------|
|                                         |                          | 1         | 2  | 3 | 4 | 5  |                   |
| Herramientas de interacción             | Zoom acercar/alejar      | ✓         | ✓  | ✓ | ✓ | ✓  | 5                 |
|                                         | Zoom vista completa      | -         | ✓  | ✓ | ✓ | ✓  | 4                 |
|                                         | Vista previa y siguiente | -         | ✓  | ✓ | - | ✓  | 3                 |
|                                         | Zoom a la selección      | -         | -  | ✓ | - | -  | 1                 |
| Barra de búsqueda                       |                          | -         | ✓  | ✓ | ✓ | ✓  | 4                 |
| Mapa de localización                    |                          | -         | ✓  | - | ✓ | ✓  | 3                 |
| Herramientas de visualización           | Medir distancias         | ✓         | ✓  | ✓ | ✓ | ✓  | 5                 |
|                                         | Medir áreas              | -         | ✓  | ✓ | - | ✓  | 3                 |
|                                         | Búfer a un punto         | -         | ✓  | - | - | -  | 1                 |
|                                         | Búfer a una línea        | -         | ✓  | - | - | -  | 1                 |
|                                         | Dibujar                  | -         | ✓  | - | - | -  | 1                 |
|                                         | Exportar mapa            | ✓         | ✓  | - | - | ✓  | 3                 |
|                                         | Imprimir mapa            | -         | ✓  | ✓ | ✓ | ✓  | 4                 |
|                                         | Leyenda                  | -         | ✓  | - | ✓ | ✓  | 3                 |
|                                         | Obtener coordenadas      | -         | ✓  | - | - | -  | 1                 |
| Control de capas de referencia          |                          | -         | ✓  | ✓ | - | ✓  | 3                 |
| Popups informativos                     |                          | -         | ✓  | ✓ | ✓ | ✓  | 5                 |
| Número de características por geoportal |                          | 3         | 16 | 9 | 8 | 11 |                   |

### 3. METODOLOGÍA GENERAL

---

Para la elaboración de un sistema de información geográfica es necesario disponer de un software adecuado y de los datos georreferenciados referentes a la zona y casos de estudio.

#### 3.1. Software

Los programas más destacados que se utilizaron para la realización de este proyecto se describen a continuación:

- QGIS 3.0. Es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código abierto. Proporciona una creciente gama de capacidades a través de sus funciones básicas y complementos que ayudan a los usuarios a la toma de decisiones. Puede visualizar, gestionar, editar y analizar datos y diseñar mapas imprimibles y permite trabajar en cualquier sistema operativo.
- GeoServer. Es un servidor web que permite servir mapas y datos de diferentes formatos para aplicaciones web, ya sean clientes web ligeros, o programas SIG desktop. Esto significa que puedes almacenar datos espaciales en casi cualquier formato que desees, y los usuarios no tienen que saber nada sobre datos SIG. En el nivel más simple, lo que único que se necesita es un web browser para visualizar los mapas. En el Anexo 1 se incluye un manual de utilización.
- CaTMDedit. Es un software de código abierto, multiplataforma y multilingüe que facilita la creación, manipulación y publicación de los metadatos de la información geográfica. Cumple con la norma ISO 19115, CSDGM, Dublin Core, MARC21 y con el perfil NEM (Núcleo Español de Metadatos).
- Leaflet. Es una librería JavaScript para la realización de mapas interactivos en la web, aporta numerosas funcionalidades como la integración de los datos que se sirven desde el servidor GeoServer. Leaflet ofrece muchas herramientas que podemos utilizar en nuestro trabajo: realizar diferentes tipos de zoom, mover el mapa a la situación que se desee, incorporar popups,

selector de capas, o proyecciones personalizables. Además soporta la mayoría de navegadores de escritorio y móviles.

### **3.2. Datos utilizados**

La obtención de los datos se realizó mediante la descarga procedente de diferentes fuentes oficiales, a excepción de los equipamientos urbanos que fueron solicitados a la Diputación de Granada.

A continuación se describe detalladamente cada uno de los datos utilizados.

#### **3.2.1. Límites administrativos**

La capa que delimita el municipio se obtuvo a través de la plataforma del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía mediante la descarga del fichero *G17 Divisiones Administrativas* del DERA (Datos Espaciales de Referencia de Andalucía). El fichero *G17* esta formado por 41 capas de información geográfica referente a diferentes subdivisiones administrativo-funcionales (municipios, salud, educación, deportes, agraria, judicial, etc).

Como se describe en la página oficial, el DERA es un conjunto de bases cartográficas para escalas intermedias referidas al territorio andaluz. Se presenta en bloques temáticos (relieve, divisiones administrativas, redes viarias, hidrografía, etc) que permiten el acceso a información de muy distinta procedencia con garantía de actualización, coherencia geométrica y continuidad territorial.

La información se encuentra accesible por capas en formato shapefile (.shp), en el sistema de referencia geodésico ETRS89 y proyectadas en UTM huso 30.

Esta capa se tratara a partir de ahora junto con la cartografía básica.

#### **3.2.2. Ortofotografías**

Las ortofotografías utilizadas se obtuvieron a través del sistema de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) y corresponden a las ortofotos del PNOA de máxima actualidad.

El Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) tiene como objetivo la obtención de ortofotografías aéreas digitales con resolución de 25 ó 50 cm y modelos digitales de elevaciones (MDE) de alta precisión de todo el territorio español, con un período de actualización de 2 ó 3 años, según las zonas. Se trata de un proyecto cooperativo y cofinanciado entre la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas.

Se realiza un vuelo fotogramétrico único y un tratamiento riguroso de los datos cumpliendo con unas especificaciones técnicas consensuadas entre todas las Administraciones Públicas participantes. Este planteamiento de producción descentralizada y cooperativa entre las distintas administraciones es acorde con el espíritu de la Directiva Inspire para el establecimiento de una Infraestructura de datos geográficos en Europa.

La fotografía aérea es la base para la realización de cartografía y la información geográfica en general, ocupación del suelo, urbanismo y ordenación del territorio, catastro, gestión forestal, hidrografía, etc. Utilizando los mismos datos fotogramétricos de partida, se consigue además una perfecta coherencia geométrica y temporal de las bases de datos cartográficos y geográficos existentes en todas las administraciones.

La dirección del proyecto es asumida por el Ministerio de Fomento, a través de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) y se coordina con los demás Ministerios interesados y con cada Comunidad Autónoma, que a su vez coordina a las Consejerías competentes (Obras públicas, Agricultura, Medio Ambiente,...).

La producción se realiza de manera descentralizada por cada equipo autonómico, siendo el Instituto Geográfico Nacional el responsable de la validación final, y la integración de los productos resultantes.

### **3.2.3. Cartografía básica**

La cartografía básica, que incluye las capas de límites administrativos, curvas de nivel, hidrografía, vías de comunicación, edificaciones y toponimia, se obtuvo del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Corresponde a la serie del Mapa Topográfico Verctorial de Andalucía a escala 1:10.000 (MTA10V), a excepción de los

límites administrativos que se obtuvieron del DERA como se explica en el apartado 4.3.1, el motivo de esta elección ha sido que el MTA10 aún incluye el municipio de Játar como entidad local de Arenas del Rey, el cuál desde el año 2015 ya es un municipio independiente.

El MTA10v es, actualmente, la base cartográfica de mayor detalle con cobertura completa del territorio regional y tiene la consideración de cartografía oficial de Andalucía. Se realizaron dos versiones analógicas anteriores (en 1993-1997 y en 2001-2002) mediante restitución fotogramétrica a partir de fotografías aéreas. La última versión disponible, se realizó en formato vectorial mediante fotointerpretación de las ortofotografías de 2006-2007.

Se presenta como un conjunto de coberturas vectoriales en formato shape, distribuida por capas, estructuradas según las distintas temáticas propias de una cartografía topográfica, y son:

- Relieve
  - Curvas de nivel
  - Vértices
- Hidrografía
  - Red hidrográfica
  - Superficies de agua
- Vegetación
- Edificaciones
  - Edificios
  - Manzanas
  - Invernaderos
- Vías de comunicación
  - Carreteras
  - Caminos
  - Vías urbanas
- Infraestructura hidraulica
  - Conducciones de agua
  - Elementos hidraulicos

- Infraestructura energética
  - Red eléctrica
- Toponimia

### **3.2.4. Modelo digital del terreno**

Del CNIG se obtuvo también el Modelo digital del terreno. Se trata del MDT05, con paso de malla de 5 m.

La unidad de descarga son las hojas del MTN50, y dependiendo de la hoja, el MDT05 se obtuvo o por estereocorrelación automática de vuelos fotogramétricos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) con resolución de 25 a 50 cm/píxel, o bien por interpolación a partir de la clase terreno de vuelos LIDAR del PNOA.

El Sistema Geodésico de Referencia es el ETRS89 en la Península, Islas Baleares, Ceuta y Melilla, y REGCAN95 en las Islas Canarias. Y la proyección UTM en su huso correspondiente. En la Península, las altitudes están referidas al nivel medio del Mar Mediterráneo en Alicante. En Baleares están referidas al nivel medio local del Mar Mediterráneo en las islas. En Ceuta y Melilla al nivel medio del Mar Mediterráneo. Y en Canarias, las altitudes están referidas al nivel medio del Océano Atlántico en las islas.

### **3.2.5. Infraestructuras, equipamientos y cartografía urbana.**

Las infraestructuras y equipamientos del municipio forman una parte importante en la realización de este proyecto. Se trata de una serie de archivos shapefile que contienen las infraestructuras de los núcleos de Arenas del Rey, Fornes y Pantano de los Bermejales, además de otro archivo en formato dwg con la cartografía urbana a escala 1:2000.

Los archivos shapefile contienen toda la información referente a alumbrado, pavimentación, saneamiento y abastecimiento.

Esta información se encuentra en la plataforma del Sistema de Información Geográfica de Granada (SIGGRA), pero no permite la descarga, tan sólo la visualización, por tanto, fue solicitada a la Diputación de Granada vía email.

### **3.2.6. Usos del suelo**

El SIOSE Andalucía está enmarcado en la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM), traslada los principios del SIOSE España a nivel de nuestra Comunidad Autónoma, con el valor añadido de ajustarse a la necesidad de disponer de un sistema de información de usos y ocupación del suelo que sea único para la administración pública y útil en la gestión del territorio. Esto implica un aumento en la escala de detalle (1/10.000), un incremento en los niveles de leyenda utilizados y un ajuste a los límites del parcelario catastral.

SIOSE Andalucía cuenta con varias series de 2005, 2009, 2011 y 2013, esta última la más actualizada y la utilizada en este proyecto.

### **3.3. Sistema de referencia espacial**

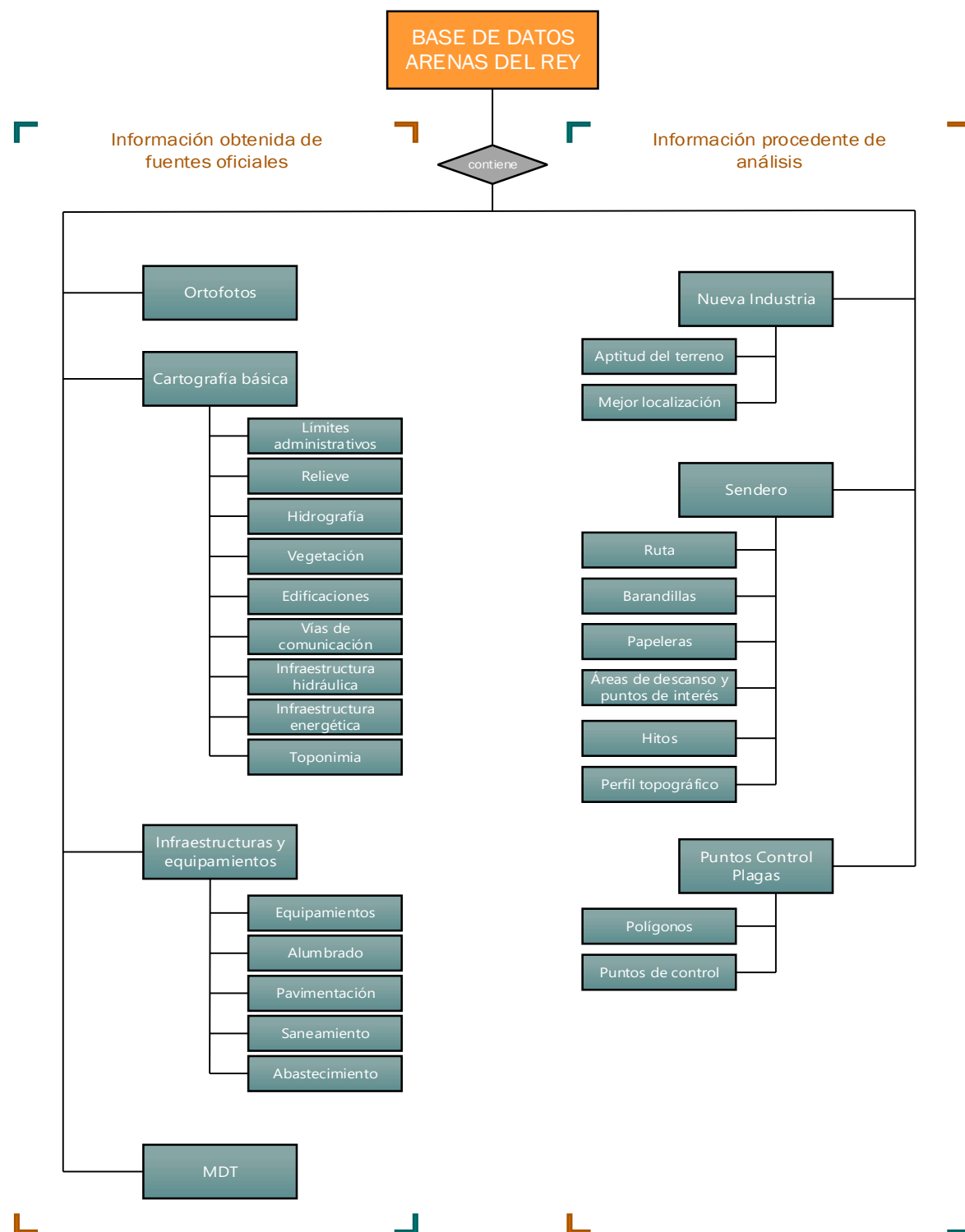
Al trabajar con datos georreferenciamos debemos establecer un sistema de referencia común para todos esos datos. El sistema adoptado en este proyecto es el sistema geodésico de referencia en España, el ETRS89 (European Terrestrial Reference System de 1989) y la proyección UTM huso 30.

El ETRS89 se establece en España por Real Decreto 1071/2007, hasta esa fecha se contaba con un sistema de referencia considerado local (ED50). El objetivo del ETRS89 es permitir una completa integración de la cartografía oficial española con la de otros países europeos y con los sistemas de navegación a nivel mundial (GPS, Glonass y Galileo). Esta ligado a la parte estable de la placa continental europea y en España se materializa a través de la red REGENTE.



### 3.4. Modelo de datos

A continuación se muestra un esquema de la información que se incorporó en el sistema. La base de datos cuenta con información que simplemente se descargó y editó de fuentes oficiales, y otra que resultó del análisis en el programa QGIS.



## 4. ELABORACIÓN DE LA BASE DE DATOS

El proceso de elaboración de la base de datos geográficos ocupa la primera fase de este proyecto. Se trabajó con el software QGIS, mediante la creación de un proyecto, la definición de su propiedades y la incorporación de los datos.

### 4.1. Creación del proyecto

A partir de un proyecto en blanco se definieron las propiedades fundamentales: nombre del proyecto, ruta de guardado y el sistema de coordenadas elegido, como se indica en la Figura 16 y ya descrito en el apartado 3.3. Las demás propiedades, como los estilos, se dejaron de forma predeterminada, ya que pueden configurarse a medida que se incorporan las capas de datos.

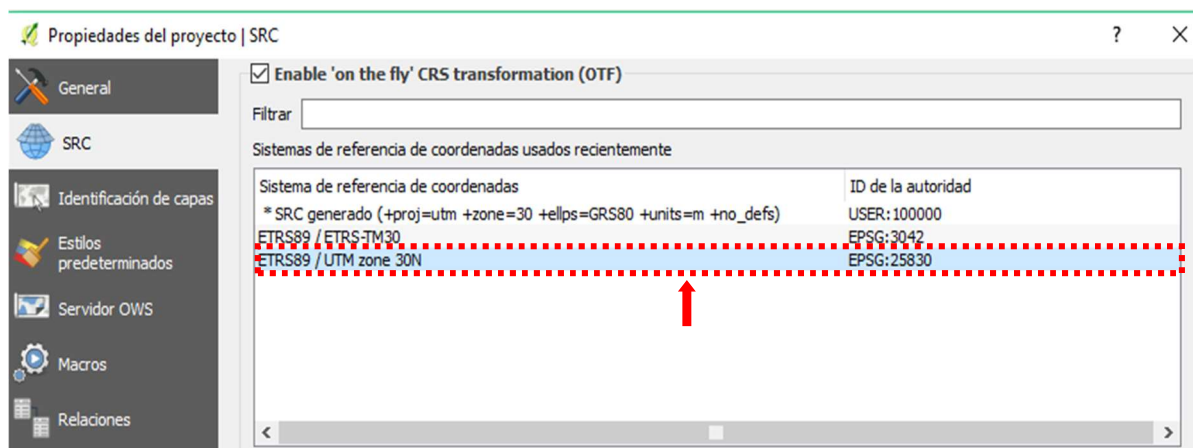


Figura 16.- Definición del SRC

### 4.2. Incorporación y edición de los datos básicos

#### 4.2.1. Ortofotografías

Como base del proyecto se integraron las ortofotos del PNOA de máxima actualidad, ya que aportan una gran cantidad de información georreferenciada y posteriormente fueron usadas para la digitalización de algunos elementos.

En primer lugar se identificaron las hojas del MTN50 que comprenden al municipio de Arenas del Rey para su posterior descarga desde el CNIG en formato *ecw*. Y, como

puede observarse en la Figura 17, el municipio ocupa las hojas 1025, 1026, 1040 y 1041.



Figura 17.- Hojas del MTN50

Se incluyeron estas cuatro cuadrículas al proyecto mediante la opción de *Añadir capa raster* (Figura 18). Es conveniente comprobar en las propiedades de la capa que se encuentra en el sistema de referencia correcto.

De este modo se obtuvo una base cartográfica con la que se consigue una visión muy completa del territorio.

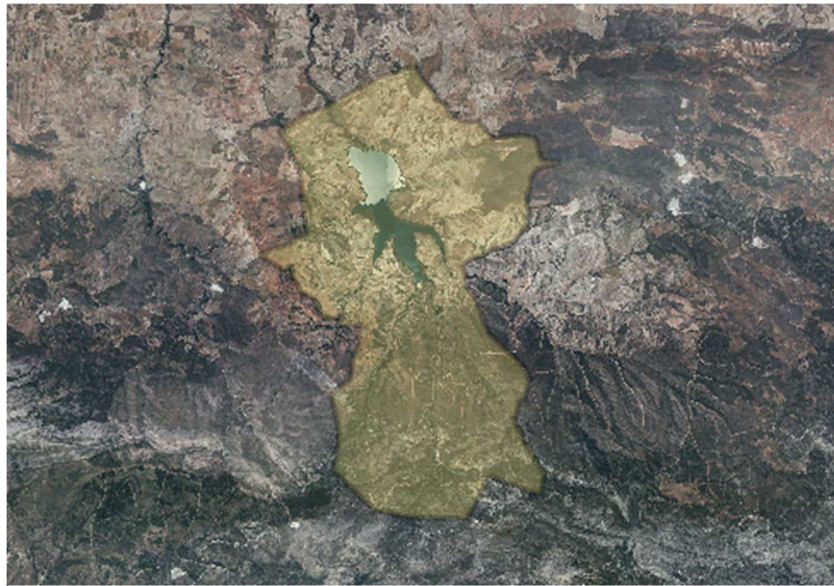


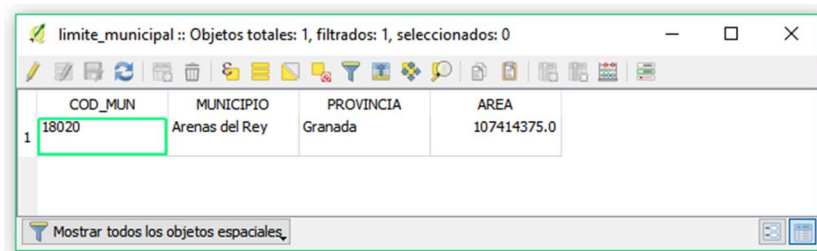
Figura 18.- Ortofotos del municipio

#### 4.2.2. Capas en formato vectorial

Con el objetivo de delimitar la zona en la que está centrada el proyecto se incorporó la capa *limite\_municipal*. Esta fue obtenida mediante un proceso de selección en la capa *da02\_term\_munic* que comprende las delimitaciones de todos los municipios andaluces.

El proceso de selección consistió en eliminar todos los datos de los términos municipales a excepción de Arenas del Rey. Para eliminar los datos fue necesario abrir la tabla de atributos y, estando en modo editable, se seleccionaron todos los datos a borrar y se pulsó sobre el botón *Eliminar*. De este modo el resultado fue la tabla de atributos y su polígono asociado que define la extensión del municipio, tal como se muestra en la Figura 19.





|   | COD_MUN | MUNICIPIO      | PROVINCIA | AREA        |
|---|---------|----------------|-----------|-------------|
| 1 | 18020   | Arenas del Rey | Granada   | 107414375.0 |

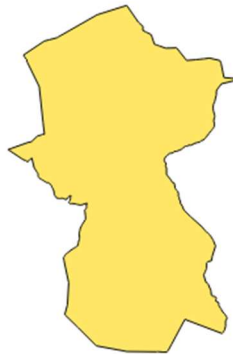


Figura 19.- Resultado selección término municipal

La cartografía básica se obtuvo en formato vectorial. QGIS permite la incorporación de este tipo de capas mediante el comando *Añadir capa vectorial*.

La información de MTA10 se encontraba dividida en diferentes carpetas correspondientes a las diferentes hojas del MTN50. En este caso, y como se ha expuesto en el apartado anterior, corresponde a cuatro hojas: 1025, 1026, 1040 y 1041.

Un ejemplo de como quedaron las capas insertadas en el proyecto se muestra con la *hs1\_nºhoja.shp* que pertenece a la hidrografía y puede verse en la Figura 20.

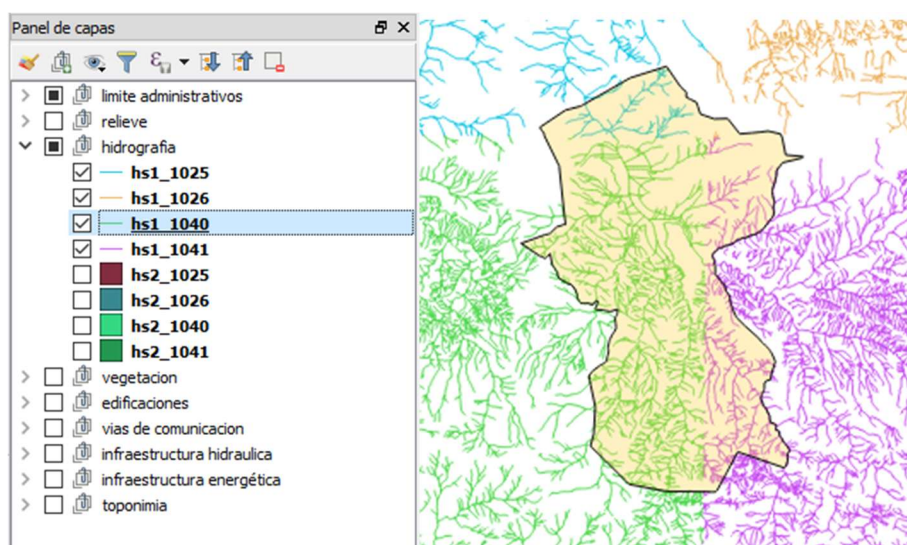


Figura 20.- Incorporación de las capas de hidrografía

Una vez añadidas todas las capas fue necesario realizar un proceso de unión con el propósito de incluir en una sola capa todas las capas de iguales características. Este proceso se realizó con el plugin *v.patch* de GRASS.

Una vez unidas todas las capas de hidrografía se procedió al recorte con la herramienta *Cortar*, que se encuentra en el menú *Vectorial >> Herramientas de geoprocso*. El resultado es una capa que abarca solo la información contenida en el municipio (Figura 21).



Figura 21.- Capa resultado de la hidrografía del municipio de Arenas del Rey

La información alfanumérica contenida en tablas también fue editada para cada una de las capas de información, eliminando y editando los datos que queremos visualizar.

Para el resto de capas de la cartografía básica se realizó el mismo proceso.

La Cartografía Urbana 1:2.000 (Figura 22) se obtuvo en formato dwg y QGIS no admite este tipo de archivos, pero sí trabaja con dxf, así que mediante el programa Autocad se editó el archivo, se identificaron las capas para facilitar su lectura y se guardó una copia en formato dxf, la cuál sí se pudo incorporar al proyecto QGIS como una capa vectorial de tipo línea.

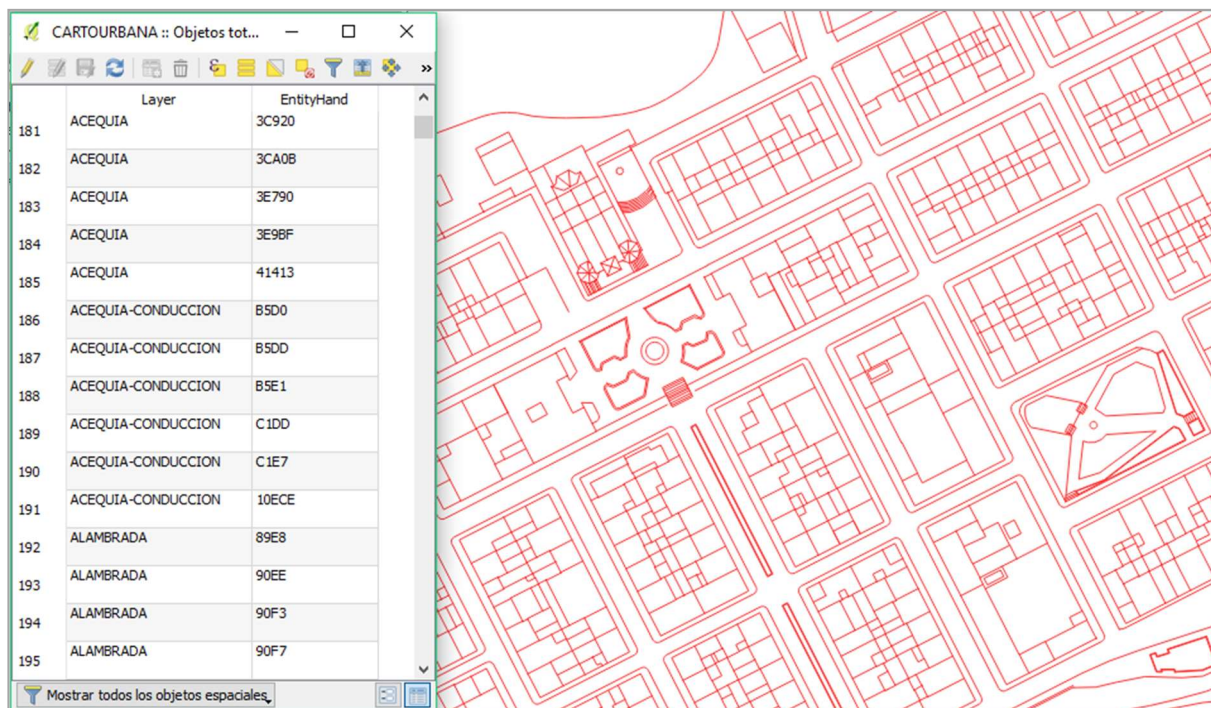


Figura 22.- Cartografía urbana en QGIS

Al incorporar este tipo de archivo se genera una tabla de atributos automáticamente que como puede verse en la Figura 22 solo presenta dos campos: capa (layer) y un código identificador del elemento.

Las infraestructuras del municipio tales como pavimentación y alumbrado, red de saneamiento, abastecimiento, etc., también fueron incorporados de este modo y solo fue necesario cambiar el estilo de visualización para facilitar la interpretación. Véase un ejemplo en la Figura 23.



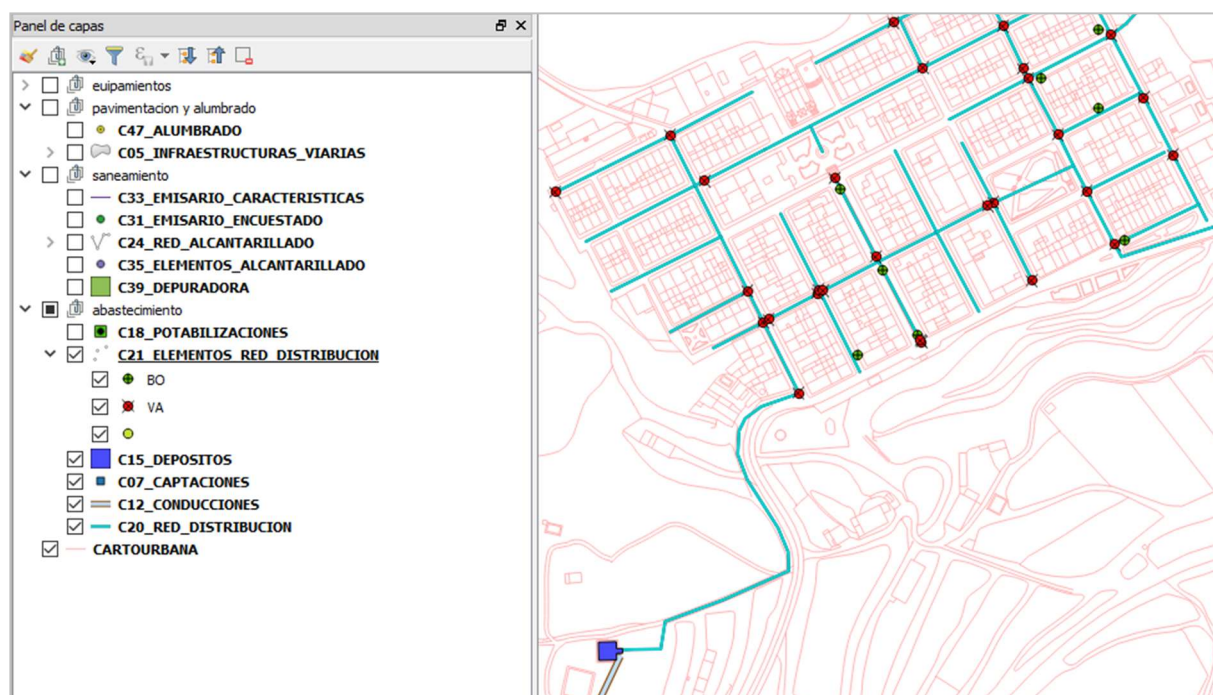


Figura 23.- Abastecimiento en el núcleo de Arenas del Rey

#### 4.2.3. Modelo digital del terreno

El MDT05 estaba formado por cuatro cuadrículas correspondientes a las cuatro hojas del MTN50, estas capas se insertaron en el proyecto con el comando *Insertar capa raster*. Al incorporar las capas es necesario comprobar el SRC de cada una, el encontrarse en el sistema EPSG:4326, provoca que el SRC del proyecto y el de las capas entren en conflicto y no sea posible la visualización de la imagen. Para solucionarlo fue necesario modificarlo en las propiedades de cada capa, quedando seleccionado el EPSG:25830.

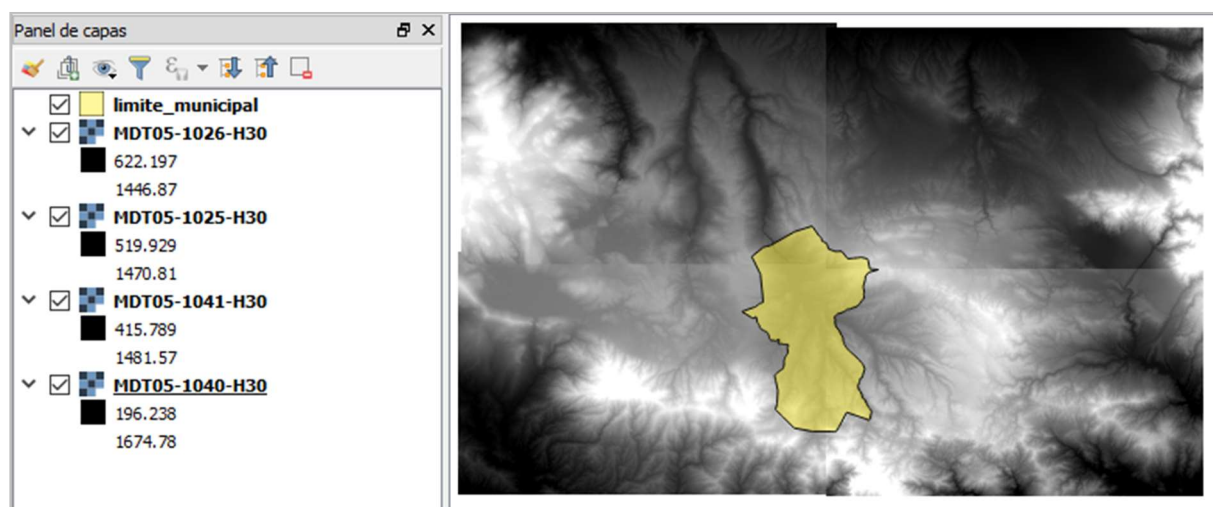


Figura 24.- Modelo digital del terreno

En la Figura 24 se ilustra el MDT, donde cada pixel de la imagen representa la elevación media en metros en ese lugar. Los pixeles más claros representan una altitud más elevada y los más oscuros zonas más bajas.

A continuación, y para simplificar el trabajo posterior, se unieron las cuatro capas en una. Este proceso se podía realizar con la herramienta *Combinar (Ráster >> Miscelánea >> Combinar)* o con el plugin *GdalTools* que en este caso fue el método usado. La Figura 25 muestra el cuadro de diálogo de este proceso en el que hay que seleccionar las capas que se van a combinar y el archivo de salida.

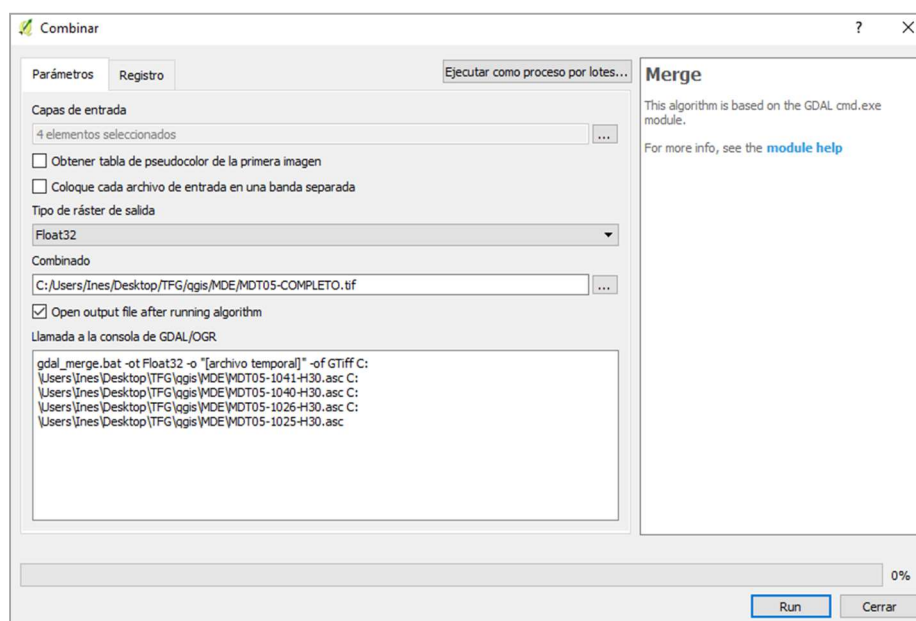


Figura 25.- Geoproceso combinar. Plugin GdalTools

Una vez terminado el proceso se generó una nueva capa ráster que incluía las cuatro hojas combinadas.

El siguiente paso fue eliminar la información que quedaba fuera de los límites del municipio, este proceso se realizó con la herramienta *Clipper*, la cuál va a mantener las propiedades del ráster original (resolución, georreferenciación, etc.). Para ello se usó el MDT que se obtuvo anteriormente con la unión de las cuatro hojas y la capa vectorial de *limites\_administrativos.shp* que se usó como máscara de corte.

La Figura 26 muestra el cuadro de diálogo de esta herramienta.

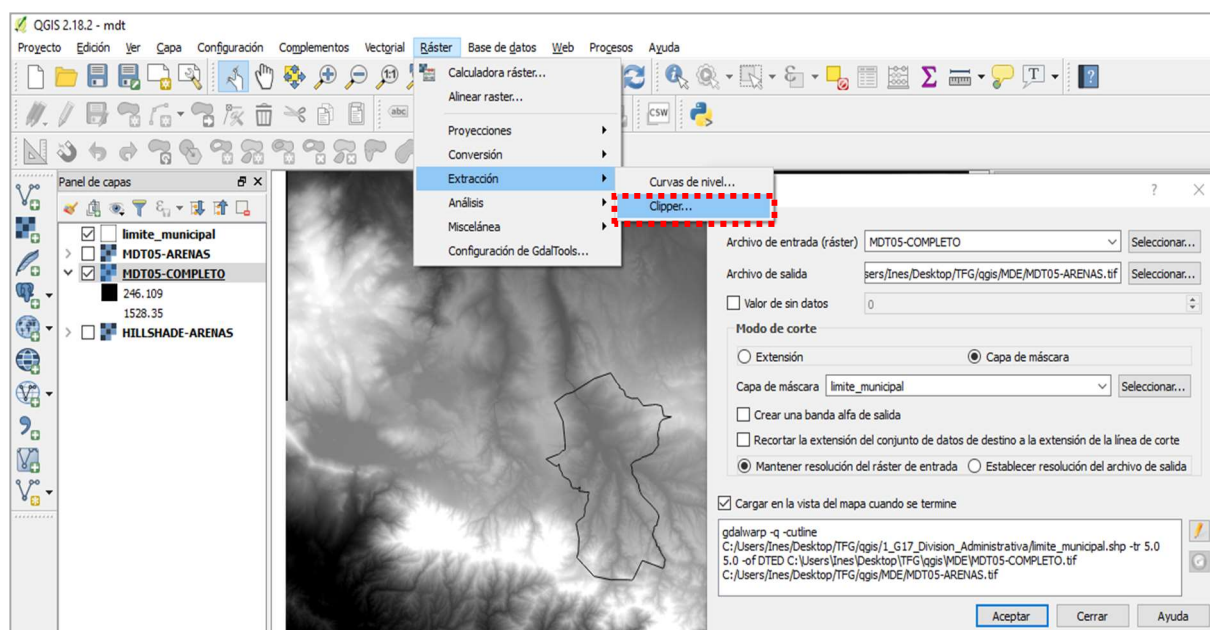


Figura 26.- Clipper del MDT

Como resultado final la Figura 27 , en la cuál se ha modificado la escala de color para mejorar la visualización. La leyenda (remarcada en amarillo) muestra en metros la altitud media del terreno que representa cada pixel.

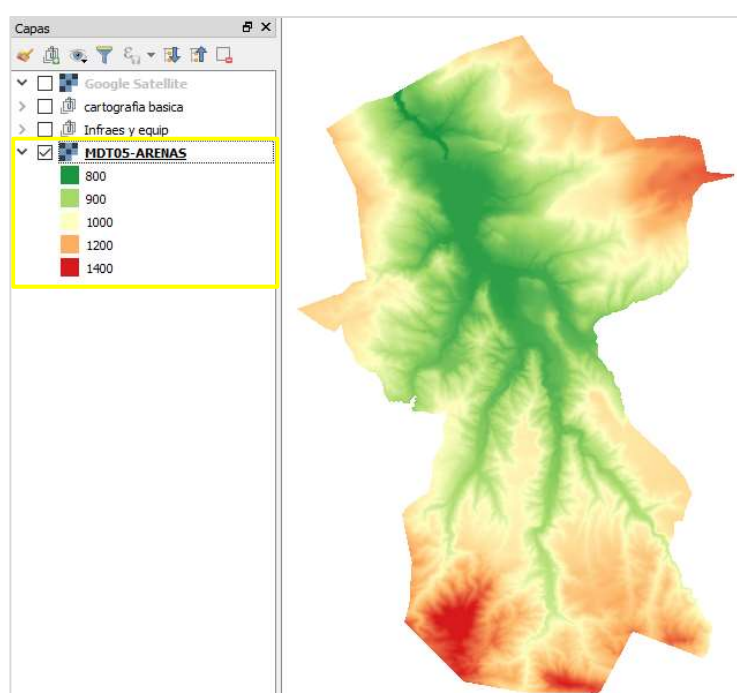


Figura 27.- MDT del municipio

A partir de este ráster se pueden realizar diversos análisis, como obtener las curvas de nivel, crear mapas de sombras (Hillshade), de pendientes, de orientación, perfiles longitudinales, etc, lo cuál fue de utilidad para algunos análisis que se realizaron.

### **4.3. Información relativa a la implantación de nueva industria en el municipio**

Uno de los objetivos del proyecto consistió en valorar la aptitud del suelo con respecto a la implantación de industria, teniendo en cuenta algunos factores geográficos. Además se determinó la mejor zona de más de 10 Ha para la localización de dicha actividad. La metodología seguida se explica en los dos siguientes subapartados.

#### **4.3.1. Aptitud del territorio para la implantación de industria**

La valoración de la aptitud ambiental en el municipio de Arenas del Rey en cuanto a la implantación de industria, se ha basado en una serie de criterios geográficos.

Para su elaboración fue necesario contar con el sistema de información geográfica en QGIS y la Técnica de Evaluación Multicriterio, constituyendo ambas una importante herramienta para la planificación territorial y la toma de decisiones. La metodología de la EMC se desarrolla en el Anexo 2.

Se consideraron tres factores clave: el primero fue la pendiente del terreno, se valoraron positivamente las pendientes más bajas, puesto que facilita las tareas de urbanización previa del suelo; el segundo fue la proximidad a las carreteras, cuanto más cercano a estas, menos inversión en construir vías de acceso; y el tercero, la cercanía a los núcleos de población, que disminuiría los costes de desplazamiento de los trabajadores y el transporte de mercancías.

Se excluyó del análisis el suelo ya ocupado por infraestructuras urbanas o cultivos y las pendientes del terreno superiores al 10%.

El procedimiento seguido para la resolución del problema fue una estandarización de los factores, la construcción de mapas relativos a los factores de restricción y, por último, la aplicación del método multicriterio utilizando dichos mapas.

#### 4.3.1.1. Estandarización de los factores o criterios.

##### a) Estandarización de la pendiente.

A partir del MDT se obtuvo el mapa de pendientes, para ello, QGIS cuenta con la herramienta *MDT*, que se encuentra en el menú *Ráster >> Análisis >> MDT (modelos del terreno)*. Dentro de esta ventana se seleccionó el modo de pendiente, se marcó la opción de obtener el valor de pendiente en porcentaje y se guardó el ráster.

Se valoraron positivamente los valores reducidos de la pendiente por lo que se realizó una reclasificación en una escala de 0 a 100 de forma inversamente proporcional, siendo “0” los valores de pendiente más bajos y “100” los más elevados. Se usó el plugin de GRASS *r.reclass*, y se obtuvo el resultado que muestra la Figura 28.

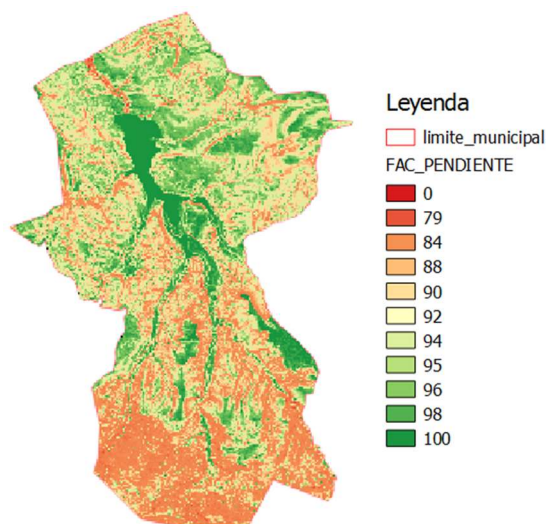


Figura 28.- Mapa de la pendiente estandarizada (escala 0 a 100)

##### b) Estandarización de la distancia a carreteras.

Del archivo en formato shape del MTA10 se obtuvieron las carreteras, eliminando sendas y caminos. A continuación fue necesario rasterizar el archivo vectorial, para ello, se utilizó la herramienta *Rasterizar*. Mediante el plugin *r.grow.distance* se obtuvo la distancia euclidiana a las carreteras.

Para dejarlo en la misma escala de valoración, se estandarizó la imagen en 100 niveles, para ello, se realizó una reclasificación con el plugin *r.reclass*, donde los valores más altos son los más cercanos y los más bajos corresponden a ubicaciones más lejanas a la carretera. El mapa resultante se muestra en la Figura 29.



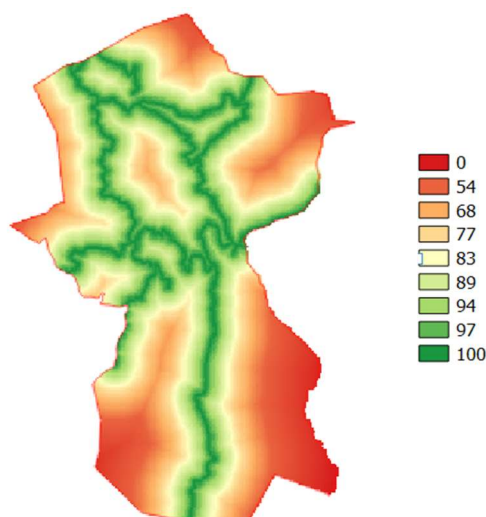


Figura 29.- Mapa de la distancia a carreteras estandarizada (escala de 0 a 100).

### c) Estandarización de la distancia a los núcleos de población

El factor de distancia requirió de la rasterización de la capa de usos del suelo. De la tabla de atributos de dicha capa se eliminaron todos los atributos excepto los de casco urbano, a continuación se añadió un nuevo campo, denominado “valor” y se le asignó valor “1” en todos los elementos de casco urbano. A través del plugin *r.to.rast.attribute* se rasterizó y se obtuvo el mapa rasterizado de los núcleos.

Como en el caso de las carreteras se realizó la distancia euclidiana con *r.grow.distance*, y, se reclasificó la imagen en la escala común de “0” a “100”. Asignando los valores más altos a las áreas más próximas a los núcleos. Resultado en la Figura 30.

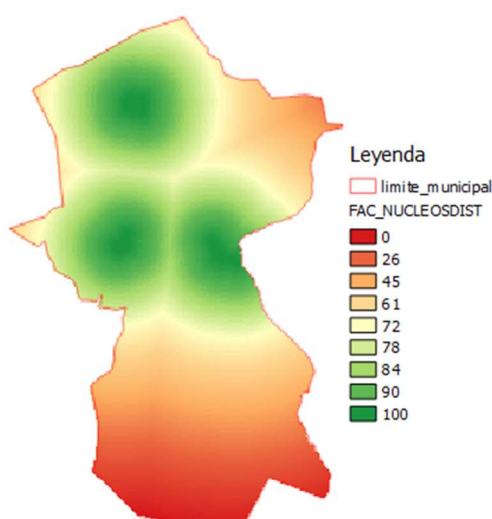


Figura 30.- Mapa de la distancia a los núcleos de población estandarizada (escala 0 a 100)



#### 4.3.1.2. Mapas relativos a los criterios de restricción

##### a) Mapa de limitación de los usos del suelo

Se reclasificaron los usos del suelo, asignando a los usos aptos el valor de “1” y los no aptos como “0”. En la Tabla 3 pueden verse los distintos usos y si se consideran aptos o no aptos. La Figura 31 muestra el resultado.

| APTOS             | NO APTOS                    |
|-------------------|-----------------------------|
| Matorral          | Urbano                      |
| Pastizal          | Edificaciones agrícolas     |
| Matorral arbolado | Zona de extracción/vertidos |
| Pastizal arbolado | Vías de comunicación        |
| Suelo desnudo     | Infraestructura técnica     |
|                   | Cultivos                    |
|                   | Forestal                    |
|                   | Láminas de agua             |

Tabla 3.- Suelos aptos y no aptos para la instalación de industria

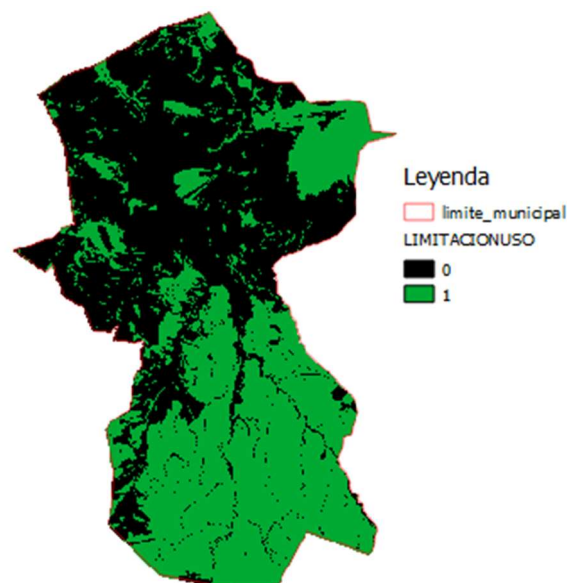


Figura 31.- Mapa sobre el criterio limitante de usos del suelo para la actividad industrial

## b) Limitación de la pendiente

A partir del mapa de pendientes obtenido anteriormente, se realizó una reclasificación asignando a las pendientes inferiores al 10% el valor de “1” y al resto “0” (Figura 32).

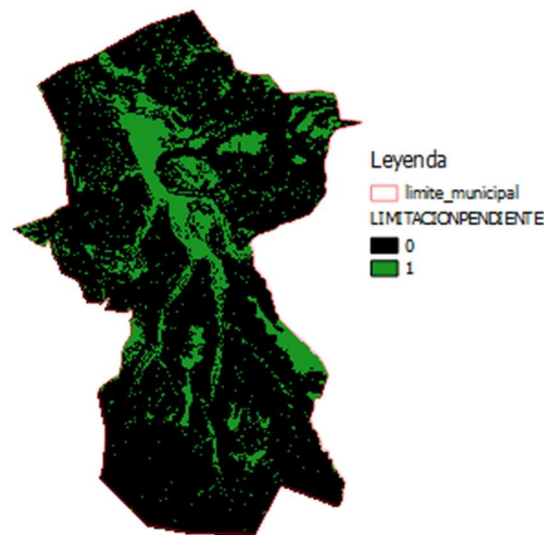


Figura 32.- Mapa sobre el criterio limitante de pendiente inferior al 10% para la actividad industrial

#### 4.3.1.3. Aplicación el método multicriterio

En primer lugar fue necesario establecer unos valores de ponderación a cada capa. Se le asignaron tanto a la capa de factor carreteras como a la de distancia a los núcleos un 40%, y al factor pendientes un 20%.

En QGIS se utilizó la *Calculadora ráster*, donde se rellenó la expresión de la forma que anteriormente se ha considerado y añadiendo los factores limitantes y los operadores, de forma que queda:

$$[FAC\_PENDIENTES \times 0.20 + FAC\_CARRETERAS \times 0.40 + FAC\_NUCLEOSDIS \times 0.40] \\ \times LIMITACIONUSO \times LIMITACIONPENDIENTE$$

La mapa resultante se muestra en la Figura 33, es un mapa que clasifica las zonas del terreno desde “0” (en color gris), que son las zonas donde la implantación sería inviable hasta los valores cercanos a 100, donde se encontraría la mejor ubicación.

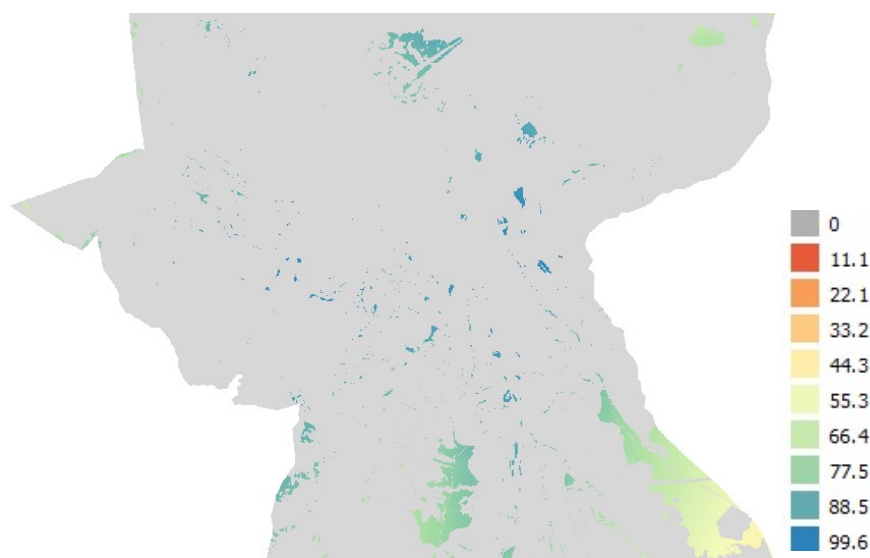


Figura 33.- Mapa resultante de la aptitud respecto a la implantación de industria

Por último, se hizo una reclasificación del resultado anterior en categorías de mala a muy buena localización de acuerdo con los valores expresados en la Tabla 4. El mapa resultante en este caso se muestra en la Figura 34.

Tabla 4.- Tabla de reclasificación por categorías de la aptitud del suelo respecto a la implantación de industria

| Valor    | Reclasificación | Descripción |
|----------|-----------------|-------------|
| 0        | 0               | Nulo        |
| 0 – 60   | 1               | Mala        |
| 60 – 70  | 2               | Regular     |
| 70 – 90  | 3               | Buena       |
| 90 – 100 | 4               | Muy buena   |

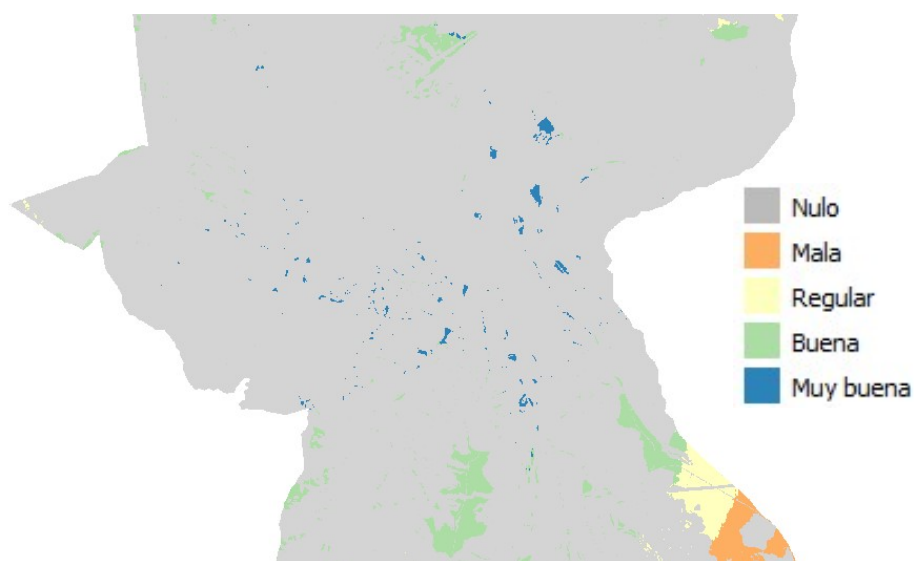


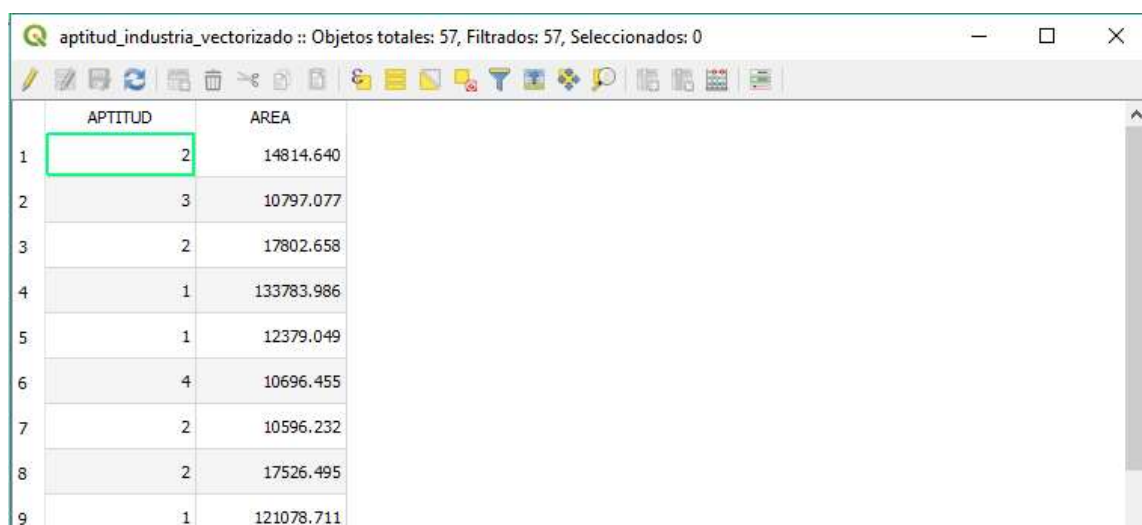
Figura 34.- Aptitud del terreno respecto a la actividad industrial reclasificado

#### 4.3.2. Localización óptima para la implantación de un área industrial

Este análisis consistió en localizar las mejores 10 Ha de terreno donde se podría urbanizar y edificar para uso industrial. Para ello, se utilizó el resultado del apartado anterior, que define la aptitud del terreno frente a esta actividad y limita las zonas donde no es posible.

Para resolver esto, en primer lugar, se vectorizó la imagen anterior. En el menú *Ráster* >> *Conversión* de QGIS se encuentra la herramienta *Vectorizar*. Se obtuvo una capa de polígonos con su tabla de atributos, la cual solo contenía el campo con el valor que tenían los píxeles en el ráster, es decir valores de “0” a “4”, que indican: “0” donde no se puede implantar industria, y desde “1”, la peor localización de industria hasta “4”, que sería la mejor.

A continuación, se añadió un nuevo campo a la tabla de atributos que contiene el área de cada polígono (Figura 35).



|   | APTITUD | AREA       |
|---|---------|------------|
| 1 | 2       | 14814.640  |
| 2 | 3       | 10797.077  |
| 3 | 2       | 17802.658  |
| 4 | 1       | 133783.986 |
| 5 | 1       | 12379.049  |
| 6 | 4       | 10696.455  |
| 7 | 2       | 10596.232  |
| 8 | 2       | 17526.495  |
| 9 | 1       | 121078.711 |

Figura 35.- Tabla de atributos de la aptitud frente a la industria vectorizado

Se seleccionaron y eliminaron todos los polígonos cuya superficie era inferior a 10 Ha. Por último, se filtró el resultado para obtener las mejores localizaciones a partir del campo “Aptitud”, y se eliminaron todos los polígonos que tenían como aptitud “1”, “2” y “3”, dejando solo los polígonos más aptos. Éstos se muestran en la Figura 36.

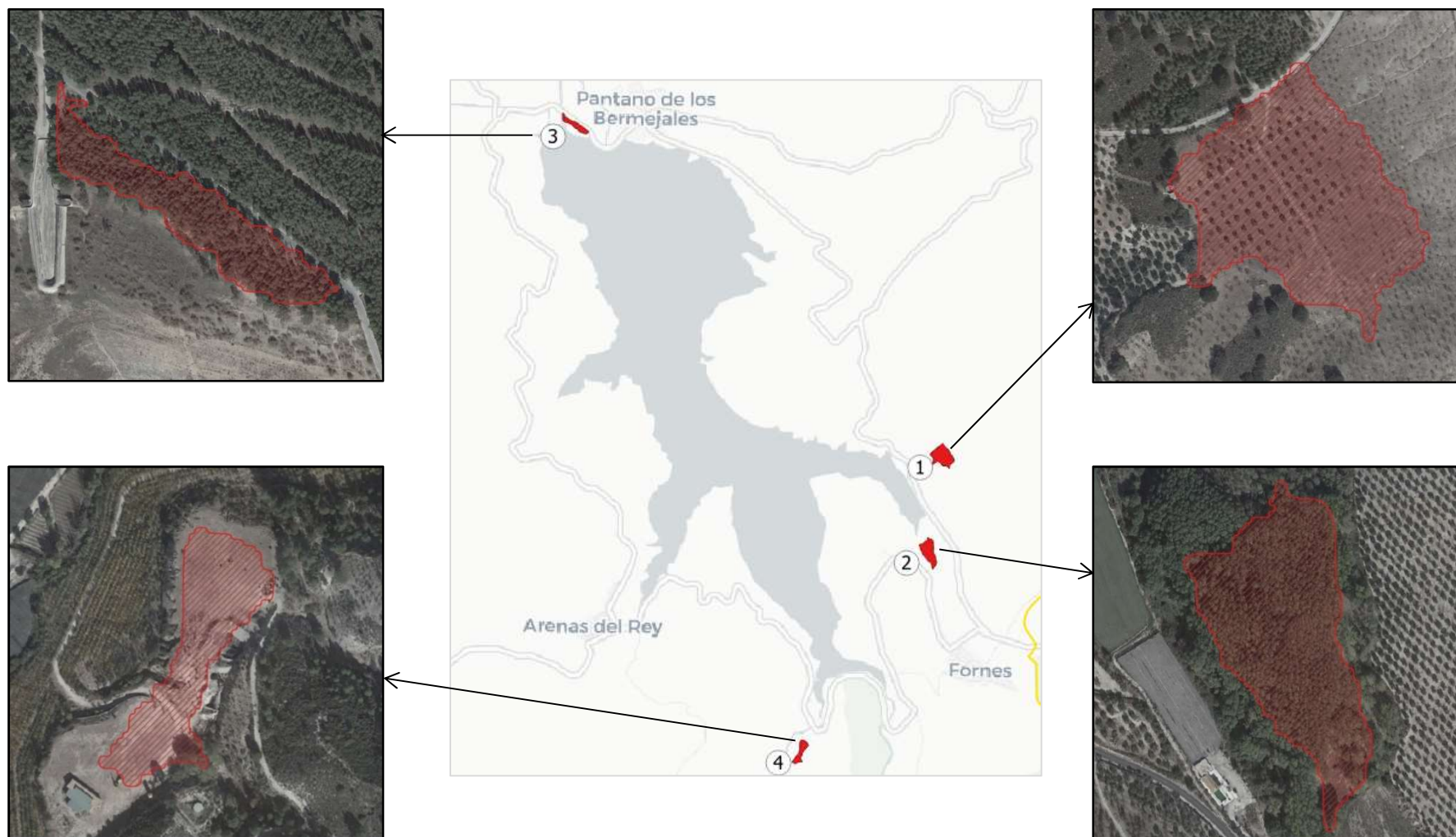


Figura 36.- Resultado de las zonas más óptimas para implantación de industria

El resultado fueron cuatro polígonos, los cuales contaban con la mejor localización y cumplían con la superficie mínima requerida. A su tabla de atributos se añadió el uso del suelo de cada uno (Figura 37).

| ID_POLIGON | AREA     | USO SUELO                |
|------------|----------|--------------------------|
| 1          | 25825.14 | Pastizal con claros      |
| 2          | 21350.11 | Matorral                 |
| 3          | 10650.06 | Pastizal arbolado        |
| 4          | 10875.06 | Pastizal y suelo desnudo |

Figura 37.- Tabla de atributos de los polígonos más aptos para industria

A continuación analizan cada uno de estos polígonos.

1. El primer polígono obtenido (1), cuenta con una superficie de 25,83 Ha. El uso del suelo definido por el SIOSE 2013 es de “Pastizal con claros” pero superponiendo este con la ortofoto del PNOA (máxima actualidad) se observó que existían cultivos de tipo olivar, por tanto, ya que el suelo destinado a cultivo fue eliminado del análisis, este polígono se eliminó como resultado final, atribuido a un error de actualización del SIOSE.
2. El polígono resultado denominado como (2), tiene una superficie de 21,35 Ha y el uso del suelo designado en esa zona es de “Matorral”, a primera vista en la ortofoto parece más bien arbolado forestal, con lo cuál sería otro error de calificación del SIOSE , aunque se tendría que visitar la zona y valorar el impacto ambiental de eliminar arbolado forestal, por tanto, se dejó en el resultado final.
3. El polígono (3) que se encuentra próximo al aliviadero de la presa tiene una superficie de 16,65 Ha, y al igual que el caso anterior se tendría que valorar más detenidamente la posible ubicación de industria, ya que, aunque en el SIOSE el uso del suelo sea pastizal arbolado, podría generar un gran impacto ambiental eliminar ese arbolado.
4. El polígono (4) cuenta con una superficie de 10,88 Ha y el uso del suelo es “Pastizal” y “Suelo desnudo”, por tanto, no afectaría a cultivos ni a arbolado forestal la ubicación de industria en esta zona.



Finalmente, el resultado final fueron los polígonos (2), (3) y (4) los seleccionados como mejor localización para implantar una pequeña zona industrial. Para mejorar el análisis sería adecuado realizar un estudio de impacto ambiental.

#### 4.4. Información relativa al sendero perimetral del Pantano de los Bermejales

El Sendero Perimetral del Pantano de los Bermejales es una ruta circular que bordea el embalse. Se trata de una atractiva ruta que cuenta con 25 kilómetros, divididos en 5 tramos, y de pendientes moderadas, lo que la hace apta a todo tipo de usuarios. Además, a lo largo de su recorrido nos podemos encontrar con puntos singulares, que la convierten en un atractivo para fomentar el turismo en el municipio (Figura 38).

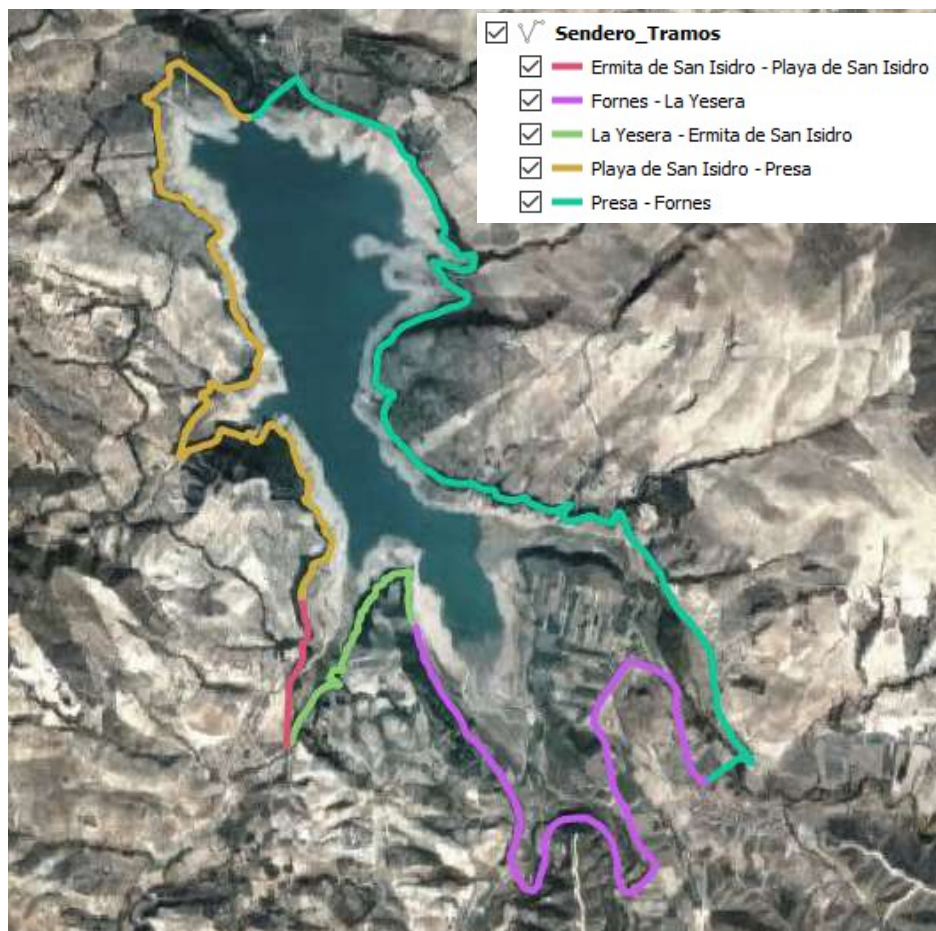


Figura 38.- Sendero perimetral del pantano de los Bermejales

La ruta que sigue el sendero se descargó de la página web <https://es.wikiloc.com/>.

El archivo presentaba el formato GPX o GPS eXchange Format, se trata de una forma estándar para el intercambio y almacenamiento de información de mapas entre diferentes aplicaciones y puede almacenar puntos (waypoints), recorridos (tracks), y rutas (routes).

Es un formato admitido por la librería OGR, por tanto QGIS es capaz de leerlo y escribirlo. Se añade desde el botón *Añadir capa vectorial* y una vez seleccionado el archivo se abre una ventana que pide que capas vectoriales queremos añadir (Figura 39). Se seleccionan todas y se añaden al proyecto.

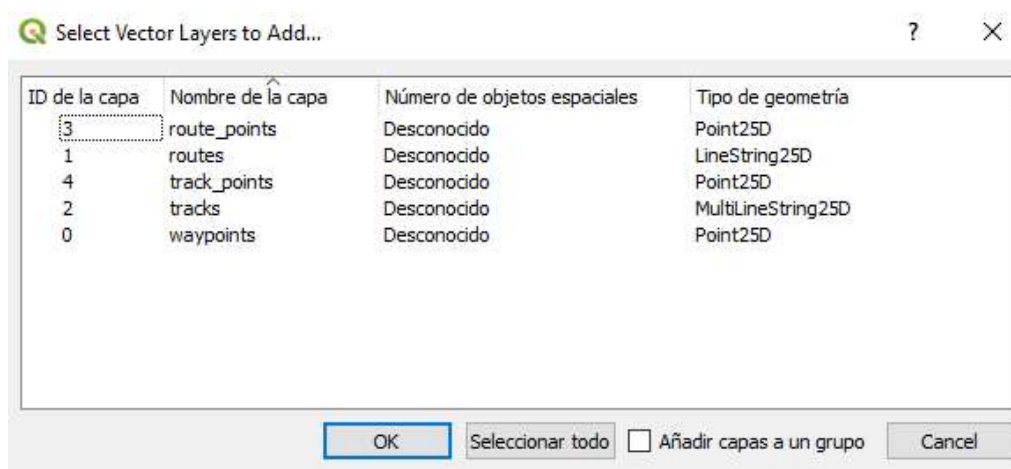


Figura 39.- Selección de capas de un archivo GXP

Con la capa que se trabajó fue con la de la línea de ruta (routes), por tanto, se guardó como archivo shp para realizar los análisis que se desarrollan a continuación.

#### 4.4.1. Acondicionamiento del sendero

Para el acondicionamiento de este sendero se realizaron distintos tipos de análisis sig para encontrar las ubicaciones idóneas de los siguientes elementos: barandillas, papeleras e hitos.

##### 4.4.1.1. Localización de barandillas

Para la localización de las barandillas a lo largo del sendero se han establecido los siguientes criterios:

- Paso de ríos o arroyos.
- Pendientes del terreno superiores al 15%.

Para determinar los pasos de ríos y arroyos, se localizaron los puntos dónde los ríos intersecan con la línea longitudinal del sendero, para ello, se utilizó la herramienta *Intersecciones de líneas*, que se encuentra en el menú *Vectorial >> Herramientas de análisis*, obteniendo así el mapa de la Figura 40.

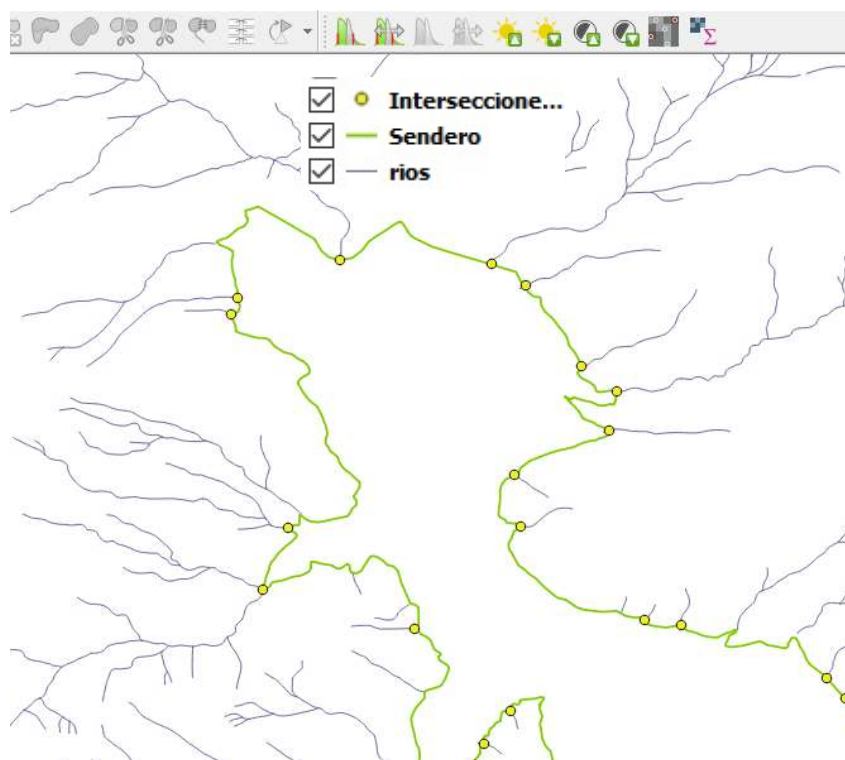


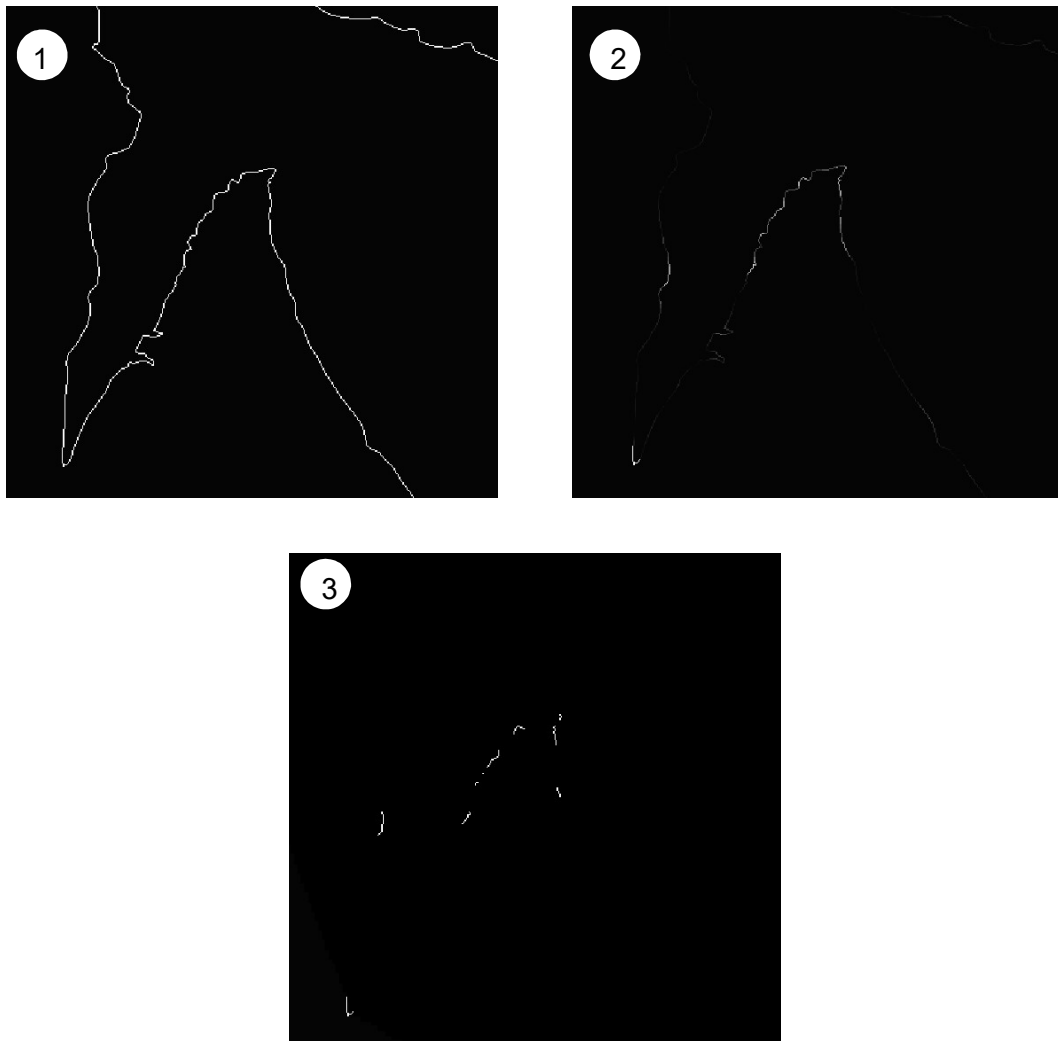
Figura 40.- Puntos de intersección entre el sendero y los ríos y arroyos

Se obtuvo una capa de puntos que corresponden a cada uno de los lugares donde el sendero es cortado por un río o arroyo.

A continuación se localizaron los tramos donde la pendiente es considerada como peligrosa, que a priori, se estableció en el 15%. Para encontrar la solución se siguieron los siguientes pasos:

- 1) Rasterización de la capa *Sendero*.
- 2) Intersección de la capa rasterizada del sendero con la capa de pendientes.
- 3) Reclasificación de la capa anterior estableciendo las pendientes menores de 15% igual a 0 y las mayores de 15% igual a 1.

Resultados de cada uno de los pasos en la Figura 41.



*Figura 41.- Proceso de obtención de los tramos de pendiente superior al 15% en el sendero*

Por último, se digitalizó, en una nueva capa vectorial de tipo lineal, la capa de los tramos en los que será necesario instalar las barandillas, teniendo en cuenta los dos criterios anteriores (Figura 42).



Figura 42.- Mapa resultado de la ubicación de las barandillas en el sendero

La tabla de atributos se creó en excel, se incluyeron los campos del sendero donde se encuentran (“Sendero”), el tipo de barandilla (“Tipo”), la longitud (“Longitud”), la fecha de implantación (“Fecha Implantacion”), y el estado en que se encuentra (“Estado”), se importó a QGIS como archivo .csv, y por último, se realizó una *Unión* de la capa de barandillas y la tabla importada.

| Barandillas :: Objetos totales: 30, filtrados: 30, seleccionados: 0 |    |                                      |        |          |                    |         |
|---------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------|--------|----------|--------------------|---------|
|                                                                     | id | Sendero                              | Tipo   | Longitud | Fecha Implantacion | Estado  |
| 1                                                                   | 1  | Perimetral Pantano de los Bermejales | Madera | 137.81   | 25/07/2018         | Bien    |
| 2                                                                   | 2  | Perimetral Pantano de los Bermejales | Madera | 41.87    | 26/07/2018         | Bien    |
| 3                                                                   | 3  | Perimetral Pantano de los Bermejales | Madera | 91.43    | 27/07/2018         | Regular |
| 4                                                                   | 4  | Perimetral Pantano de los Bermejales | Madera | 23.94    | 28/07/2018         | Bien    |
| 5                                                                   | 5  | Perimetral Pantano de los Bermejales | Madera | 60.55    | 29/07/2018         | Regular |
| 6                                                                   | 6  | Perimetral Pantano de los Bermejales | Madera | 94.42    | 30/07/2018         | Bien    |
| 7                                                                   | 7  | Perimetral Pantano de los Bermejales | Madera | 18.56    | 31/07/2018         | Mal     |
| 8                                                                   | 28 |                                      |        | 68.55    |                    |         |
| 9                                                                   | 8  |                                      |        | 104.04   |                    |         |
| 10                                                                  | 9  |                                      |        | 98.7     |                    |         |
| 11                                                                  | 10 |                                      |        | 34.57    |                    |         |
| 12                                                                  | 11 |                                      |        | 115.94   |                    |         |

Figura 43.- Tabla de atributos de la capa Barandillas

#### 4.4.1.2. *Ubicación de papeleras*

En esta capa se establecieron los puntos donde se podrían colocar las papeleras a lo largo del sendero, que se dispusieron siguiendo dos criterios:

- Pendiente inferior a 3%. Se considera una pendiente llana y con visibilidad.
- Distancia entre papeleras de 500 m.

Para obtener el mapa con las zonas de pendiente inferior al 3% en el sendero se siguió el mismo procedimiento que para el caso anterior de las pendientes mayores del 15%. En este caso, se igualaron a “1” los valores inferiores a 3% de pendiente y el resto a “0”, con la calculadora ráster (Figura 44).

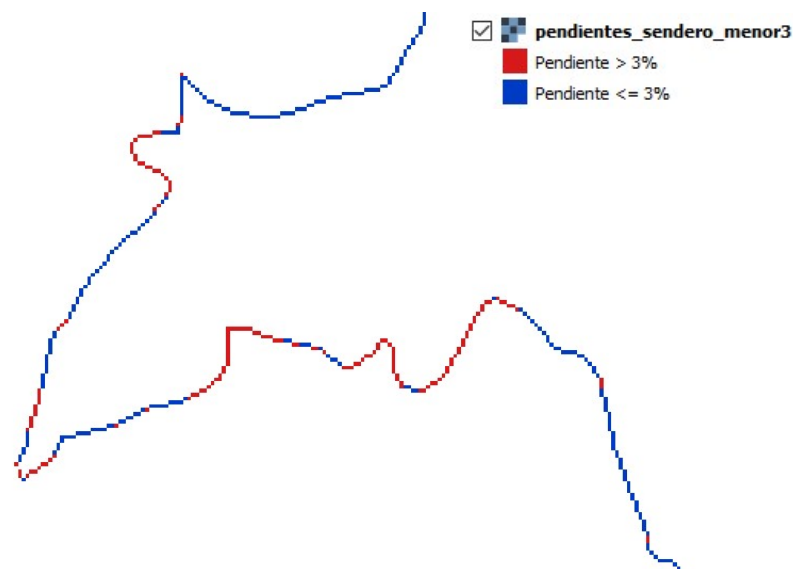


Figura 44.- Mapa de pendientes inferiores al 3%

La separación entre papeleras se realizó estableciendo puntos a 500m de distancia con la herramienta *QChainage*. Esta herramienta generó una capa de puntos a lo largo de la ruta separados a la distancia establecida. La combinación manual entre esta capa y la de pendientes inferiores a 3%, será el resultado definitivo para la ubicación de las papeleras (Figura 45).



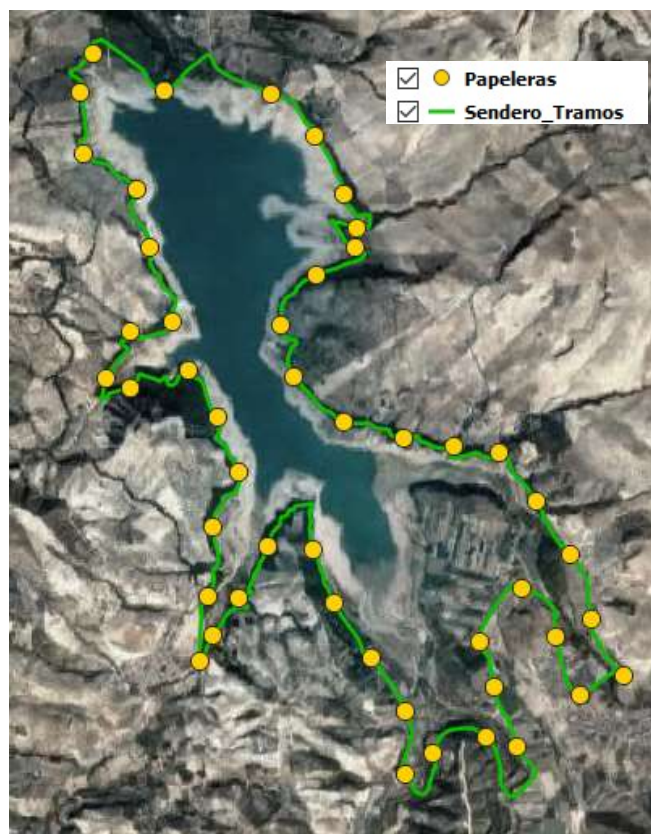


Figura 45.- Mapa resultado de la ubicación de las papeleras en el sendero

La tabla de atributos (Figura 46) se generó en Excel, incluyendo los campos de identificador de cada papelerera ("Id Papelerera"), ruta en la que se encuentra ("Id Ruta"), si se trata de una papelerera o contenedor ("Tipo Papel"), "Fecha de Implantación", y estado en el que se encuentra ("Estado") que puede ser bien, regular o mal. Y se realizó una unión de tablas entre ésta y la que se ha generado por defecto al obtener la capa de puntos anterior.

|   | Id Papeler | Id Ruta | Tipo Papel | Fecha Impl | Estado  |
|---|------------|---------|------------|------------|---------|
| 1 | 1          | 1       | Papelerera | 25/07/2018 | Bien    |
| 2 | 2          | 1       | Papelerera | 26/07/2018 | Bien    |
| 3 | 3          | 1       | Papelerera | 27/07/2018 | Regular |
| 4 | 4          | 1       | Contenedor | 28/07/2018 | Bien    |
| 5 | 5          | 1       | Papelerera | 29/07/2018 | Regular |
| 6 | 6          | 1       | Papelerera | 30/07/2018 | Mal     |
| 7 | 7          | 1       | Contenedor | 31/07/2018 | Bien    |
| 8 | 8          |         |            |            |         |

Figura 46.- Tabla de atributos de la capa Papeleras

#### 4.4.1.3. *Establecimiento de los hitos*

Un hito es una señal permanente que permite indicar una dirección, una situación geográfica o una distancia determinada. En el presente trabajo se determinaron los puntos para la colocación de hitos, a lo largo de la ruta y espaciados un kilómetro, para mantener informados a los usuarios de la distancia recorrida.

Aunque es una ruta circular, en la que se puede elegir el punto de inicio, se ha elegido como punto de partida la Presa de los Bermejales, por ser el punto que cuenta con el aparcamiento más amplio y accesible, sin necesidad de tomar caminos sin asfaltar.

Utilizando el plugin de QGis *QChainage* se establecieron los puntos donde irán colocados los hitos, su interfaz se muestra en la Figura 47. La Figura 48 muestra el resultado final.

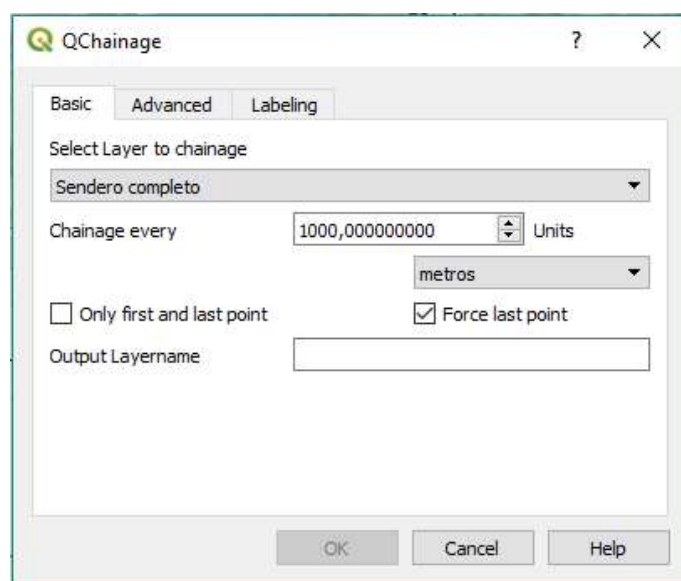


Figura 47.- Interfaz del plugin de QGis *QChainage*



Figura 48.- Ubicación de hitos a lo largo del sendero

#### 4.4.2. Información adicional

Como información adicional de utilidad para los ciudadanos se optó por incorporar al portal web la indicación de puntos singulares a lo largo del sendero tales como áreas de descanso, fuentes y elementos de interés turístico y también el perfil topográfico.

Un perfil topográfico es una representación gráfica del relieve, se obtiene mediante un corte vertical a lo largo de un eje longitudinal. Se define con dos ejes, normalmente en el eje de abscisas que representa la longitud y el eje de ordenadas la altitud en cada punto.

Un perfil longitudinal puede ser una información útil para las personas que quieran realizar el sendero, aportándoles gráficamente las subidas, bajadas, pendientes y altitud que se van a encontrar a lo largo del recorrido

#### 4.4.2.1. *Determinación de áreas de descanso y puntos de interés turístico*

Se creó una capa vectorial de tipo puntos y con ayuda de las ortofotos del Google Satellite y por conocimiento personal de la zona, éstos se insertaron manualmente. La Figura 49 muestra la localización de esos puntos y su tabla de atributos.

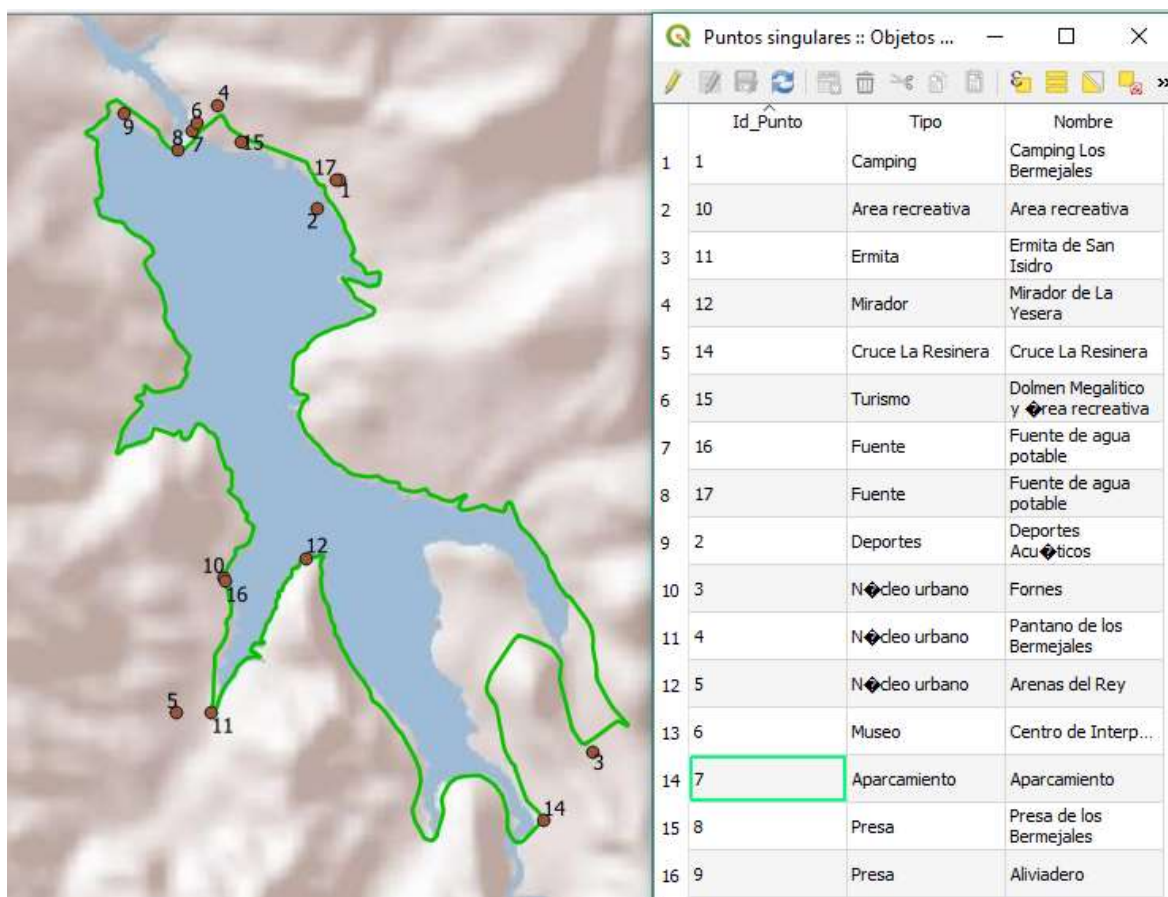


Figura 49.- Puntos singulares y tabla de atributos

#### 4.4.2.2. *Perfil topográfico*

En QGIS existen varias herramientas para obtener el perfil longitudinal, en este caso se utilizó el plugin *qProf*, puesto que era con el que se obtenían los resultados más óptimos. Se necesitó el MDT, la polilínea que sigue el sendero en formato shape e indicar el intervalo de muestreo. Como se tiene el sendero dividido en 5 tramos, se realizó un perfil para cada tramo. El resultado se muestra en la Figura 50.

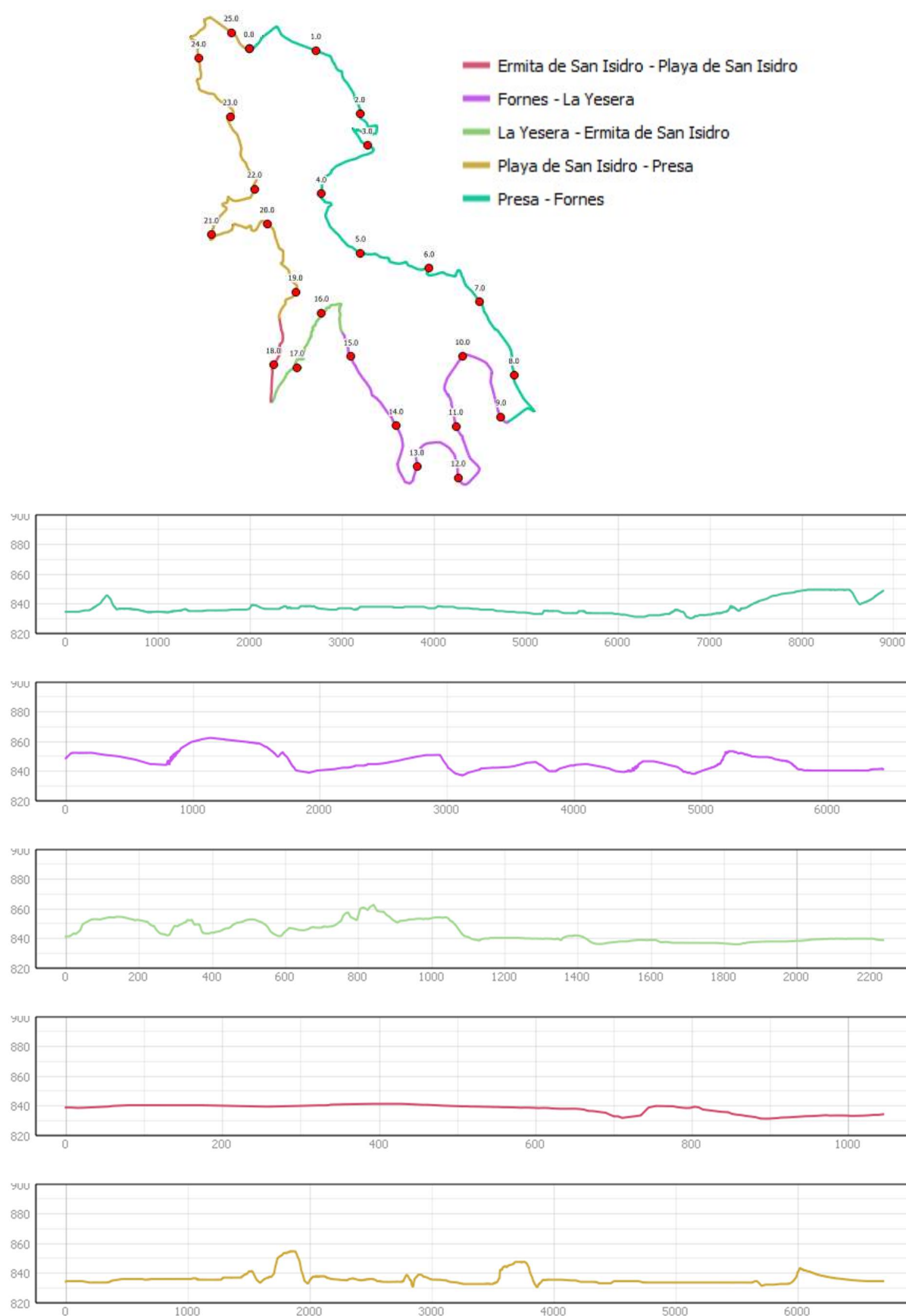


Figura 50.- Perfil topográfico del sendero por tramos

## 4.5. Información relativa a los puntos de control de plagas

La agricultura es la principal actividad económica del municipio, además, desde el ayuntamiento se fomenta esta actividad y se están llevando a cabo iniciativas con el objetivo de acercar a los agricultores o personas interesadas a la agricultura ecológica y sus ventajas.

Pero todos los cultivos se ven afectados por diversos factores que limitan su producción, y entre ellos se encuentran las plagas. Las plagas son organismos vivos que, al aumentar su población de forma descontrolada, dañan a plantas, cultivos, medios naturales y otras estructuras, y que pueden tener un impacto negativo en la salud del ser humano y de los animales.

Establecer una red de puntos de control de plagas en los cultivos de la zona, aportará la información necesaria a los agricultores para proteger sus cultivos frente a las plagas que puedan afectarlos y con ello mejorar la producción.

La ubicación de estos puntos se estableció siguiendo una serie de criterios, de modo que se localicen áreas de características similares según:

- Tipo de cultivo: herbáceos, olivar, frutales de cáscara, frutales de cáscara y olivar, invernaderos y mosaicos.
- Altitud: baja, media o alta.
- Orientación: umbría o solana.

### 4.5.1. Preparación de los datos

#### 4.5.1.1. *Tipos de cultivo*

A partir del mapa de usos del suelo del SIOSE, se analizaron los tipos de cultivos, superficies que ocupan y su localización en el municipio. En primer lugar, se extrajeron los usos que pertenecen a cultivos y se guardaron en una nueva capa shape (Figura 51).



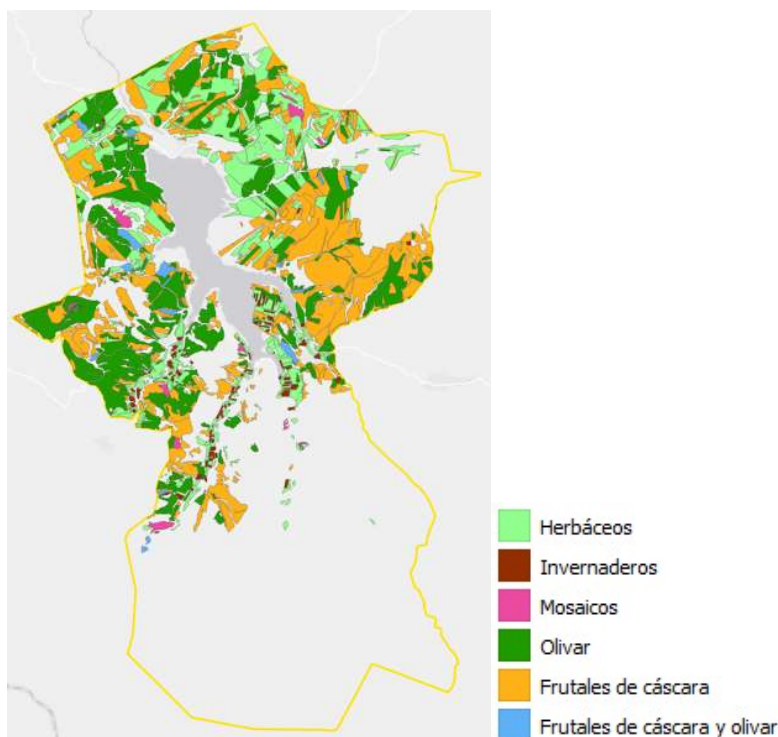


Figura 51.- Mapa de usos del suelo agrícola del municipio de Arenas del Rey

La superficie de terreno destinada a esta actividad son 4852,86 Ha, lo que supone un 37% de la superficie total del municipio. A continuación se muestra la Tabla 5 con las principales categorías de cultivo en la zona y sus superficies:

| TIPO DE CULTIVO              | SUPERFICIE (HA) | PORCENTAJE |
|------------------------------|-----------------|------------|
| Frutales de cascara          | 1914,01         | 39,44      |
| Olivar                       | 1608,28         | 33,14      |
| Cultivo herbáceo             | 1091,31         | 22,49      |
| Frutales de cascara y olivar | 61,11           | 1,26       |
| Invernaderos                 | 71,97           | 1,48       |
| Mosaicos                     | 106,18          | 2,19       |
| TOTAL                        | 4852,86         | 100        |

Tabla 5.- Tipos de cultivo y superficie que ocupan en el municipio. Obtenida con los datos del SIOSE

Como muestra la tabla lo que más abunda son frutales de cáscara y olivar, con un 39,4 y un 33,14% respectivamente. El cultivo herbáceo también tiene importancia, y cuenta con un 22,49%, y los cultivos en invernaderos permanentes o semipermanentes, aunque supongan sólo el 1,48%, lo cierto es que en los últimos años está en continuo crecimiento.

#### 4.5.1.2. *Altitud*

En cuanto a la altitud, se diferenciaron tres zonas de estudio: zonas de altitud baja, media y alta (Tabla 6). Se utilizó el MDT, que contiene los datos de altitud del municipio y, con la ayuda de la calculadora ráster de QGIS se obtuvo el resultado.

| Altitud (m) | Reclasificación |
|-------------|-----------------|
| < 900       | Baja            |
| 900 - 1000  | Media           |
| > 1000      | Alta            |

*Tabla 6.- Intervalos en los que se ha clasificado la altitud del terreno*

Los mapas resultantes de la reclasificación, que pueden verse en la Figura 52, tienen valores de “0” y “1”. En el de altitud baja, los valores que estén por debajo de 900 m en el MDT tomaron el valor “1” y los restantes “0”; en el de altitudes medias tomaron valor “1” los que están entre 900 y 1000 m de altitud, y los demás “0”; y el de altitudes elevadas serán los mayores de 1000 m los que tomaron el valor “1”.

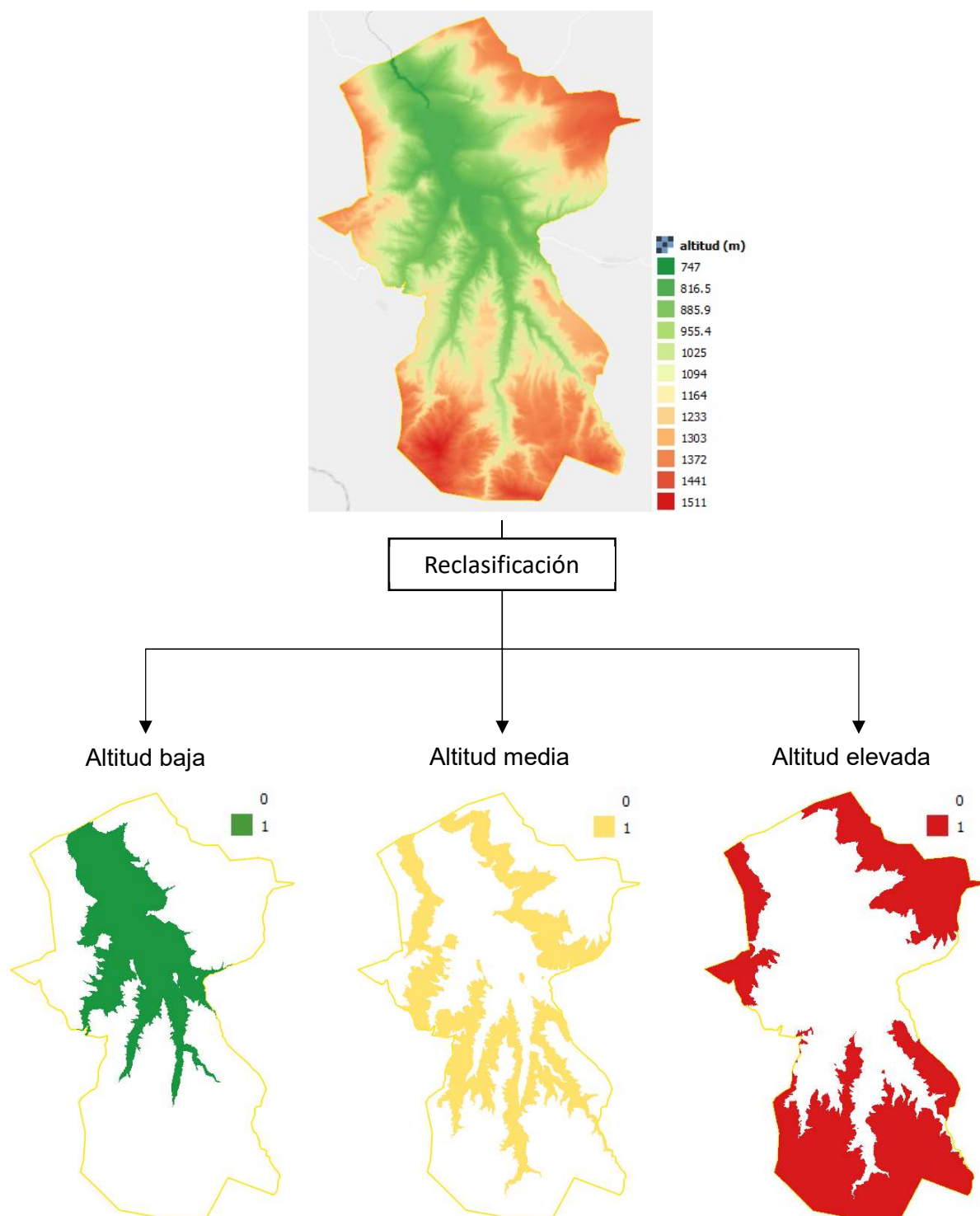


Figura 52.- MDT (arriba). Reclasificación del MDT en zonas de altitud baja, media y elevada (abajo)

#### 4.5.1.3. Orientación

La orientación también es un importante factor a tener en cuenta, puesto que dependiendo de los grados de orientación se pueden identificar las zonas que se encuentran en umbría o en solana y como afecta eso en la formación y propagación de las plagas.

El mapa de orientación se obtuvo a partir del MDT en QGIS, con la herramienta de análisis *Aspecto*. El resultado fue una capa ráster en la que cada pixel indica el valor en grados de la exposición de la pendiente, y dependiendo de los grados queda orientada hacia una de las direcciones que se indican en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 7.- Orientación solar

| Octante  | Grados                        |
|----------|-------------------------------|
| sur      | entre 157,5 y 202,5           |
| suroeste | entre 202,5 y 247,5           |
| sueste   | entre 112,5 y 157,5           |
| oeste    | entre 247,5 y 292,5           |
| este     | entre 67,5 y 112,5            |
| plano    | -1                            |
| noroeste | entre 292,5 y 337,5           |
| nordeste | entre 22,5 y 67,5             |
| norte    | entre 0 y 22,5, y 337,5 y 360 |

A continuación se reclasificó el ráster según se encontraran en umbría o en solana, datos que se consultaron en el Mapa de Orientaciones de Andalucía (Tabla 8). Y el mapa obtenido se muestra en la Figura 53, que al igual que en las altitudes, el resultado son ráster de valores de “0” y “1”.

| Grados de orientación de la pendiente | Correspondencia solana/umbría |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| (-1) – 0                              | Indiferente                   |
| 0 – 67,5                              | Umbría                        |
| 67,5 – 90                             | Indiferente                   |
| 90 – 247,5                            | Solana                        |
| 247,5 – 270                           | Indiferente                   |
| 270 – 360                             | Umbría                        |

Tabla 8.- Rangos de solana y umbría. Tabla obtenida del Mapa de Orientaciones de Andalucía

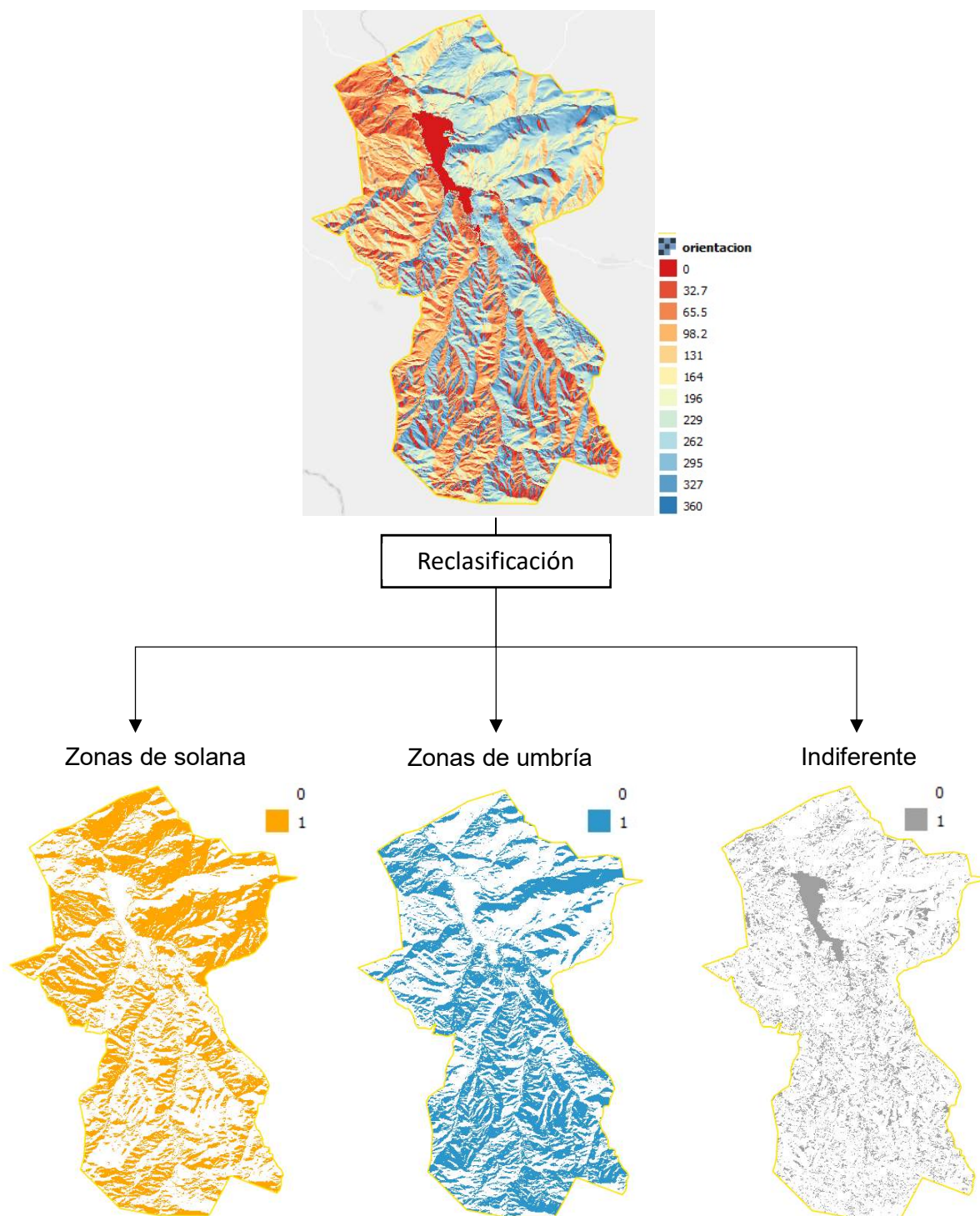


Figura 53.- Mapa de orientaciones (arriba). Reclasificación en zonas de solana, umbría e indiferente (abajo)

#### 4.5.2. Ubicación de los puntos

A partir de los datos anteriores, se realizó una combinación de mapas de forma que se obtuvieron polígonos en el terreno de características similares, y en cada uno de los polígonos resultantes se estableció un punto de control.

Para resolver esto se realizaron varias operaciones. En primer lugar, se obtuvieron los mapas resultado de las combinaciones de los mapas anteriores. Para ello se usó la *Calculadora Ráster* de QGIS (es una herramienta sencilla que ya se ha utilizado en apartados anteriores).

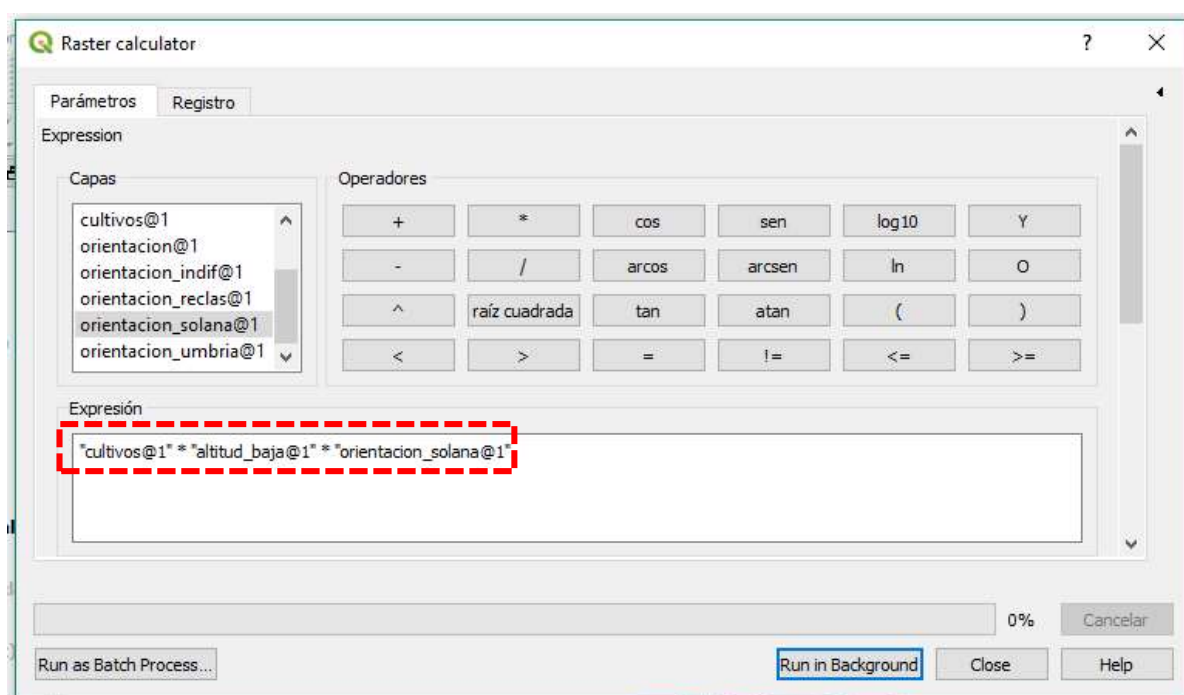


Figura 54.- Calculadora ráster para obtener áreas de olivar en altitudes bajas y solana

La Figura 54 muestra la interfaz de la herramienta *Calculadora Ráster*. En este caso, se procedió a obtener el mapa de los cultivos que se encuentran a una altitud baja y en solana, por lo cuál, la expresión debe ser tal como se muestra en el marco rojo de la Figura 54. El resultado obtenido puede verse en la Figura 55.



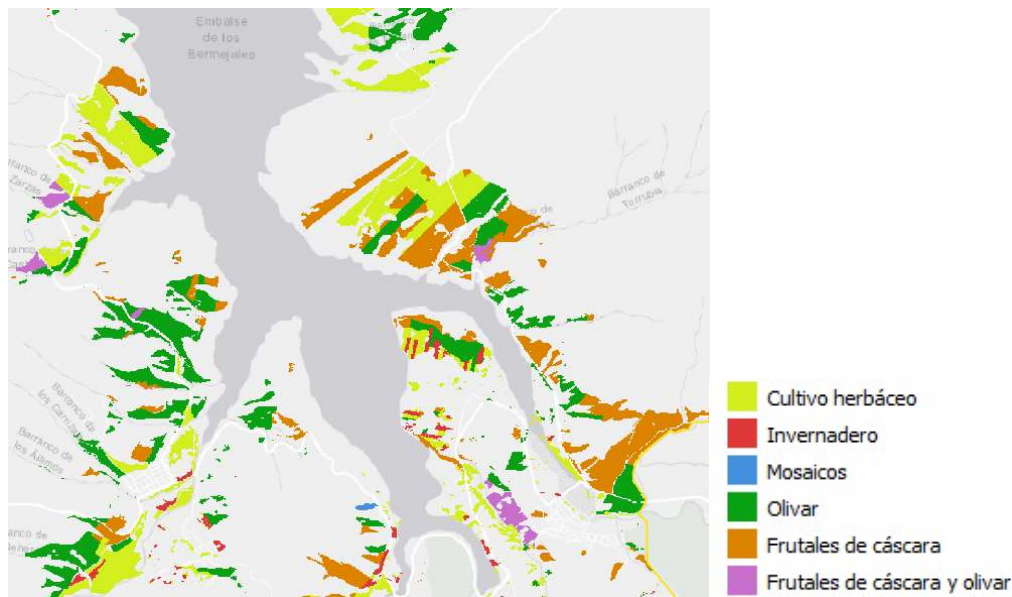


Figura 55.- Mapa resultado de los cultivos que se encuentran en baja altitud y solana

Así, combinando los criterios, se obtuvieron todos los mapas que contenían los polígonos donde se establecerían los puntos de control de plagas. La Tabla 9 muestra estas combinaciones y, como puede verse, son nueve ráster resultado.

|         |       |          | Orientación |             |             |
|---------|-------|----------|-------------|-------------|-------------|
|         |       |          | Solana      | Umbría      | Indiferente |
| Altitud | Baja  | Cultivos | Resultado_1 | Resultado_2 | Resultado_3 |
|         | Media |          | Resultado_4 | Resultado_5 | Resultado_6 |
|         | Alta  |          | Resultado_7 | Resultado_8 | Resultado_9 |

Tabla 9.- Tabla de combinación de los criterios y resultados

Aunque el proceso se realizó para cada capa *Resultado\_n* obtenido, se va a explicar detalladamente para el *Resultado\_1*, que se refiere a las zonas de cultivo que se encuentran a una baja altitud y en solana.

En primer lugar, se realizó un filtro para eliminar polígonos pequeños que no se consideraron representativos. Se decidió eliminar todos los polígonos más pequeños de 5 Ha, para ello, se utilizó la herramienta *r.reclass.area*. En su interfaz, los datos requeridos son: el shape, el número de hectáreas que se van a considerar, y si se quieren las más pequeñas del tamaño especificado o las mayores (*lesser o greater*), en este caso, *greater*.

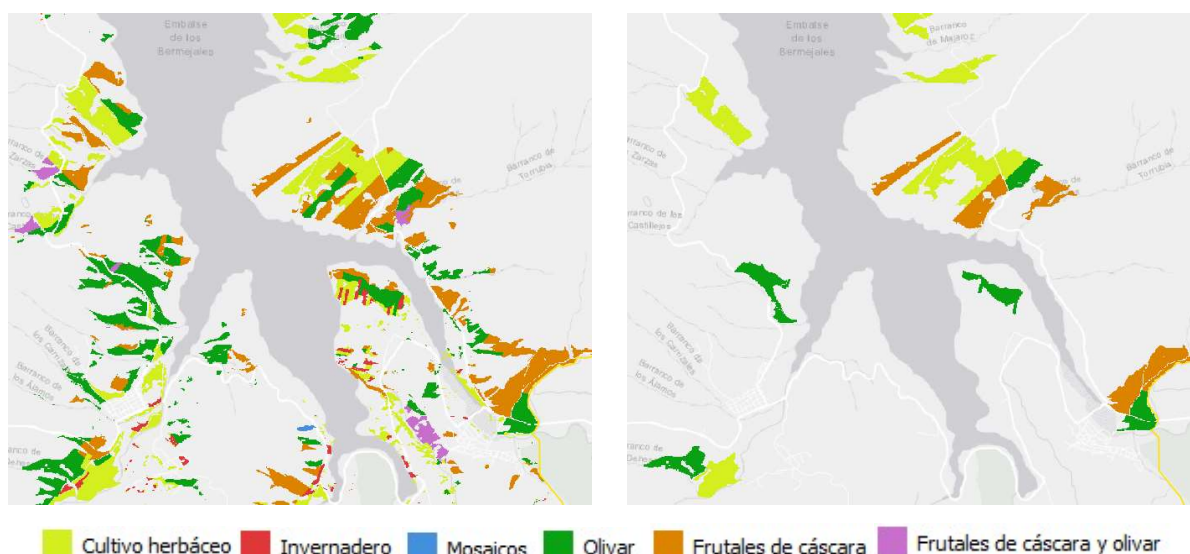


Figura 56.- Izquierda: zonas de cultivo en áreas de baja altitud y en solana. Derecha: Resultado del filtro de áreas mayores de 5 Ha

En cada polígono de la imagen de la derecha de la Figura 56, se va a situar un punto, ubicado de forma representativa en su centroide. Para obtener los centroides, se vectorizó el ráster y se utilizó la herramienta de geometría vectorial *Centroides de polígonos*. Resultado en la Figura 57.

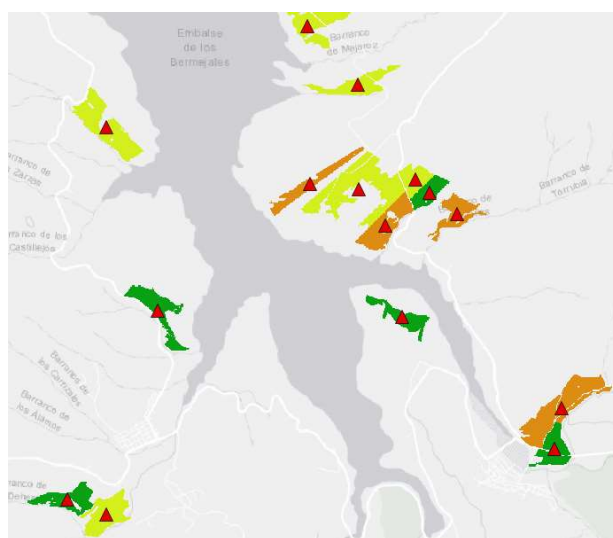
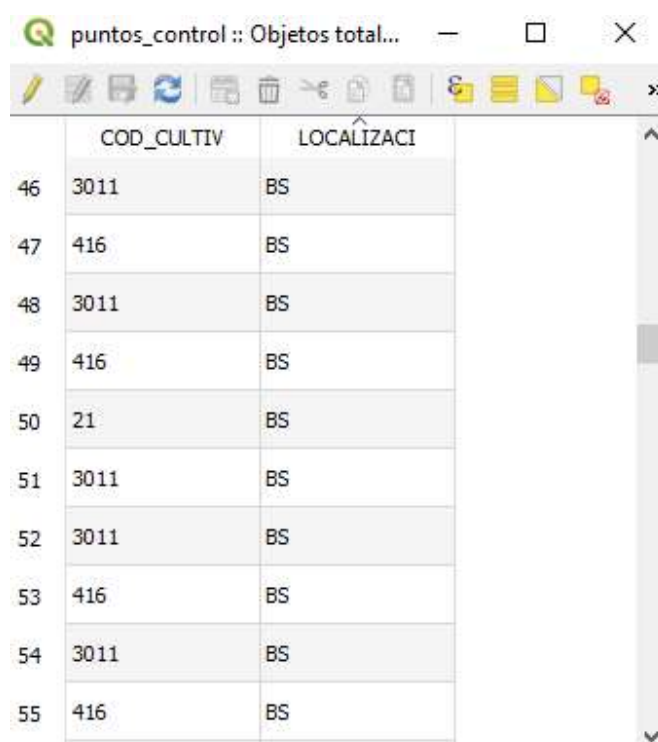


Figura 57.- Puntos de control de plagas en zonas de baja altitud y solana

A la tabla de atributos de los centroides, se añadió un campo que identificara las características del punto (Figura 58), es decir, en este caso BS (zonas de altitud Baja y en Solana).



|    | COD_CULTIV | LOCALIZACI |
|----|------------|------------|
| 46 | 3011       | BS         |
| 47 | 416        | BS         |
| 48 | 3011       | BS         |
| 49 | 416        | BS         |
| 50 | 21         | BS         |
| 51 | 3011       | BS         |
| 52 | 3011       | BS         |
| 53 | 416        | BS         |
| 54 | 3011       | BS         |
| 55 | 416        | BS         |

Figura 58.- Tabla de atributos de los puntos de control en baja solana

Una vez se realizó el proceso para cada *Resultado\_n*, se combinaron los shapes y se obtuvo la red de puntos de control completa (Figura 59).

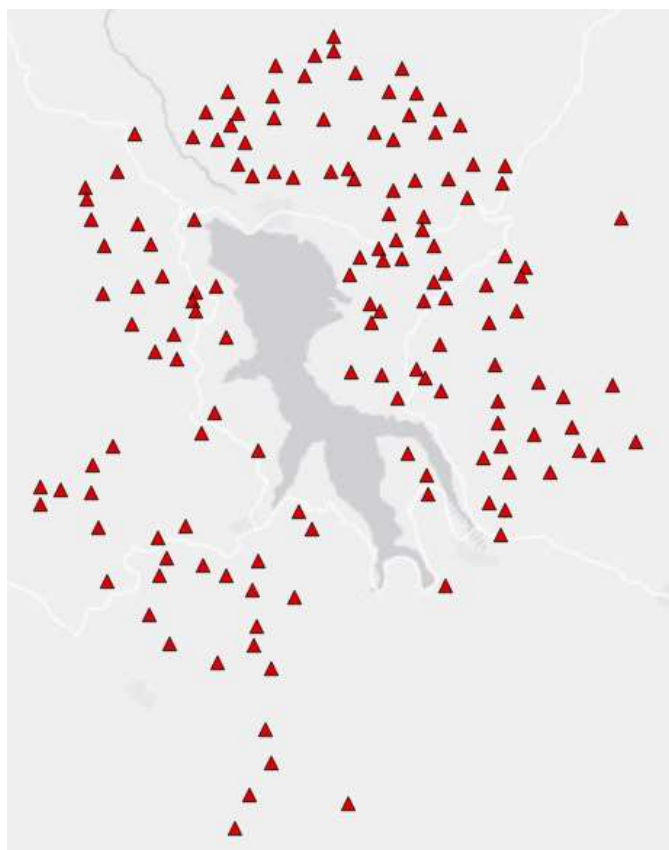


Figura 59.- Resultado final de los puntos de control de plagas

Por último se completó la tabla de atributos, con elementos como el tipo de trampa, la fecha de implantación, fecha del primer muestreo, y resultado del primer muestreo (Figura 60).

puntos\_control :: Objetos totales: 146, Filtrados: 146, Seleccionados: 0

|    | ID_PUNTO | COD_CULTIV | CULTIVO             | LOCALIZACI | TRAMPA | FECHA_IMPL | F_MUESTRE1 | RESULTADO1 |
|----|----------|------------|---------------------|------------|--------|------------|------------|------------|
| 1  | 1        | 21         | Cultivo herbáceo    | AU         |        | NULL       | NULL       |            |
| 2  | 2        | 416        | Olivar              | AU         |        | NULL       | NULL       |            |
| 3  | 3        | 416        | Olivar              | AU         |        | NULL       | NULL       |            |
| 4  | 4        | 21         | Cultivo herbáceo    | AU         |        | NULL       | NULL       |            |
| 5  | 5        | 3011       | Frutales de cascara | AU         |        | NULL       | NULL       |            |
| 6  | 6        | 21         | Cultivo herbáceo    | AU         |        | NULL       | NULL       |            |
| 7  | 7        | 3011       | Frutales de cascara | AU         |        | NULL       | NULL       |            |
| 8  | 8        | 3011       | Frutales de cascara | AU         |        | NULL       | NULL       |            |
| 9  | 9        | 3011       | Frutales de cascara | AU         |        | NULL       | NULL       |            |
| 10 | 10       | 3011       | Frutales de cascara | AU         |        | NULL       | NULL       |            |
| 11 | 11       | 416        | Olivar              | AU         |        | NULL       | NULL       |            |
| 12 | 12       | 3011       | Frutales de cascara | AU         |        | NULL       | NULL       |            |

Figura 60.- Tabla de atributos de los puntos de control de plagas

## 4.6. Elaboración de los metadatos

La elaboración de los metadatos se realizó sólo para las capas creadas, ya que las capas descargadas de los organismos oficiales ya tienen creados sus propios metadatos.

Se utilizó el programa CatMDEdit, rellenando los datos según la plantilla del NEM (Núcleo Español de Metadatos). CatMDEdit indica los datos que son obligatorios, opcionales o condicionales según la norma.



En primer lugar, se rellenaron los datos sobre el “identificador del fichero”, el “idioma” o el “nivel jerárquico” (Figura 61).

Figura 61.- Elaboración de los metadatos. Información del fichero

Seguido de los datos sobre el responsable de los metadatos, con información sobre el rol, su nombre y la fecha de creación (Figura 62).

Figura 62.- Elaboración de los metadatos. Información sobre el responsable

También se rellenó la información en cuanto a la norma que se está aplicando a los metadatos y el identificador del sistema de referencia (Figura 63).



Figura 63.- Elaboración de los metadatos. Norma y sistema de referencia

El siguiente apartado hace referencia a la capa a la que se le están creando los metadatos, y se solicitan datos como el nombre, resumen, sistema de referencia, creador de la capa y las palabras clave (Figura 64).

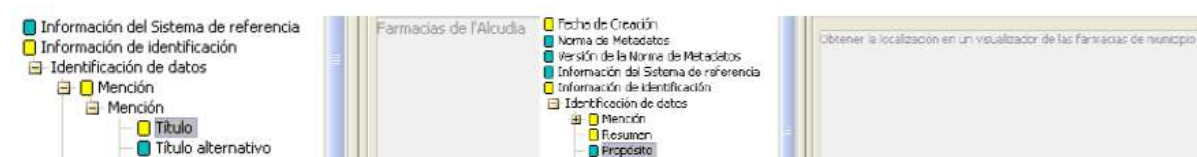


Figura 64.- Elaboración de los metadatos. Información sobre la capa

Y por último, se rellenaron el ámbito y el linaje (Figura 65).



Figura 65.- Elaboración de los metadatos. Ámbito y linaje

Una vez rellenados todos los datos, se pulsó el botón de validar y CatMDEdit realiza un proceso de comprobación de que los metadatos siguen la norma que se ha especificado.

Este proceso se realizó para cada una de las capas creadas, en total 18 ficheros XML que contienen toda la información acerca de los datos elaborados en este proyecto.

Un ejemplo del archivo xml resultante para la capa de aptitud del terreno frente a la implantación de industria se muestra en el Anexo 3.



## 5. DESARROLLO DEL PORTAL WEB

---

El desarrollo de la aplicación web se llevó a cabo mediante la arquitectura de un cliente-servidor (Figura 66). En el servidor se almacenan los datos vectoriales y ráster y proporciona un servicio WMS, que gestiona las peticiones y devuelve el resultado a los clientes, los cuales muestran la información geográfica como una imagen. El cliente, a través de código (HTML, JavaScripts), realiza la petición al servidor y muestra la información que se le pide.

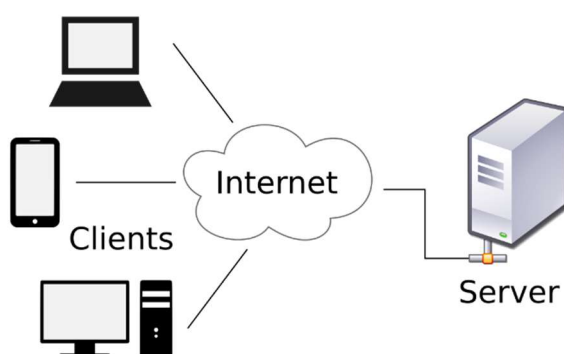


Figura 66.- Arquitectura cliente-servidor

### 5.1. Servidor de mapas web

El software utilizado para la creación de un servidor donde publicar la información cartográfica fue Geoserver. Geoserver es un servidor de código abierto escrito en Java que permite compartir y editar mapas de diferentes formatos. Está diseñado para la interoperabilidad y publica datos de cualquier fuente de datos espaciales utilizando estándares abiertos.

En primer lugar se descargó e instaló el servicio en el ordenador. El instalador se puede conseguir en su página oficial <http://geoserver.org/>. Una vez ejecutado el instalador, se siguen los pasos hasta completar la instalación y ya se puede comenzar a trabajar con él.

Para acceder a su interfaz (Figura 67) hay que dirigirse a su url por defecto: <http://localhost:8080/geoserver>.

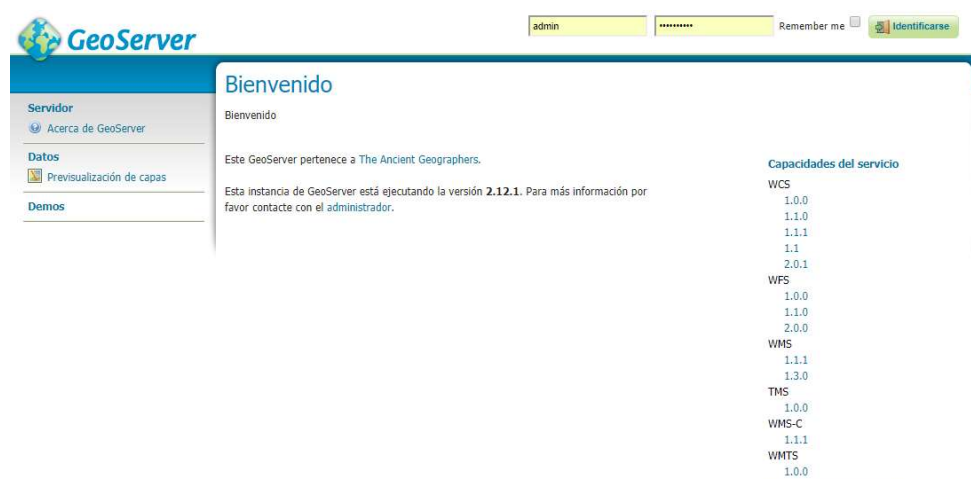


Figura 67.- Interfaz de administración de GeoServer

Es necesario identificarse, y el usuario y contraseña por defecto son *admin* y *geoserver*.

### 5.1.1. Creación de un espacio de trabajo

El primer paso fue crear un espacio de trabajo, que servirá para referenciar el trabajo e incluir los almacenes de datos y las capas. Encontramos la sección navegando por el menú de la izquierda como muestra la Figura 68. Una vez dentro debemos darle un nombre y una URI del espacio de trabajo, además de marcar los servicios que queremos que estén disponibles (WMTS, WCS, WFS, WMS).

Figura 68.- GeoServer. Creación de espacio de trabajo

### 5.1.2. Añadir un almacén de datos

Los almacenes son los contenedores de los datos geográficos, estos contienen los datos de conexión a la base de datos, la ruta en el sistema operativo donde se encuentran, descripción, etc. Se distinguen también dependiendo del formato de los datos, pueden ser *Shapefile* para datos de tipo vectorial y *GeoTIFF* para imágenes ráster, entre otros.

En la Figura 69, se muestra la creación de un almacén de datos de tipo vectorial. Se le asigna el espacio de trabajo creado anteriormente y se le da un nombre, en este caso “equipamientos”. Por último, se selecciona el directorio de la carpeta donde están almacenados los archivos.

**Nuevo origen de datos vectoriales**

Editar un origen de datos vectorial existente

Shapefile  
ESRI(tm) Shapefiles (\*.shp)

**Información básica del almacén**

Espacio de trabajo \*

arenas ▼

Nombre del origen de datos \*

equipamientos

Descripción

☒ Habilitado

**Parámetros de conexión**

Ubicación del shapefile \*

file:///D:/TFG/Capas definitivas/3\_CARTOURBANA Y EQ [Buscar...](#)

Conjunto de caracteres del DBF

ISO-8859-1 ▼

☒ Crear índice espacial si no existe o está desactualizado

☐ Usar buffers de mapeo de memoria (Inhabilitar en Windows)

☒ Cache y reutilizar los mapas en memoria (Requiere que 'Buffers de mapeo de uso de memoria' se habilite)

Figura 69.- Geoserver. Almacén de datos

### 5.1.3. Publicación de las capas

El último paso fue la publicación de las capas que están contenidas en el almacén de datos creado.



Figura 70.- Geoserver. Publicación de las capas

Para cada una de las capas, se pulsa el botón *Publicación* (Figura 70) y se sigue el siguiente procedimiento:

- Se le da nombre, título y resumen (Figura 71).
- Se le asignan palabras clave (Figura 71).



Figura 71.- Geoserver. Publicación de las capas. Nombre y palabras clave

- Se asigna el sistema de referencia. El sistema de referencia de las capas es EPSG: 25830 (ETRS89), por tanto, no es necesario reproyectarlas, pero se debe pulsar sobre el botón de calcular el encuadre a partir de los datos y desde el encuadre nativo (Figura 72).

**Sistema de referencia de coordenadas**

SRS nativo  
 [ETRS89\\_UTM\\_zone\\_30N...](#)

SRS declarado  
  [EPSG:ETRS89 / UTM zone 30N...](#)

Gestión de SRC

---

**Encuadres**

Encuadre nativo

| Min X            | Min Y          | Máx X            | Máx Y              |
|------------------|----------------|------------------|--------------------|
| 420.501.38080000 | 4.087.342.5383 | 424.546.46669999 | 4.094.873.29419999 |

[Calcular desde los datos](#)  
[Compute from SRS bounds](#)

Encuadre Lat/Lon

| Min X            | Min Y            | Máx X            | Máx Y            |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| -3.8934338532397 | 36.9287682382731 | -3.8472258971901 | 36.9969793164205 |

[Calcular desde el encuadre nativo](#)

Figura 72.- Geoserver. Publicación de las capas. Sistema de Referencia

- Se guarda la capa.

Tras realizar el procedimiento para todas las capas, en la ventana de la Figura 70, debe aparecer la indicación de *Publicada*.

#### 5.1.4. Aplicación de estilos

Geoserver cuenta con un editor de estilos, con el fin de personalizar la visualización de los datos publicados. Se crearon diferentes estilos, uno para cada una de las capas. El proceso de creación de estilos fue el siguiente:

- Se da nombre al estilo.
- Se le asigna el espacio de trabajo.
- Se selecciona el formato SLD (Styled Layer Descriptor).
- Se generan estilos por defecto como plantilla, para usarlo como plantilla para desarrollar el estilo.
- Se escribe el código específico para cada capa.

En las Figuras 72 y 73, se puede ver un ejemplo de las características del estilo para la capa de ríos y arroyos del municipio.

## Editor de estilos

Editar el estilo SLD actual. El editor puede proporcionar realce de sintaxis y ser expandido a pantalla completa validez del documento SLD.

Data

Publishing

Layer Preview

Layer Attributes

Style Data

Nombre

\_rios

Espacio de trabajo

arenas

Formato

SLD

El formato es editable solamente para nuevos estilos

Legend

Legend

Add legend

Previsualización de leyenda

Style Content

Generate a default style

Elija uno

Generate ...

Copiar de un estilo existente

Elija uno

Copiar...

Archivo de estilo

Seleccionar archivo

Ningún archivo seleccionado

Subir...

Figura 73.- Geoserver. Creación de estilos

Style Editor

12pt

```

2 <StyledLayerDescriptor version="1.0.0"
3   xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld http://schemas.opengis.net/sld/1.0.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
4   xmlns="http://www.opengis.net/sld" xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
5   xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
6
7   <NamedLayer>
8     <Name>Rios</Name>
9     <UserStyle>
10       <Title>Rios y arroyos</Title>
11       <FeatureTypeStyle>
12         <Rule>
13           <Title>Línea azul discontinua</Title>
14           <LineSymbolizer>
15             <Stroke>
16               <CssParameter name="stroke">#4D85D4</CssParameter>
17               <CssParameter name="stroke-dasharray">5 2</CssParameter>
18             </Stroke>
19           </LineSymbolizer>
20         </Rule>
21       </FeatureTypeStyle>
22     </UserStyle>
23   </NamedLayer>
24 </StyledLayerDescriptor>
25

```

Figura 74.- Geoserver. Código del estilo para la capa de ríos y arroyos

Tras la creación de los estilos, fue necesario aplicarlos a la capa. Para ello, se accedió al menú de capas y se seleccionó la capa a la que se le iba a aplicar el estilo. En la pestaña *Publicación*, en el menú desplegable *Estilo por defecto* se selecciona el que se creó para esa capa. Para visualizar el resultado se accede al menú de *Previsualización de las capas* y se selecciona la de ríos y arroyos (Figura 75).



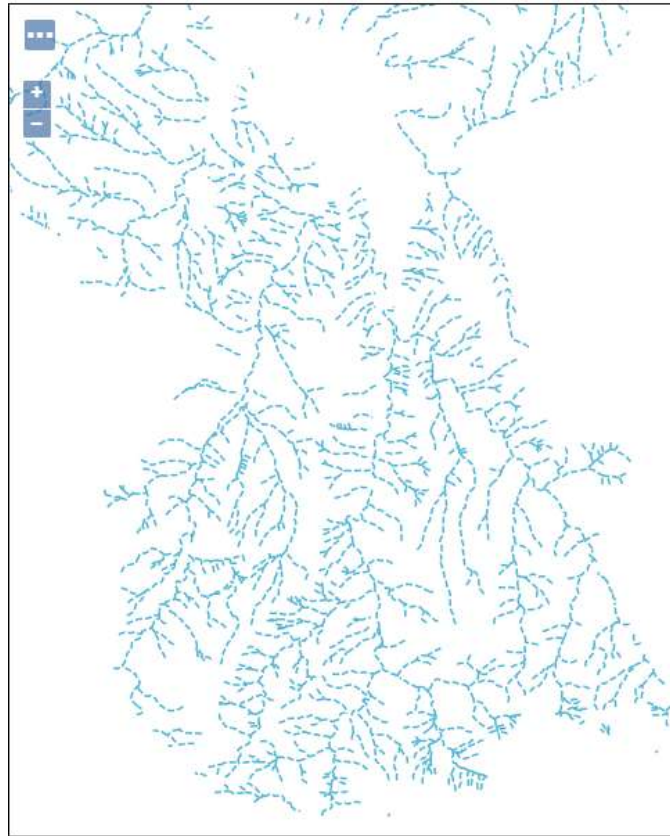


Figura 75.- Geoserver. Previsualización de la capa de ríos y arroyos

## 5.2. Cliente Web

La visualización de los datos se desarrolló mediante una aplicación web, esto hace que la información elaborada pueda estar a disposición de cualquier usuario a través de internet, para ello se utilizó:

- HTML, que determina la estructura de la página.
- CSS, define el estilo, la presentación de un documento escrito en HTML.
- JavaScript, es el que aporta dinamismo e interactividad al documento por medio de la programación.
- Leaflet, es una librería de mapas que hace posible la visualización del mapa en la página web.

### 5.2.1. Organización y desarrollo del código

La página web está formada por una serie de archivos y carpetas que organizan el código para su correcta ejecución (Figura 76). Estos se muestran y explican a continuación.

| Nombre                                                                                           | Fecha de modifica... | Tipo                                    | Tamaño |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|--------|
|  index          | 19/06/2018 12:01     | Chrome HTML Document                    | 9 KB   |
|  script         | 19/06/2018 11:36     | Archivo JavaScript                      | 26 KB  |
|  style          | 04/06/2018 20:02     | Documento de hoja de estilos en cascada | 4 KB   |
|  GetFeatureInfo | 19/06/2018 11:12     | Carpeta de archivos                     |        |
|  imagenes       | 26/04/2018 18:39     | Carpeta de archivos                     |        |

Figura 76.- Carpetas y archivos que componen la página web

- index.html es el archivo principal escrito en html5, el que estructura la página y el que se ejecuta para iniciar la página web. Además, es en el que se enlazan los archivos css y javascript necesarios para el funcionamiento completo de la página.
- script.js es el archivo javascript, que está enlazado desde el index y el que ejecuta las funciones.
- style.css define los estilos, estilos de texto, colores, posiciones, ect.
- carpeta GetFeatureInfo contiene un plugin de leaflet que permite realizar una petición Get Feature Info y obtener los datos de la tabla de atributos del objeto que se selecciona en el mapa.
- carpeta imagenes que contiene todas las imágenes que se añaden a la página web.

Para empezar, fue necesario incluir en el <head> del archivo principal, index.html, el enlace a todos los archivos y librerías que se usaron.

Se escribe el tipo de archivo (texto html) y la codificación del mismo (utf-8). También, se incluye el título de la web que aparecerá en la barra del navegador (SIG Arenas del Rey) (Figura 77).

```

4 <meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=utf-8" />
5 <title>SIG Arenas del Rey</title>

```

Figura 77.- Cabecera del archivo HTML. Tipo de archivo, codificación y título

Se añadió la hoja de estilos y el archivo externo javascript. Ya que se encuentran en la misma carpeta que el archivo principal, bastó con escribir el nombre del archivo y la extensión (Figura 78), en otros casos, habría que incluir la ruta completa del archivo.

```

9  <!-- Cargamos la hoja de estilos -->
10 <link href="style.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
11
12 <!-- Cargamos el archivo externo javascript -->
13 <script type="text/javascript" src="script.js"></script>

```

Figura 78.- Cabecera del archivo HTML. Enlazar hoja de estilos y javascript

Para desarrollar el visualizador de mapas se usó la librería javascript Leaflet por su sencillez y facilidad de uso, además de que trabaja en la mayoría de las plataformas de escritorio y móviles, y es ampliable con plugins. El código para llamar a la librería se muestra en la Figura 79.

```

15 <!-- Importamos la librería de leaflet y estilos -->
16 <script src="https://unpkg.com/leaflet@1.0.2/dist/leaflet.js"></script>
17 <link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet@1.0.2/dist/
  leaflet.css" />

```

Figura 79.- Cabecera del archivo HTML. Enlazar librería

Para realizar una consulta a la base de datos de la cartografía, es necesario realizar una petición Get Feature Info. Leaflet cuenta con varios plugins que se pueden descargar fácilmente de internet, y enlazarlos desde nuestro index.html, como se muestra en la Figura 80.

```

19 <!-- Plugin getfeatureinfo -->
20 <script src="GetFeatureInfo/vendor/spin.js/spin.js"></script>
21 <script src="GetFeatureInfo/vendor/leaflet/leaflet.js"></script>
22 <script src="GetFeatureInfo/Leaflet-WMS.js"></script>
23 <link href="GetFeatureInfo/leaflet-estilos.css" rel="stylesheet"
  type="text/css" />

```

Figura 80.- Cabecera del archivo HTML. Plugin de Leaflet para peticiones Get Feature Info

Y por último se creó el <body>, donde va el contenido y la estructura de la página.

## 5.2.2. Descripción de la página

Se incluyó una cabecera, un menú de capas y el visor cartográfico, la Figura 81 muestra una vista general de la página web.

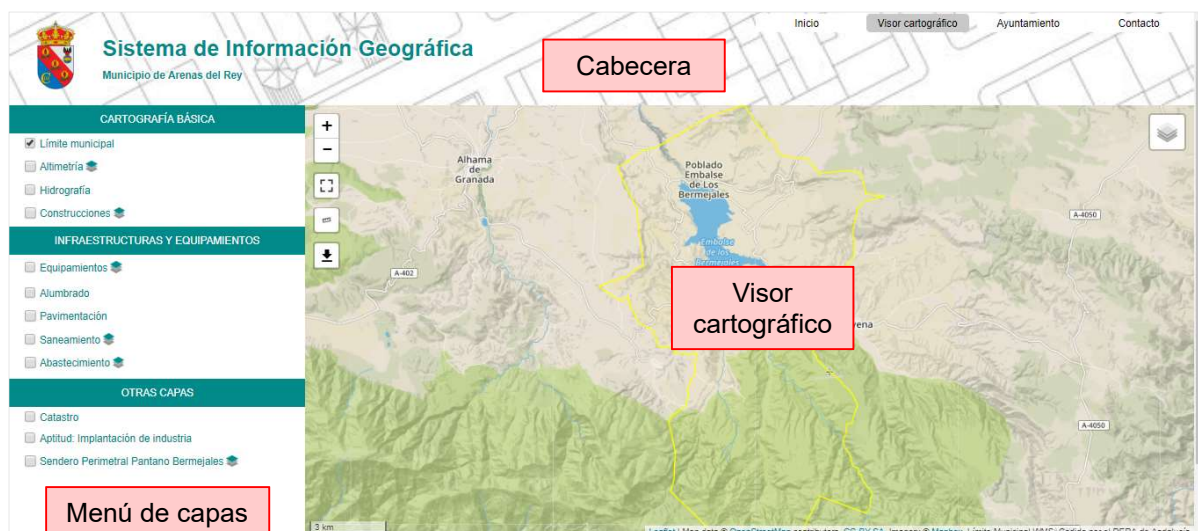


Figura 81.- Vista general de la página web

La cabecera, que ocupa la parte superior, contiene el nombre de la página y un menú de navegación con diferentes secciones (Figura 82), aunque en este proyecto sólo se desarrolla la sección del *Visor cartográfico* y el botón de *Ayuntamiento*, que es un enlace a la página web del municipio.

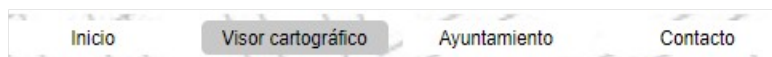


Figura 82.- Menú de navegación de la cabecera

El menú, situado a la izquierda, se encarga de organizar la información cartográfica disponible. Esta información la componen una serie de capas organizadas en tres grupos: Cartografía Básica, Infraestructuras y equipamientos y, Otras capas (Figura 83).

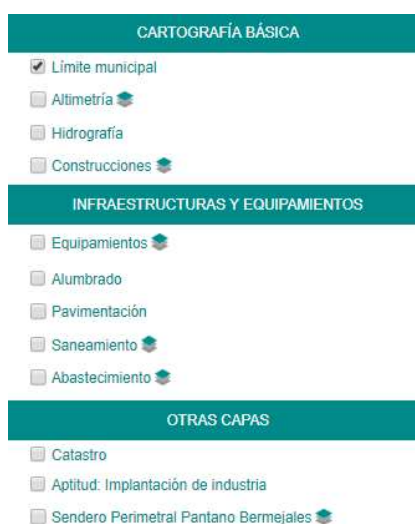


Figura 83.- Menú de capas de la página web

Además, las que disponen de un símbolo al final del texto cuentan con un menú desplegable que permite activar o desactivar elementos del mismo conjunto de datos (Figura 84). Por ejemplo, la capa “Saneamiento”, desde su checkbox se puede activar todo el conjunto o desplegar el menú y elegir que elementos se van a visualizar (red de alcantarillado, pozos y sumideros, emisarios y puntos de vertido).

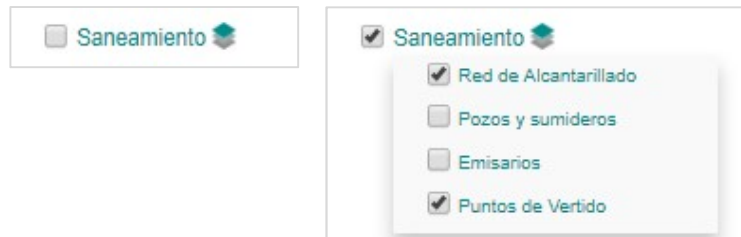


Figura 84.- Menú desplegable desactivado (izquierda) y activado (derecha) en la capa Saneamiento

El visor es la parte más importante de este sitio web, en él se muestra toda la información recopilada y elaborada a lo largo de este proyecto.

Además de mostrar la cartografía se añadieron algunas funcionalidades para hacerlo más interactivo.

- Un selector de capas base, de las cuales siempre permanecerá una activa, pudiéndose elegir entre un mapa básico en gris, el openstreetmap y las ortofotos del PNOA.
- Control de zoom para elegir la escala de visualización.
- Herramienta para medir distancias.
- Imprimir mapa.
- Fullscreen, permite ver poner el visualizador en modo pantalla completa.
- Se incluye un indicador de escala gráfica y numérica en la esquina inferior izquierda.
- Leyenda.
- Y seleccionando un elemento de alguna capa activa, se pueden consultar los atributos que aparecerán en un “pop up” dentro del visualizador.



En la Figura 85 se puede observar la capa de “Vías de comunicación” con su respectiva leyenda y una consulta a los atributos del elemento seleccionado mediante un popup.

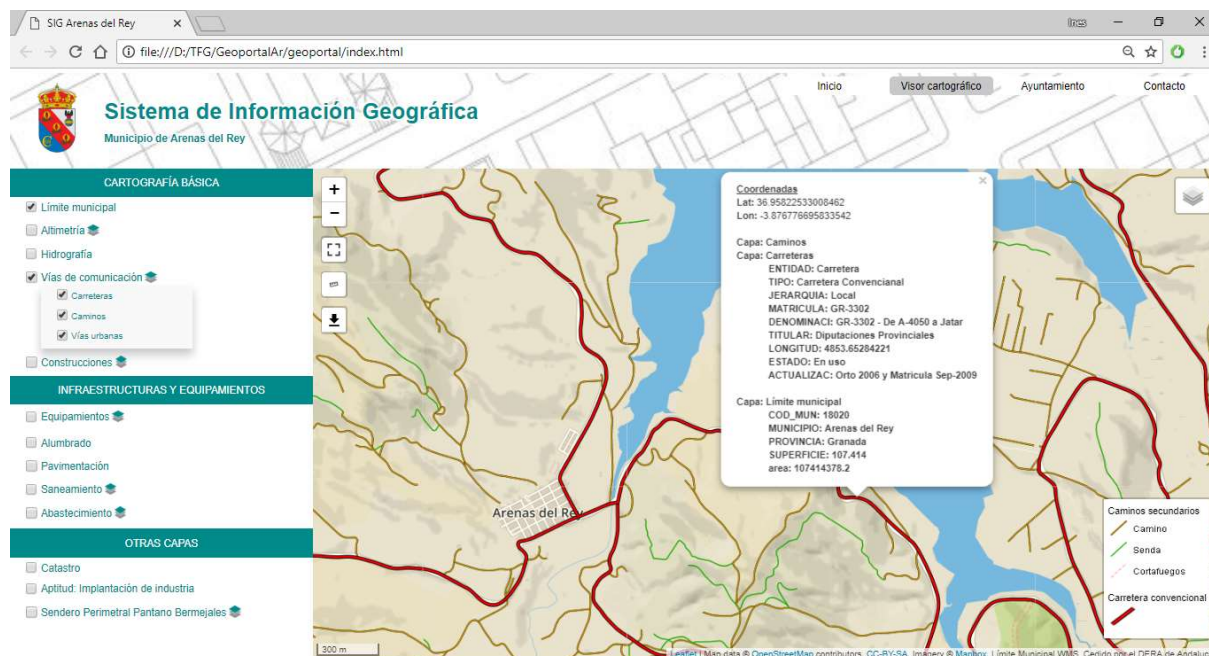


Figura 85.- Vista de la página web y consulta a los atributos de la capa de carreteras

La Figura 86 muestra el uso de la herramienta “Medir distancias” a lo largo de una línea de manzana.



Figura 86.- Vista de la página web y uso de la herramienta “medir distancias”



## 6. CONCLUSIONES

---

El resultado final de este proyecto ha sido la elaboración de una base de datos georreferenciados y una página web desde la cuál estos puedan consultarse y visualizarse de manera sencilla e intuitiva, tanto para los técnicos en el ayuntamiento de Arenas del Rey como para los ciudadanos.

A pesar de las diversas ventajas que posee el uso de la página web, bien es cierto que carece de algunas herramientas técnicas que resultarían útiles en la gestión de un municipio. Para solucionar esto, sería necesario crear una interfaz QGIS, con la que otros técnicos pudiesen realizar nuevos análisis y añadirlos a la base de datos.

Gracias a las especificaciones creadas por el OGC, además de la normativa en materia de infraestructuras de datos espaciales en Europa que es INSPIRE, y la trasposición a la legislación española LISIGE, ha resultado fácil el acceso a la información geográfica.

El software de código abierto QGIS ha constituido una solución altamente aceptable para el tratamiento de los datos, a través de sus funciones básicas y complementos se han conseguido llevar a cabo los objetivos propuestos.

Como líneas futuras se podrían incluir más capas de información, así como mejorar los elementos del visualizador. Sería útil añadir herramientas para editar las capas, un buscador o un botón que permita añadir servicios WMS al mapa. En cuanto a la visualización de los datos se podrían realizar mejoras como filtrar la información dependiendo de la escala del mapa. Y una importante mejora sería la presentación de los datos alfanuméricos en la página web, el acceso a ellos mediante un selector y la posibilidad de descargarlos.

En conclusión, los objetivos del proyecto han quedado satisfechos y, aunque con posibles mejoras y ampliación, el ayuntamiento de Arenas del Rey dispone de una base de datos digital de sus elementos territoriales y equipamientos urbanísticos, además de algunos mapas propuestos que ayudarán a gestionar sus recursos.

## 7. ANEXOS

---

### Anexo 1. Manual de usuario de Geoserver

- Instalación del servidor

En primer lugar será necesario descargar el instalador del servidor desde su página web (<http://geoserver.org/>) para Windows.

Se ejecuta el instalador (Figura 87) y se siguen los pasos que se presentan a continuación.



*Figura 87.- Interfaz de instalación de Geoserver*

La instalación podrá hacerse de inicio manual (el servidor deberá ser iniciado y parado) o como un servicio de Windows. La siguiente pantalla pedirá establecer una contraseña de administrador y un puerto de comunicación a través del cual se realizará la conexión.

- Acceso al servidor

Si se ha instalado de forma manual, será necesario iniciar el servidor mediante “start server” y detenerlo tras terminar las operaciones “stop server”. Al instalarse como un servicio los pasos anteriores no serán necesarios, puesto que éste ya se ejecuta de forma automática cuando se inicia Windows.

Para acceder a su contenido se tiene que acceder a la página principal cuyo dominio es <http://localhost:xxxx/geoserver/web>. Las xxxx indican el puerto en el que se instaló el servidor.

En la pantalla de bienvenida (Figura 88) se pide el usuario y contraseña que se estableció durante la instalación.

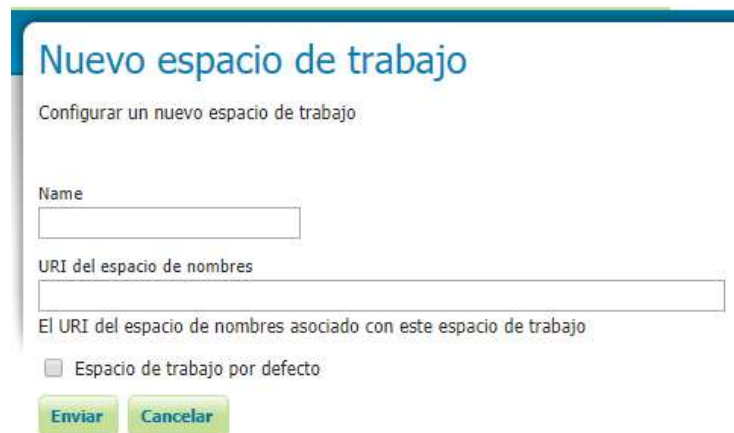


Figura 88.- Pantalla de inicio de Geoserver

- Creación del espacio de trabajo

El espacio de trabajo es el contenedor de la información y es utilizado para organizar y agrupar las diferentes capas que estén relacionadas con un fin similar. Dentro del espacio de trabajo la información geográfica se añade al servidor organizada en diferentes almacenes de datos.

Para crear el espacio de trabajo se accede a su pestaña en el menú de la izquierda y se selecciona el botón “Agregar un nuevo espacio de trabajo”. Se le asigna un nombre y la URI del espacio de trabajo (Figura 89).



*Figura 89.- Creación de un espacio de trabajo en Geoserver*

Una vez creado, es posible acceder a él para habilitarlo junto con los servicios OGC de los que va a disponer el servidor (WMS, WFS, WCS, WMTS). Además, se podrán añadir diferentes datos relativos a la persona encargada del espacio de trabajo.

- Creación de almacenes de datos

Los almacenes de datos contienen la información geográfica y la almacenan según su tipología. Puede añadirse tanto información de tipo vectorial como ráster. Así un mismo espacio de trabajo puede contener varios almacenes de datos.

Los formatos soportados por el servidor Geoserver para la información vectorial son: shp, directorio de archivos espaciales y java properties. Aunque, a partir de extensiones, también pueden añadirse GML, VPF, etc.

En el caso de que sean tipo ráster, los formatos soportados son: GeoTIFF, GTOPO30, WorldImage e ImageMosaic.

Una vez creados los almacenes de datos se procede a la publicación de las capas contenidas en cada almacén.

- Publicación de información geográfica

Para que la información añadida en el servidor pueda ser solicitada por cualquier cliente debe ser publicada, para ello, se accede al menú de capas, se selecciona la capa que se quiere publicar y se rellenan datos como nombre y título, se establece un sistema de referencia y se le asigna un estilo.

- Estilos de las capas

Geoserver asigna por defecto un estilo según la geometría de la capa en el caso de la información vectorial: punto, línea o polígono). Pero también es posible describir una simbología para cada una de las capas. Geoserver usa un estándar OGC llamado Descriptores de capas estilizadas (Styled Layer Descriptors), SLD. Estos descriptores se representan como archivos XML que describen las reglas que se utilizan para aplicar la simbolización a los datos. La página oficial de Geoserver cuenta con una guía de ayuda para definir estilos propios.

- Colocación de información en el servidor

De esta forma, la información contenida en los almacenes de datos y, posteriormente publicada, ya puede ser solicitada por cualquier cliente.

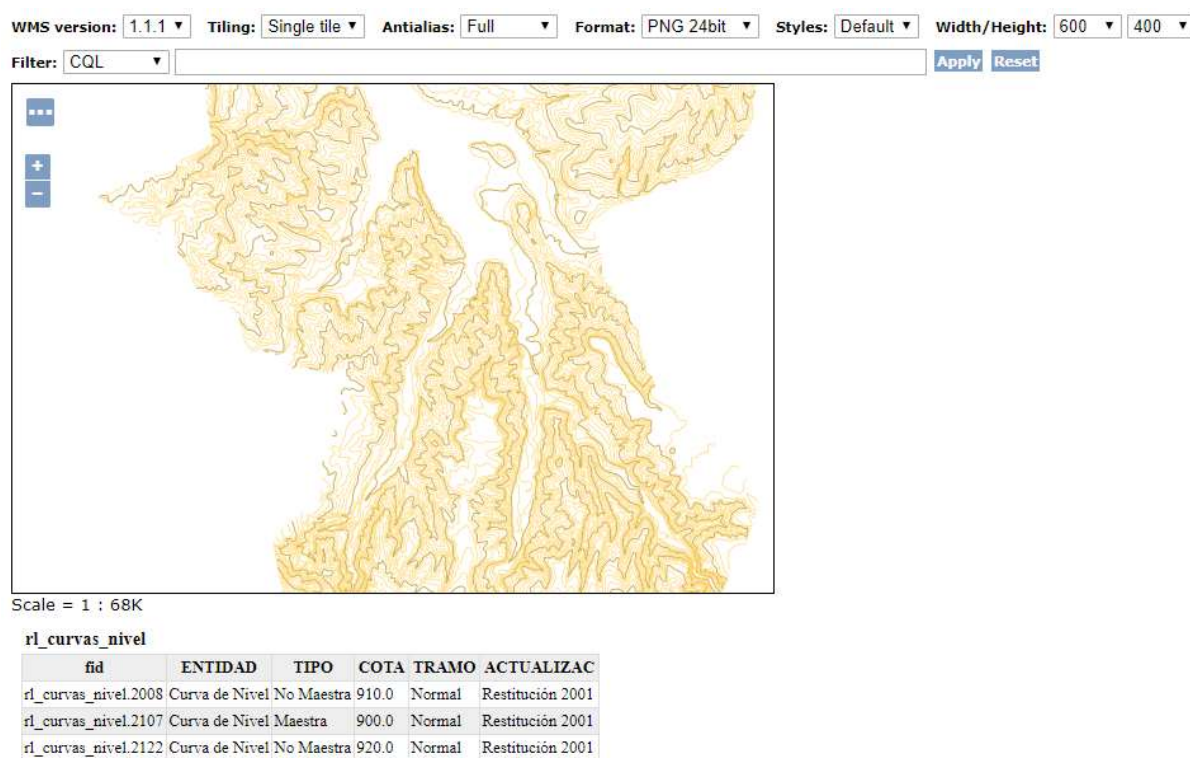


Figura 90.- Ejemplo de previsualización de una capa publicada en Geoserver

## Anexo 2. Técnicas de evaluación multicriterio (EMC)

La Evaluación Multicriterio puede definirse como “*un conjunto de técnicas orientadas a asistir los procesos de toma de decisión, investigando un número de alternativas a la luz de múltiples criterios y objetivos en conflicto*” (Barredo Cano, 1996).

Esta técnica consiste en establecer una serie de *criterios o variables* que permiten, mediante su análisis conjunto, definirse a favor de una alternativa o que esos criterios limiten la posibilidad de esa alternativa.

Los criterios deben ser concebidos como los elementos primarios del análisis, cuya combinación va a permitir valorar, analíticamente, las diversas alternativas para cada uno de los objetivos. Pueden ser de dos tipos: factores o criterios limitantes. Un factor es un criterio que permite definirse en favor de una alternativa y en contra de otra. Por su parte, los criterios limitantes limitan la posibilidad de considerar alguna alternativa, excluyéndolas de forma definitiva del análisis.

La metodología implícita a esta técnica, destinada a la medida de la aptitud territorial respecto al establecimiento de una actividad, supone la definición de una serie de fases de análisis:

- Definir de una serie de criterios o factores. Por ejemplo, en el caso de la implantación de industria en el territorio las variables geográficas que van a influir en la determinación de la mejor ubicación van ser: la pendiente del terreno, proximidad a las carreteras y cercanía a las núcleos de población.
- Obtener las imágenes digitales en formato ráster de la zona que ocupa el área de estudio.
- Estandarizar todos los factores según una escala de valores predefinida. Así, si una variable se mueve entre valores de 1 a 10, dónde los valores mas bajos corresponden a una solución menos favorable y valores mas altos definen la solución más favorable, todas las demás variables deben ir en la misma escala.



- Ponderar cada factor, dependiendo de la importancia de su contribución al resultado final.
- Definir, mediante criterios limitantes, las áreas de territorio dónde resulta imposible el desarrollo de la actividad prevista.
- Integrar las diferentes capas de información aplicando la combinación ponderada de factores, que funciona como explica la Figura 91.
- Clasificar los valores en categorías o intervalos, de forma que expresen la aptitud del terreno de forma más clara.

|                    |   |   |                    |   |   |           |     |     |                                     |
|--------------------|---|---|--------------------|---|---|-----------|-----|-----|-------------------------------------|
| 2                  | 4 | 5 | 1                  | 3 | 4 | 1.6       | 3.6 | 4.6 | → $5 \cdot 0.6 + 4 \cdot 0.4 = 4.6$ |
| 3                  | 2 | 3 | 3                  | 2 | 3 | 3         | 2   | 3   |                                     |
| 4                  | 1 | 4 | 5                  | 3 | 2 | 4.4       | 1.8 | 3.2 |                                     |
| Capa A<br>Peso 0.6 |   |   | Capa B<br>Peso 0.4 |   |   | Resultado |     |     |                                     |

Figura 91.- Combinación ponderada de factores



## BIBLIOGRAFÍA

---

**Agafonkin, V. (2017). *Leaflet*. Obtenido de <https://leafletjs.com/>**

Aguado, E. B. (2014). *Instituto Geográfico Nacional*. Obtenido de [http://icvficheros.icv.gva.es/ICV/geova/erva/Utilidades/jornada\\_ETRS89/1\\_ANTECEDENTES\\_IGN.pdf](http://icvficheros.icv.gva.es/ICV/geova/erva/Utilidades/jornada_ETRS89/1_ANTECEDENTES_IGN.pdf)

Andalucía, J. d. (s.f.). *Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía*. Obtenido de <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/>

Ariza López, F. J., & Rodríguez Pascual, A. F. (s.f.). *Introducción a la normalización en Información Geográfica. La familia ISO 19100*.

Bernabé-Poveda, M. A., & López-Vázquez, C. (s.f.). *Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales*. BibliotecaOnline SL.

col., M. y. (2006).

*Conserjería de Agricultura y Pesca*. (s.f.).

Díaz, I. G. (2014). *Ignacio Sierra Nevada*. Obtenido de <https://igsierranevada.blogspot.com.es/2014/03/rio-verde-sierra-de-almijara-granada.html>

España, G. d. (s.f.). *IDE de España*. Obtenido de <http://www.idee.es>

Estadística, I. N. (2017). *INE (Instituto Nacional de Estadística)*. Obtenido de <http://www.ine.es>

Geográfica, C. N. (s.f.). *CNIG*. Obtenido de <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/cambiarMenu.do?destino=presentacion>

Geoserver. (2014). Obtenido de <http://geoserver.org/>

LISAssoft. (2016). *OSGeo Live*. Obtenido de <https://live.osgeo.org/en/index.html>

López, J. G. (2016). *Junta de Andalucía*. Obtenido de [www.juntadeandalucia.es](http://www.juntadeandalucia.es)

Nacional, I. G. (1980). *Instituto Geográfico Nacional*. Obtenido de <https://www.ign.es/ign/resources/sismologia/publicaciones/Andalucia1884.pdf>

Nacional, I. G. (s.f.). *Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España*. Obtenido de <http://www.siose.es/web/guest/inicio>

OSGeo. (2018). *QGIS*. Obtenido de <https://qgis.org/es/site/index.html>

S.L., T. G. (2017). *Cursos SIG*. Obtenido de <http://www.cursosgis.com/>

Santos Preciado, J. M., & Cocero Matesanz, D. (2006). *Los SIG raster en el campo medioambiental y territorial*. Madrid: Fernández Ciudad, S.L.

*Turismo de Andalucía*. (2016). Obtenido de <http://www.andalucia.org/es/espacios-naturales/parque-natural/sierras-de-tejeda-almijara-y-alhama/>