



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

ACTUALIZACIÓN Y PUBLICACIÓN DEL PLANEAMIENTO
URBANÍSTICO CON EL USO DE LOS SISTEMAS DE IN-
FORMACIÓN GEOGRÁFICA: ESTUDIO DE CASO PLAN
GENERAL MUNICIPAL DE BERIÁIN (NAVARRA).

UPDATE AND PUBLICATION OF THE URBAN PLANNING
WITH THE USE OS THE GEOGRAPHIC INFROMATION
SYSTEM: CASE STUDY OF THE GENERAL MUNICIAL PLAN
OF BERIÁIN (NAVARRA)

Autor:

Kepa Azkona Fuente

Directores

Miguel Sevilla Callejo
Carlos Cámara Menoyo

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

2019

Resumen

Este trabajo ha consistido en demostrar el gran valor añadido que suponen los Sistemas de Información Geográfica en la gestión, presentación y difusión de la información urbanística frente a los programas de dibujo asistido por ordenador. Para ello se ha llevado a cabo un estudio de caso con el Plan General Municipal (PGM) de Beriáin (Navarra) aprobado en 2014. Con la información de este plan se ha desarrollado un proceso de depuración y corrección de la información espacial para posteriormente generar dos herramientas con las cuales queda de manifiesto las ventajas que suponen los GIS en el planeamiento urbano. Por un lado, se ha creado un SIG urbanístico de escritorio, con el cual poder realizar diferentes consultas, análisis y cartografía con la información urbanística del PGM, y por otro lado, una aplicación web interactiva con la cual poder consultar e interactuar con la información urbanística del PGM.

Palabras Clave: SIG, planeamiento urbano, web mapping, Navarra, Beriáin.

Abstract

The actual work has consisted in demonstrating the great value that Geographic Information Systems (GIS) suppose in the management, presentation and dissemination of urban information. A study has been conducted from the case of the General Municipal Plan of Beriáin (Navarra), approved in 2014. Both spatial information (in CAD format) and thematic have been used. With this information, a process of purification and correction of spatial information has been developed, to subsequently generate two tools with which the advantages of GIS in urban planning are evident. On the one hand, a desktop urban GIS has been created, with which to be able to carry out different spatial consultations, analyzes and cartography with the urban information; on the other hand, a web viewer with which to consult and interact with the PGM urban information.

Key Words: GIS, CAD, urban planing, wep mapping, Navarra, Beriáin

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS	4
3. MARCO TEÓRICO: CAD Y GIS	5
3.1. Programas de diseño asistido por ordenador: CAD	5
3.2. Sistemas de Información Geográfica: SIG	5
3.3. Los SIG en la gestión de la información urbanística	6
3.4. Visores web y planeamiento urbano.	7
4. CONTEXTO normativo	8
4.1. La ordenación del territorio y urbanismo en Navarra	8
4.1.1. Contexto jurídico de la ordenación territorial	8
4.1.2. Instrumentos de Ordenación Territorial	9
4.1.3. Instrumentos de planeamiento urbanístico.	10
4.2. Área de estudio	11
4.2.1. Situación geográfica	11
4.2.2. El urbanismo y la ordenación del territorio en Beriáin.	12
4.3 Sistema de Información Urbanística de Navarra (SIUN)	14
5. METODOLOGÍA	15
5.1. Material y fuentes	15
5.2. Herramientas utilizadas	16
5.3. Proceso metodológico	17
5.3.1. Conversión de CAD a SIG	18
5.3.2. Generación del SIG urbanístico de escritorio	23
5.3.3. Metodología para la explotación del SIG urbanístico de escritorio	23
5.3.3. Generación de cartografía interactiva en Internet.	24
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
6.1. SIG urbanístico	28
6.2. Aplicación web interactiva	30
7. CONCLUSIONES	32
8. LINEAS A FUTURO	33
9. BIBLIOGRAFÍA	34
10. ANEXOS	36

INDICE FIGURAS

Figura 1: Ámbitos POT definidos por la ETN	10
Figura 2: Mapa de localización del municipio de Beriáin	12
Figura 3: Clases, categorías y subcategorías del suelo definidas por el PGM	14
Figura 4: Visualizador SIUN	15
Figura 5: Proceso metodológico.....	18
Figura 6: Proceso metodológico con el suelo no urbanizable	20
Figura 7: Proceso metodológico para los ámbitos de gestión del suelo urbano y urbanizable.	22
Figura 8: Información contenida en el SIG urbanístico.	23
Figura 9: Atributos de cada capa de información sintética	25
Figura 10: Modificación del elemento de control de capas	26
Figura 11: Página web del portal urbanístico del PGM de Beriáin.....	27
Figura 12: Interfaz gráfica del SIG urbanístico de escritorio	28
Figura 13: Sub-subcategorías con normativa definida en planes o leyes sectoriales.	29
Figura 14: Visor web a partir de API SITNA.....	31
Figura 15: Visor web a partir de Leaflet.....	32

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Resumen de ciudades con aplicaciones web interactivas en materia de urbanismo	8
Tabla 2: Instrumentos de ordenación del territorio definidos en la Ley Foral 35/2002.....	9
Tabla 3: Resumen de las herramientas utilizadas.....	17
Tabla 4: Pendiente media por sub-subcategorías del suelo no urbanizable.....	29

1. INTRODUCCIÓN

Los municipios son realidades complejas, los cuales presentan sus problemáticas en gran medida a través del territorio. El planeamiento urbanístico municipal pretende hacer frente a los problemas que presentan los municipios a través de la definición de un proyecto común. Este proyecto se genera por medio de instrumentos de ordenación urbanística; y, sobre todo, a través de planes generales municipales (Noguera, 2011)

Como todo instrumento con incidencia espacial o territorial, el planeamiento urbano desde sus inicios se ha desarrollado de la mano de la cartografía y la información geográfica, ya que estas herramientas son verdaderamente útiles para la representación de la información urbanística.

Hasta hace unas décadas, la cartografía generada por los instrumentos de planeamiento urbano (como todas las cartografías) se representaba a través de planos dibujados a mano, los cuales se publicaban en formato papel. Más tarde, con el desarrollo de programas de diseño asistido por ordenador (CAD, por sus siglas en inglés: *Computer Aided Design*), se empezaron a generar estos documentos gráficos a través de estos programas, los cuales generan un mejor resultado de la cartografía, la cual no deja de ser un simple dibujo representativo del planeamiento urbano.

A día de hoy, con los Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS, por sus siglas en inglés: *Geographic Information System*), la información espacial que genera el planeamiento urbano puede ser presentada, difundida y gestionada más eficientemente, ya que estos sistemas de información generan un gran valor añadido a la información espacial y temática (García Almirall et al., 2011).

Así, el trabajo que va a ser desarrollado en este documento trata de dar solución a una situación bastante común que se da en la Comunidad Foral de Navarra, donde actualmente, la cartografía del planeamiento urbano municipal solo se presenta y se difunde en papel o en formato imagen no interactiva (planos escaneados y georeferenciados) (Atin, 2010). Esta situación es bastante negativa para todas las partes implicadas en el planeamiento urbano municipal, ya que, como se verá más detalladamente en los próximos capítulos, la presentación de la información geográfica de estos instrumentos en formato SIG genera numerosos beneficios para distintos agentes implicados en este ámbito.

En este trabajo se ha realizado un estudio de caso con el Plan General Municipal del municipio de Beriáin (Navarra) aprobado en 2014, donde se ha procedido a la conversión de los datos en formato CAD a GIS para su explotación con herramientas de información geográfica. Para poder generar esta explotación han sido desarrolladas dos herramientas, una para la gestión de la información y otra, una aplicación web interactiva como nueva herramienta de visualización online.

Así, a través de este TFM se pretende poner de relieve el potencial que tienen los Sistemas de Información Geográfica en el ámbito del planeamiento urbano; ya que a través de los productos derivados de los CAD no es posible generar herramientas que sean beneficiosas para todas las partes implicadas en el planeamiento.

Para desarrollar este Trabajo Fin de Máster (TFM) ha sido imprescindible el material proporcionado por la empresa Francés Arquitectos SLP, equipo redactor del PGM con el que se ha desarrollado el trabajo. Gracias a la cesión de todo este material ha sido posible realizar este trabajo sobre un estudio de caso real, y poder aplicar los conocimientos adquiridos en el Máster sobre un instrumento básico para la ordenación del territorio y el urbanismo.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es la puesta en valor de los Sistemas de Información Geográfica en la gestión, publicación y visualización de la información urbanística. Para ello, se plantea el desarrollo de un prototipo de metodología de trabajo basado en SIG para el caso de estudio del PGM del municipio de Beriáin, aprobado en 2014.

A su vez, el desarrollo del prototipo que debe dar respuesta a este objetivo principal se basa en los siguientes objetivos específicos:

- Conversión del modelo de datos, de CAD a GIS y corrección de errores topológicos.
- Elaboración de un sistema de información urbanística de escritorio del PGM basado en tablas relacionales e información espacial.
- Diseño y creación de una aplicación web interactiva para la consulta y visualización de la información definida en el PGM.

Así, la motivación de este TFM, el cual no es un trabajo académico al uso, sale de la relación que tiene el propio autor tiene (profesional y personal) con la temática del trabajo, y especialmente con la intención de proporcionar herramientas para la modernización de la administración en el ámbito del planeamiento urbano.

Por ello, se han creado las citadas herramientas, ya que con el SIG urbanístico de escritorio se ha generado una herramienta para la modernización y mejora de la gestión y actualización de la información urbanística. A través de la aplicación web interactiva se ha creado una herramienta para mejorar el acceso a la información urbanística al conjunto de la ciudadanía, lo cual mejora la accesibilidad y democratización de la información.

3. MARCO TEÓRICO: CAD Y GIS

3.1. Programas de diseño asistido por ordenador: CAD

Los programas CAD, o los programas de diseño asistido por ordenador, son herramientas para la generación de modelos gráficos a través de ordenadores. Estos programas son muy utilizados en distintas disciplinas técnicas y científicas para la representación de elementos de naturaleza muy diversa (edificios, componentes electrónicos o mecánico etc.) y como no, también han sido y son utilizados en las disciplinas del planeamiento urbano, ya que un plano urbanístico no deja de ser una representación gráfica simplificada de un territorio.

Durante años, los diferentes profesionales dedicados a la generación de diferentes instrumentos y planes urbanísticos han utilizado los CAD para la creación de diferentes planos. Estos programas son muy eficaces a la hora de crear representaciones gráficas, pero generan claras deficiencias tanto en el análisis espacial de los datos, como en la actualización de estos, y en la visualización online (comparándolo con los datos vectoriales de los GIS).

Estas deficiencias se deben a la propia naturaleza de los CAD. Por un lado, los CAD al estar orientados a la realización de planos y representaciones gráficas, habitualmente utilizan coordenadas locales, mientras que para la información geográfica es mucho más aconsejable reproducirla a través de sistemas de referencia globales. Además, los CAD están creados para generar modelos gráficos de diferentes objetos, y estos modelos no generan ningún tipo de relación entre ellos. Sin embargo, para la información geográfica, las diferentes relaciones entre los objetos es un factor indispensable (topología, redes, relaciones temáticas, etc.) (Longley et al., 2015).

Los objetos espaciales en formato CAD no tienen asociada diferente información temática para cada objeto espacial, y estos objetos son diferenciados según la simbología que adquieren en la propia cartografía.

La tercera deficiencia que tienen los CAD es que solo son capaces de hacer explícitas diferencias temáticas únicas, mientras que los GIS son capaces tanto de almacenar mucha información dentro de cada objeto espacial como de estar conectados a una base de datos, por lo que la información almacenada puede ser mayor. (Idem, 2015).

Además, en los formatos CAD cada archivo (los cuales en el ámbito CAD son denominados como planos) contiene una cartografía diferente. Esto, como se detalla más adelante produce grandes repeticiones y duplicaciones de la información gráfica.

Así pues, los productos CAD son productos gráficos, los cuales tienen como función básica la generación de cartografía o dibujos para una presentación/visualización en formato analógico o en papel, en donde no es posible realizar análisis ni consultas sobre estos datos (Cowen, 1990).

Por último, cabe destacar que estas herramientas han tenido un gran desarrollo desde sus comienzos y a día de hoy sí que se pueden realizar diferentes consultas y análisis, pero esta característica es bastante residual dentro de estos programas. Por ejemplo, AutoCAD a través de su paquete *spatial manager* incluye herramientas de gestión de tablas alfanuméricas, incorporación de mapas de fondo, exportación e importación de capas en formato GIS, etc. (AUTOCAD, 2019.).

3.2. Sistemas de Información Geográfica: SIG

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS, por su nomenclatura inglesa; *Geographical Information Systems*) son definidos por el *National Center for Geographic Information and Analysis* de EE.UU (NCGIA) como un “sistema compuesto por elementos informáticos (*hardware* y *software*) y métodos diseñados para permitir la adquisición, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, que ayudan a resolver problemas de planificación y gestión” (referido en Garcia-Almirall, et. al, 2011).

Así pues, gracias a sus características los GIS son grandes herramientas para la creación, gestión y difusión de la información urbanística. Estos programas siempre utilizan sistemas de referencias

globales, ya que la información en formato SIG, no se conciben como solo un dibujo gráfico aislado, sin ninguna dependencia o conexión con el resto del mundo; sino que a través de los SIG la información se concibe como una pequeña parte del territorio (Rodríguez et. al, 2000).

Esto permite relacionar y comparar diferente información geográfica incluida en diferentes capas (una capa es “una porción o estrato de la realidad geográfica de un área particular”(Rodríguez Lloret et. al., 2009), tanto en formato raster como vectorial; por lo que permite la gestión del territorio desde un punto de vista holístico.

Siguiendo los errores comentados que asumen los CAD, los GIS son capaces de generar relaciones entre diferentes elementos u objetos. Estas relaciones pueden ser espaciales o temáticas (Rodríguez et. al., 2000).

En cuanto a las relaciones espaciales de la información en GIS, éstas son de tipo topológico; es decir, los diferentes objetos espaciales se comportan en base a diferentes normas espaciales, las cuales son definidas por el usuario. Por ejemplo, en la representación de dos elementos espaciales adyacentes, gracias a las reglas topológicas estos dos objetos se representan a través de fronteras comunes, donde no existan ni huecos ni superposiciones entre ellos. Esta característica se debe a que los GIS tienen un gran componente analítico, y gracias a estas relaciones los productos GIS no solo son herramientas puramente cartográficas, sino que también permiten generar análisis espaciales (Olaya, 2014)

Por otro lado, las relaciones temáticas se generan a partir de los atributos asignados a cada objeto; es decir, la información espacial contiene información temática asociada (denominada atributos y organizada en campos), y con esta información es con la cual se generan las diferentes relaciones temáticas.

Estos atributos son valores alfanuméricos asignados a los elementos según sus características. Esta información puede ser almacenada dentro de los propios objetos a través de diferentes campos temáticos o, también puede ser almacenada en bases de datos externas, las cuales están enlazadas con la información espacial. Esta segunda forma para la gestión y almacenamiento del componente temático de los objetos espaciales permite “una serie de operaciones y un manejo ventajoso de los atributos” (Olaya, 2014).

Estas operaciones suelen ser consultas tanto de tipo espacial como temáticas. Las consultas temáticas se realizan a través de un lenguaje propio de bases de datos; ya que un SIG no deja de ser un “sistema de base de datos con capacidades específicas para datos georreferenciados” (Idem, 2014)

En cambio, las consultas espaciales se realizan a través de los propios objetos espaciales. El resultado de estas consultas se devuelve a través de la selección de diferentes objetos. Además de realizar consultas, los SIG permiten generar diferentes análisis geoestadísticos, lo que hace que estas herramientas adquieran aún más valor para la gestión y análisis de la información urbanística.

En el contexto del planeamiento urbano las consultas y los análisis geoestadísticos pueden ser muy útiles, ya que de una manera rápida y sencilla se pueden resolver cuestiones complejas. En el apartado de resultados se generarán varios ejemplos para demostrar la utilidad de estos análisis en el planeamiento urbano.

En cuanto a la visualización o representación de la información hay que recalcar que los GIS además de producir cartografía clásica, es decir, analógica o en papel, también permiten la publicación de la información geográfica sobre aplicaciones web interactivas, lo que conlleva a mejorar la accesibilidad de la información geográfica (y por lo tanto también urbanística como se verá en el apartado 3.4).

3.3. Los SIG en la gestión de la información urbanística

Como se ha planteado más arriba, la aplicación de los GIS son de gran relevancia en el análisis territorial en general y muy valiosas para la gestión de información urbanística, ya que gracias a su capacidad de almacenamiento de la información a través de bases de datos relacionales facilita gran parte del trabajo tanto de búsqueda como de gestión de la información. En el ámbito del urbanismo, donde

los instrumentos suelen sufrir modificaciones o suelen desarrollarse con planes de mayor detalle (estudios de detalle, planes parciales, etc), una herramienta como los GIS ayuda a la rápida actualización de los datos (Pueyo Campos, 1991).

Esta facilidad para la actualización de los datos también es interesante para el desarrollo y generación de diferentes cartografías; ya que al ser un sistema tan flexible la producción cartográfica de la información urbanística puede amoldarse a diferentes actualizaciones o escalas (Idem, 1991).

Además, dentro de un propio ayuntamiento no solo es el área de urbanismo el que necesita consultar y generar información geográfica, sino que otras secciones como gestión de residuos, obras públicas, vivienda, patrimonio histórico-cultural, etc. también. Toda esta información proveniente de fuentes muy diversas, necesita estar en una estructura de datos coherente y eso se puede lograr a partir de los GIS, ya que estas herramientas permiten trabajar los datos con estructuras heterogéneas y convertirlos en estructuras coherentes utilizando como unión el componente de localización (Garcia Almirall et al., 2011).

3.4. Visores web y planeamiento urbano.

Actualmente, a través del desarrollo de las nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) y la popularización del acceso a Internet, las posibilidades para acceder a la información han crecido de manera exponencial. Esto genera una gran democratización de la información a través de Internet (Peña et. al., 2012).

Además, la generación de diferentes aplicaciones web, las cuales facilitan el acceso a la información pública, ha posibilitado una mayor transparencia por parte de las administraciones oficiales a todos los niveles (local, autonómica y estatal).

En el ámbito de la información geográfica este desarrollo tecnológico, ha posibilitado la generación de diferentes aplicaciones web para una mejor difusión de la información; lo que permite una mejor accesibilidad y participación pública (Bugs et al., 2010). Estas aplicaciones suelen ser denominadas visores web, donde puede ser consultada tanto la información espacial como temática.

Además, cabe destacar que la propia ley pone en manifiesto el acceso a la información urbanística a toda la ciudadanía (Ley Foral 35/2002, de 20 de diciembre, 2002)); por ello, a través de los visores web se puede generar una mayor accesibilidad a esta información y así generar una mayor difusión de a todos los ciudadanos interesados.

Así, en el estado español se pueden observar varios ejemplos de aplicaciones interactivas en Internet, donde se muestra el planeamiento, un ejemplo claro y cercano a este TFM es el visor web del Ayuntamiento de Pamplona donde se puede encontrar un apartado en relación a la información del plan urbanístico de Pamplona, pero además de éste se pueden encontrar muchos casos, en la Tabla 1 se resumen cuatro ejemplos con diferentes ciudades.

Tabla 1: Resumen de ciudades con aplicaciones web interactivas en materia de urbanismo

Ciudad	URL	Tipo de datos mostrados	Tecnología utilizada
Salamanca	http://urbanismo.aytosalamanca.es/es/visor/index.html	Información espacial y temática a través de enlaces web.	Geodata
Barcelona	https://ajuntament.barcelona.cat/informaciourbanistica/cerca/es/	Información espacial y temática (con ficha urbanística por cada parcela)	Desarrollo propio
Pamplona	https://sig.pamplona.es/	Dentro del visor de la ciudad, pequeño apartado sobre el planeamiento urbanístico (solamente información espacial)	API SITNA, OpenLayers
Logroño	http://gis.logro-o.org	Información espacial y temática a través de descarga de pdf	Openlayers

4. CONTEXTO NORMATIVO

Es importante poner en contexto el trabajo realizado en este TFM, por ello a continuación se expondrán los diferentes aspectos que influyen en el estudio de caso que se ha desarrollado en este trabajo. El documento con el que se ha trabajado en este TFM (PGM de Beriáin) está basado en el contexto jurídico de Navarra en aspectos de urbanismo y ordenación del territorio; por lo que las diferentes herramientas que tiene esta comunidad son básicas para poder poner en contexto el PGM, por eso, en este apartado se han descrito los diferentes planes, leyes y herramientas que tiene la Comunidad Foral de Navarra en temas de urbanismo y ordenación del territorio. También se ha puesto en contexto el municipio protagonista de este trabajo, Beriáin, explicando tanto la situación geográfica en la que se ubica como el contexto jurídico en materia de urbanismo y ordenación del territorio en el que se encuentra.

4.1. La ordenación del territorio y urbanismo en Navarra

4.1.1. Contexto jurídico de la ordenación territorial

A partir de 1982, con la Ley Orgánica 13/1982, de 10 de agosto, de reintegración y mejoramiento del Régimen Foral de Navarra, la comunidad foral obtuvo competencia exclusiva en materia de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Vivienda. Esto se define en el artículo 44, Capítulo II, de dicha ley.

A partir de obtener todas las competencias, esta materia ha sido regulada por diferentes leyes forales; en total hasta la actualidad han sido 9 las leyes que han regulado la ordenación del territorio y el urbanismo en Navarra, además de los diferentes leyes y planes sectoriales de diferente índole, que también han afectado a la materia que se está tratando (ley de aguas, patrimonio histórico, etc.).

Cronológicamente estas han sido las leyes que han sido aprobadas tanto en la Comunidad Foral como en el estado español para regular la ordenación del territorio y el urbanismo:

- Ley Foral 12/1986, de 11 de noviembre, de Ordenación del Territorio.
- Ley Foral 6/1987, de 10 de abril, de normas urbanísticas regionales para la protección y uso del territorio.

- Ley Foral 7/1989, de 8 de junio, de medidas de intervención en materia de suelo y vivienda de Navarra.
- Real Decreto Legislativo 1/1992, de 26 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre el Régimen del Suelo y Ordenación Urbana.
- Ley Foral 10/1994, de 4 de julio, de ordenación del Territorio y Urbanismo de Navarra.
- Ley Foral 35/2002, de 20 de diciembre, de Ordenación del Territorio y Urbanismo.
- Ley Foral 6/2009, de 5 de junio, de medidas urgentes en materia de urbanismo y vivienda.
- Ley Foral 5/2015, de 5 de marzo, de medidas para favorecer el urbanismo sostenible, la renovación urbana y la actividad urbanística de Navarra
- Decreto Foral Legislativo 1/2017, de 26 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley Foral de Ordenación del Territorio y Urbanismo.

Como podemos observar en el listado de arriba la ley vigente actualmente es la novena, la cual es un “texto refundido en el que se integren, debidamente aclaradas, regularizadas y armonizadas las disposiciones contenidas en las tres anteriores leyes. Así, se integra en un texto único todas las modificaciones introducidas a la Ley Foral 35/2002, de 20 de diciembre, de Ordenación del Territorio y Urbanismo” (Decreto Foral Legislativo 1/2017, de 26 de julio, 2017). Por lo que se puede afirmar que la ley actualmente en vigor es una actualización de la Ley Foral 35/2002.

4.1.2. Instrumentos de Ordenación Territorial

La Ley Foral 35/2002, en el artículo 28, define los diferentes instrumentos que tendrá la Comunidad Foral de Navarra en materia de ordenación del territorio. Así, se definen cuatro instrumentos propiamente como instrumentos de ordenación territorial, y también se tendrá en consideración otros planes con incidencia en la ordenación del territorio (ver Tabla 2).

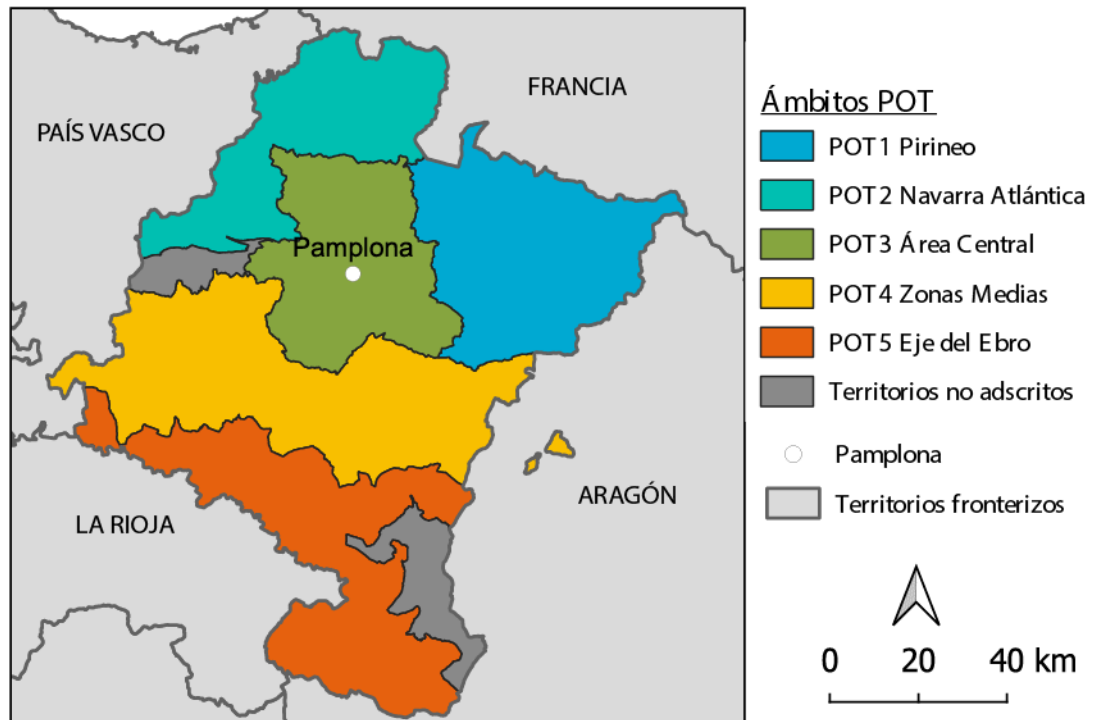
Tabla 2: Instrumentos de ordenación del territorio definidos en la Ley Foral 35/2002.

Instrumentos propiamente de Ordenación territorial	Función
Estrategia Territorial de Navarra (ETN)	Estratégica
Planes de Ordenación Territorial (POT)	Estructurante
Planes Directores de Acción Territorial (PDAT)	Operativa
Planes y Proyectos Sectoriales de Incidencia Supramunicipal (PSIS)	Ejecutiva

Por un lado, el 21 de julio de 2004 se aprobó definitivamente la ETN, la cual es “un instrumento de planificación estratégica del territorio de la Comunidad Foral ”, donde “se comprende el conjunto de criterios, directrices y guías de actuación sobre la ordenación física del territorio, sus recursos naturales, sus grandes infraestructuras, el desarrollo espacial y urbano, las actividades económicas, residenciales, los grandes equipamientos y la protección del patrimonio cultural” (Ley Foral 35/2002, de 20 de diciembre, 2002).

Mientras que la ETN es un instrumento autonómico, los POT tienen carácter comarcal, los cuales tienen por objetivo principal la “ordenación del territorio de áreas o zonas de Navarra de ámbito supramunicipal” (Ley Foral 35/2002, de 20 de diciembre). Así, el 21 de julio de 2011 con la aprobación definitiva de estos instrumentos, la ordenación del territorio de Navarra quedó dividida en 5 grandes áreas definidas en la ETN, tal y como se puede observar en la Figura 1.

Figura 1: Ámbitos POT definidos por la ETN



Por otro lado, los PSIS son planes e instrumentos de materia muy diversa los cuales tienen una incidencia clara en la ordenación del territorio. Estos instrumentos son originarios de la Ley Foral 10/1994, es decir del régimen anterior, pero gracias a su operatividad y versatilidad se han mantenido en el régimen actual (Alli Aranguren, 2004). Los PSIS aprobados hasta el momento han sido numerosos y de muy distinta índole, tanto de incidencia comarcal como provincial. Muestra de la diversidad que tienen estos instrumentos son los diferentes ejemplos que se muestran a continuación: PSIS Ruta Ciclista Doneztebe/Santesteban-Irurtzun, PSIS Campus Universidad Pública de Tudela, PSIS Gaseoducto Lesaka-Baztan, PSIS Túneles Ezcaba, etc.

Para finalizar con los instrumentos de ordenación del territorio, los PDAT “tienen por objeto la concreción, coordinación y programación de las actuaciones sectoriales en el territorio derivadas de un Plan de Ordenación Territorial” (Ley Foral 35/2002, de 20 de diciembre). Estos instrumentos no han sido llevados a cabo, ya que todas las actuaciones sectoriales definidas en los POT han sido a través de PSIS o Planes de ámbito local.

4.1.3. Instrumentos de planeamiento urbanístico.

A escala local o municipal la Ley 35/2002 define como instrumento básico de ordenación urbanística general el Plan General Municipal (PGM) el cual comprende la ordenación en materia de urbanismo sobre la extensión completa de cada término municipal. El PGM es el instrumento de referencia en materia de urbanismo municipal, en el cual define gran parte de la normativa urbanística del municipio (Ley Foral 35/2002, de 20 de diciembre de 2002).

Los PGM se estructuran en dos bloques, por un lado se desarrolla la Estrategia y Modelo de Ocupación Territorial (EMOT); donde se define la estrategia para el desarrollo del planeamiento urbano del municipio. Por otro lado, se encuentra el Plan Urbanístico Municipal (PUM) donde se “definen los diferentes aspectos de la ordenación y del régimen del suelo del municipio” (Ley Foral 35/2002, de 20 de diciembre). Así, para este trabajo sólo se tendrá en cuenta el apartado del PUM, ya que es el bloque más normativo y donde se definen los diferentes aspectos urbanísticos detallados en el plan.

La ejecución del plan se puede llevar a cabo a través del mismo plan, o a través de diferentes instrumentos de desarrollo definidos en la Ley. Estos instrumentos de escala más detallada, tienen la capacidad de ejecutar la normativa propuesta en el planeamiento. Así, en la Ley se definen estos instrumentos (Ley Foral 35/2002, de 20 de diciembre de 2002):

- Planes de Sectorización: Son instrumentos con los cuales los suelos urbanizables sectorizados son convertidos en sectorizados
- Planes Parciales: Son instrumentos que establecen la ordenación pormenorizada del suelo no consolidados, o también modifican lo establecido por los PGM
- Planes Especiales: Estos planes desarrollan las determinaciones de ordenación estructurantes definidas en el PGM
- Actuaciones de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas: Son instrumentos para ejecutar diferentes actualizaciones o renovaciones en el suelo urbano consolidado
- Estudios de Detalle: Estos estudios modifican o establecen las determinaciones pormenorizadas definidas en el planeamiento
- Catálogos: Documento donde se definen las medidas de protección de los edificios y elementos especiales para cada municipio
- Ordenanzas municipales de edificación y de urbanización: Tratan de regular diferentes aspectos estructurales y morfológicos de las edificaciones.

4.2. Área de estudio

4.2.1. Situación geográfica

El municipio de Beriáin se sitúa al sur de la comarca de Pamplona (Área metropolitana de la capital navarra), 10 kilómetros separan Beriáin de Pamplona y limita con los municipios de Cendea de Galar, Noáin (Valle de Elorz) y Tiebas-Murarte de Reta. Esta localidad actualmente cuenta con aproximadamente 4.000 habitantes (según el Instituto de Estadística de Navarra (NASTAT) en 2018 tenía una población de 3841) (NASTAT, 2019) y tiene una extensión cercana a 5.3 km².

En cuanto a la estructura urbana del municipio, Beriáin cuenta con distintas zonas dentro de su propio término municipal. Por un lado, el denominado casco antiguo del municipio está situado en el centro del municipio, al oeste de la balsa de la Morea. Esta zona a día de hoy cuenta con pocos edificios tradicionales y gran parte está ocupada con viviendas de baja densidad.

Al norte, se encuentra el barrio (o tradicionalmente denominado poblado) de Potasas. Esta zona repleta con edificios de 4 a 6 plantas de uso residencial nace en los años 60 de la mano de la explotación de las minas de Potasas de Navarra, las cuales trabajaban la extracción de minerales potásicos y salinos. A día de hoy, se han ido renovando las edificaciones y este barrio cuenta con edificios de esa época y otros más actuales.

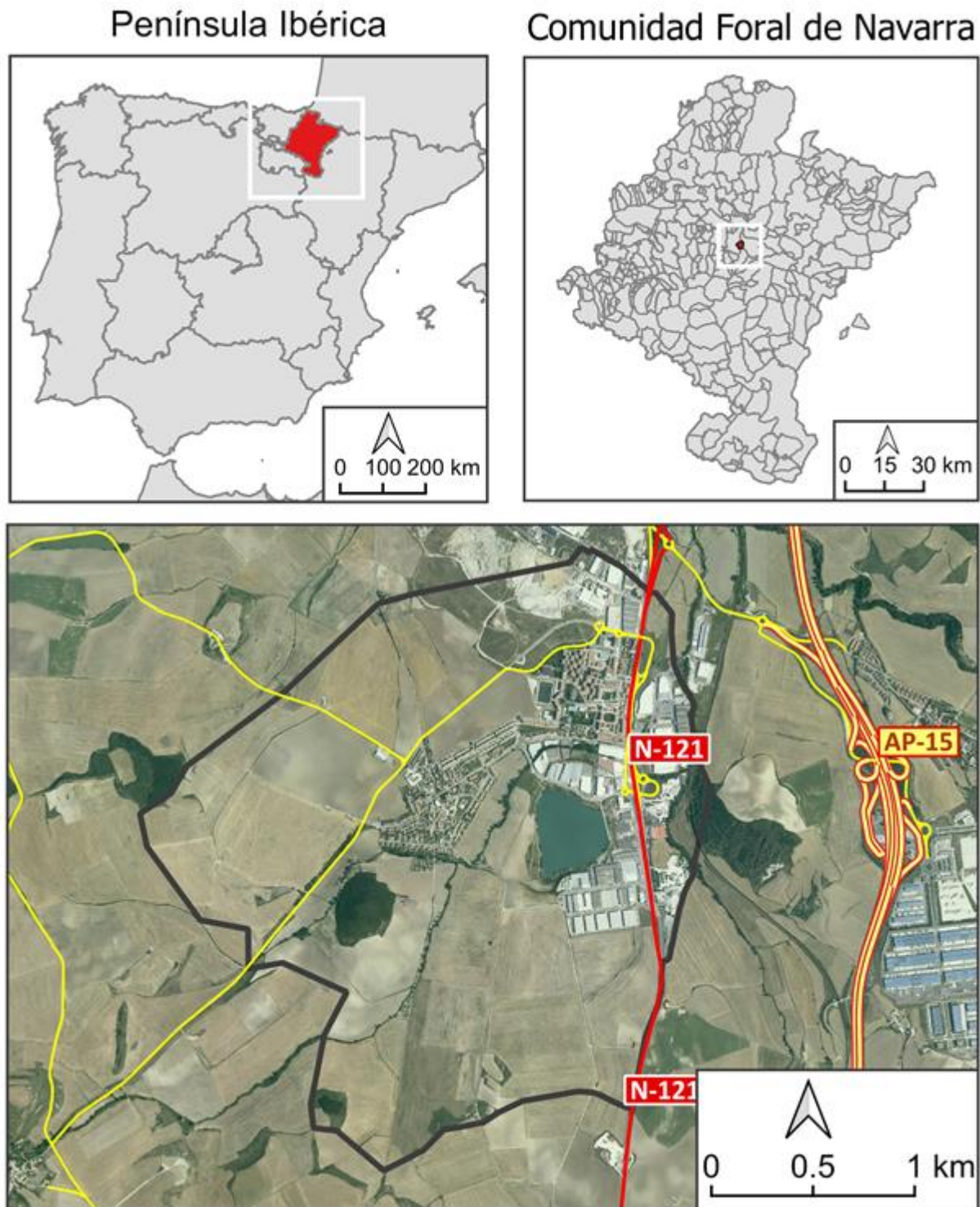
Las actividades productivas (polígonos industriales y comerciales) se encuentran en el eje marcado por la nacional N-121. Gracias a la conectividad que aporta esta vía de transporte las actividades económicas han sido situadas alrededor de este eje, al este del municipio. En estos espacios productivos, se pueden encontrar tanto empresas industriales como diferentes actividades económicas del tercer sector.

Por otro lado se encuentra la zona agraria o zona no urbanizada del municipio, donde destaca la balsa de la Morea, situada en el centro del municipio. En general, la zona no urbanizada se caracteriza por los cultivos de cereal, aprovechamiento muy típico en toda la cuenca de Pamplona. Además, son destacables las pequeñas aprovechamientos de huertas situadas alrededor de la red hidrográfica y la pequeña colina con forma cónica situada al sur, la cual marca la cota más alta del municipio (555 metros).

En lo que respecta a las infraestructuras de transporte, es posible afirmar que Beriáin tiene una buena conectividad, ya que la nacional N-121 cruza el municipio de norte a sur por el lado este. Además, cuenta con una gran proximidad con la autopista AP-15. Por otro lado, al estar integrado dentro

de la Mancomunidad de la Cuenca de Pamplona cuenta, entre otros, con el servicio de transporte comarcal y con el servicio de taxi.

Figura 2: Mapa de localización del municipio de Berián



4.2.2. El urbanismo y la ordenación del territorio en Berián.

El planeamiento urbano general del municipio de Berián ha tenido varias fases y varios instrumentos, los cuales dependían de la legislación vigente en cada momento. Así, a día de hoy, Berián ha tenido cuatro grandes planeamientos urbanos generales:

- Normas Subsidiarias con aprobación definitiva el 05/06/1991
- Plan Municipal con aprobación definitiva el 30/07/1999

- Plan Municipal General con aprobación definitiva el 25/11/2014
- Plan Municipal General con aprobación inicial el 15/07/2019

Este TFM ha sido desarrollado a partir del PGM del año 2014 , el cual fue anulado en enero del 2018 por la Sala de lo Contencioso-Administrativo del Tribunal Superior de Justicia de Navarra. La sentencia se centra en que la Confederación Hidrológica del Ebro no emitió un informe previo a la aprobación provisional, y además, ese informe no cumple diferentes cuestiones técnicas en materia de recursos hídricos (Noticias de Navarra, 2018). Actualmente, en julio de 2019 (mientras se realizaba este trabajo), se ha vuelto a empezar el proceso para la aprobación definitiva del PGM, el cual un documento muy parecido al aprobado en 2014.

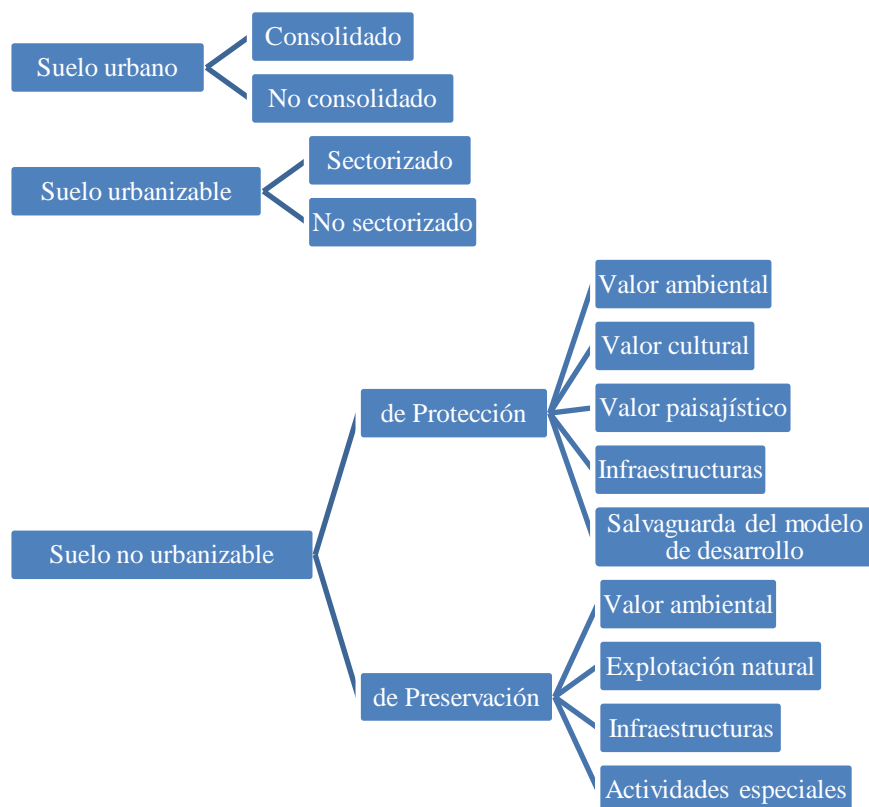
Por lo que respecta a los instrumentos de ordenación territorial, Beriáin se encuentra dentro del POT 3 Área Central, de manera que el urbanismo de este municipio se regirá por las directrices marcadas tanto por este instrumento, como por la ETN. Estos planes incorporan al municipio de Beriáin dentro del ámbito polinuclear central del Área metropolitana de Pamplona, donde se propone un desarrollo controlado del espacio urbano. Así mismo, estos planes también definen la citada Balsa de la Morea como espacio recreativo comarcal para todo el Área urbana de Pamplona y comarca (*Plan General Municipal de Beriain*, 2014).

Además, en la redacción del PGM también se tuvo en cuenta las Normas Urbanísticas Comarcales, aunque sin obligatoriedad, ya que en julio de 2011 fue sustituida por el POT 3 Área Central (Ídem, 2014).

Por otro lado, el PGM con el que se ha elaborado el trabajo es afectado por el PSIS Parque Fluvial-Comarca de Pamplona. Además, no hay que olvidar las numerosas leyes sectoriales que también tienen incidencia en este planeamiento, como pueden ser la Ley Foral 14/2005 del Patrimonio Cultural de Navarra, Ley 16/1985, de junio, de Patrimonio Histórico Español, Ley Foral 19/1997, de Vías pecuarias de Navarra, Real Decreto 849/1986 de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del dominio público hidráulico, etc.

Así pues, en consecuencia con el contexto jurídico y geográfico, PGM de Beriáin aprobado definitivamente en 2014 está basado en la Ley 35/2002, de 20 de diciembre, de Ordenación del Territorio y Urbanismo, y en el POT 3 Área Central. En la siguiente figura se puede observar los diferentes tipos de suelo que se han definido en este PGM en base al contexto en urbanismo y ordenación del territorio de Navarra y del propio municipio de Beriáin.

Figura 3: Clases, categorías y subcategorías del suelo definidas por el PGM



Dentro de las categorías del suelo urbano y urbanizable se pueden encontrar las unidades básicas definidas por el planeamiento¹, denominados ámbitos de gestión. Para el suelo no urbanizable, estas unidades básicas de planeamiento son denominadas sub-subcategorías.

4.3 Sistema de Información Urbanística de Navarra (SIUN)

El Sistema de Información Urbanística de Navarra (SIUN) nace en 1997 con la intención de proporcionar a los ciudadanos la información vectorial del planeamiento urbanístico y territorial. Este objetivo se fue disolviendo por las grandes dificultades encontradas en el camino, gran cantidad de instrumentos, abundantes modificaciones y mucha heterogeneidad terminológica y gráfica (cada equipo redactor elabora los instrumentos según su criterio (Atin, 2010).

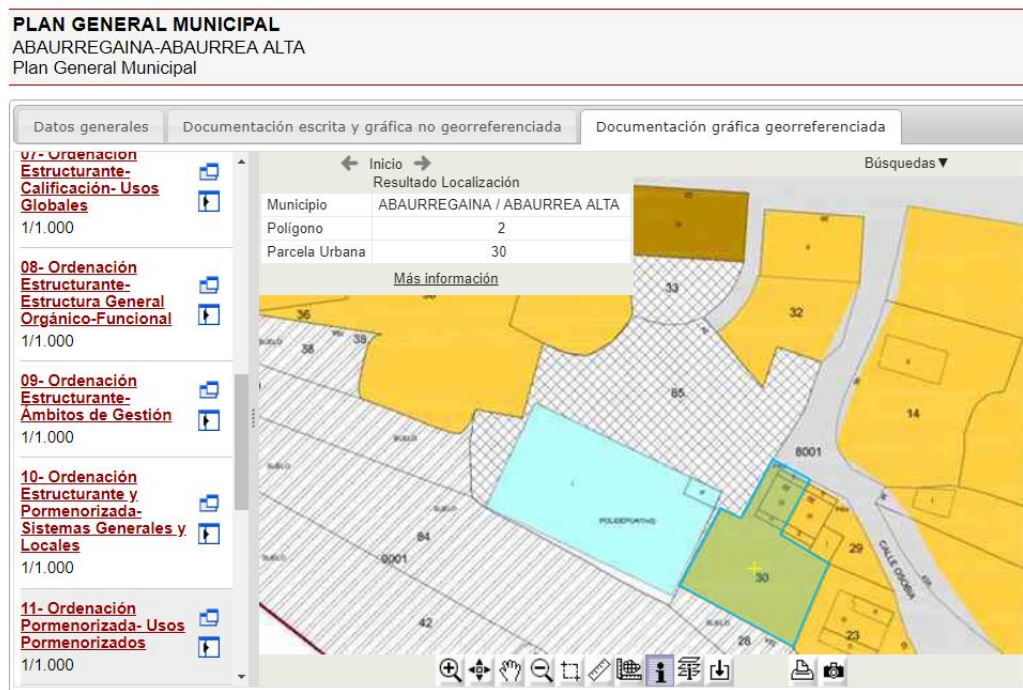
A día de hoy, la página web del SIUN se encuentra toda la documentación organizada y estructurada de los diferentes instrumentos de ordenación del territorio y urbanismo de Navarra. Así, la información gráfica se presenta a través de los documentos escaneados y georreferenciados.

Estos planos y mapas escaneados y georreferenciados se visualizan en un pequeño visualizador, donde pueden ser consultada información catastral. Es decir, cuando se pincha en uno de estos planos georreferenciados salta una pequeña ventana emergente que con información catastral y no urbanística como cabría de esperar en un visor de estas características. En la Figura 3 se puede observar dicho visualizador.

¹ Para este trabajo este concepto se refiere a la categoría urbanística de escala más detallada, donde se define la normativa pormenorizadamente.

Figura 4: Visualizador SIUN (Gobierno de Navarra, 2019)

Detalle del instrumento



Como se puede observar, este visualizador a día de hoy es deficitario en relación con las herramientas disponibles, ya que gracias a la información en formato SIG es posible la generación de aplicaciones web interactivas bastante mejor, donde la consulta de información gráfica y temática sea más accesible e intuitiva.

5. METODOLOGÍA

5.1. Material y fuentes

A partir de la información contenida en el PGM, el cual está formado por varios documentos, para la consecución de este trabajo se han utilizado dos, la memoria y la normativa. Estos dos documentos han sido suficientes para el desarrollo del trabajo y la consecución de los objetivos definidos anteriormente. Así, cabe destacar la importancia que han tenido las fichas donde se define la normativa de cada una de las unidades básicas de planeamiento. Estas fichas han sido incluidas en la aplicación web interactiva.

En cuanto a los materiales gráficos o cartográficos, han sido utilizados los archivos CAD en formato .dgn (formato nativo y propietario de MicroStation) con los que se realizaron los diferentes cartografías del PGM (total son 55 archivos .dgn), y también han sido de gran utilidad los diferentes planos propios del PGM (planos de categorización, determinaciones pormenorizadas, determinaciones estructurantes, entre otros.).

Por otro lado, también se han utilizado diferente información geográfica proveniente del Instituto Geográfico Nacional (IGN) o de la Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra (IDENA). La información geográfica utilizada se puede resumir en el siguiente listado:

- Modelo digital de elevaciones (IGN)
- Red hidrográfica (IDENA)
- Información catastral (IDENA)
- Red de carreteras (IDENA)

5.2. Herramientas utilizadas

Para la consecución de este trabajo han sido utilizadas diferentes herramientas y programas según las necesidades del proceso de trabajo. En primer lugar, se ha utilizado el *software* ArcMap de Esri (versión 10.5) para la conversión de los archivos CAD a *geodatabase*. La intención principal era usar exclusivamente software libre y se había contemplado la posibilidad de realizar este proceso a partir de ogr2ogr² pero debido a la versión del formato de los archivos .dgn no ha sido posible y tampoco se ha podido tener acceso al software MicroStation.

Posteriormente y como el principal software GIS de gran parte del trabajo ha sido utilizado QGIS (versión 3.6 Nossa), con esta herramienta se han llevado a cabo gran parte de los pasos que se detallan en los siguientes apartados.

La elección de QGIS para generar casi todo el proceso metodológico del trabajo ha sido por varias razones. En primer lugar, al ser un estudio de caso práctico y real, se ha intentado realizar el trabajo tal y como se realiza en el mundo laboral, ya que a través de este *software* libre se puede generar trabajos y proyectos SIG abaratando considerablemente el gasto, lo que hace que esta herramienta sea muy atractiva para pequeños estudios de arquitectos-urbanistas dedicados al planeamiento urbano.

Por otro lado, desde la administración de la Comunidad Foral de Navarra se está intentando migrar la información geográfica y los distintos software GIS a herramientas y formatos de código abierto, por lo que el software QGIS está siendo una herramienta fundamental por la administración foral (Alonso-Pastor, 2019).

Además, cabe destacar que este programa, al ser de código abierto va de la mano con lo mencionado anteriormente de la accesibilidad de los datos, ya que cuanto más privativas sean las herramientas y los formatos que se utilicen menos accesibilidad se ofrece sobre la información. Al hilo de esto, como se ha indicado en líneas anteriores, la información gráfica de este PGM está en formato .dgn, este es un formato propietario de MicroStation, por lo que es necesario un programa de pago el cual no estará al alcance de toda la ciudadanía, ni a nivel económico ni tecnológico.

Para la generación de la publicación on-line de la información urbanística del PGM, se han desarrollado dos herramientas; ya que como se detalla más adelante con una de ellas al final del proceso ha habido problemas técnicos que no se han podido solucionar.

Por un lado ha sido utilizada la herramienta API SITNA (versión 1.6), esta herramienta creada por el Gobierno de Navarra permite la visualización e interacción de información geográfica en la web. Se trata de una API desarrollada en lenguaje JavaScript basada en la librería OpenLayers, la cual permite incorporar información geográfica propia de IDENA-SITNA (Infraestructuras de Datos Espaciales de Navarra – Sistema de Información Territorial de Navarra) y también de otras fuentes (SITNA, 2018).

La elección de esta herramienta para la visualización de los datos on-line ha sido básicamente por la temática del trabajo, al ser el planeamiento urbano un tema ligado y promovido por la Administración Pública, se ha decidido usar una herramienta creada y usada por diferentes administraciones de la Comunidad Foral de Navarra. Además, esta herramienta tiene una licencia de uso BSD 2.0³ (muy poco restrictiva) y un manual de uso muy amplio.

Así, para servir los mapas en la API SITNA ha sido utilizado el servidor de mapas Geoserver (versión 2.15.2), esta aplicación web desarrollada en lenguaje Java y de código abierto permite a los usuarios ver, editar y consultar datos espaciales, lo que lo convierte en un gran aliado de la creación y generación de visores web (Geoserver, 2019).

Por otro lado, también ha sido utilizada Leaflet (versión 1.5.1), esta herramienta es una biblioteca JavaScript de código abierto para la generación de mapas interactivos en la web (Leaflet, 2019).

² Ogr2ogr es una herramienta de la biblioteca OGR/GDAL; esta biblioteca permite la lectura y escritura de formatos de datos espaciales.

³ https://es.wikipedia.org/wiki/Licencia_BSD

También cabe destacar el servidor utilizado para dar soporte a las aplicaciones web interactivas creadas en este trabajo. Este servidor no es más que un ordenador de sobremesa situado en el departamento de Geografía y Ordenación del Territorio del Campus San Francisco de Unizar, al cual se les ha instalado diferentes programas, por lo que no deja de ser un pequeño servidor de prueba. Este ordenador usa como sistema operativo GNU/Linux, concretamente la distribución Ubuntu (versión 14.04 LTS).

Para la generación del servidor, por una parte, se ha utilizado Apache Tomcat el cual posibilita que Geoserver corra como una Web App. Esta herramienta es un contenedor web desarrollada en lenguaje Java. También ha sido fundamental Apache, ya que este ha sido utilizado como servidor web; y es el que sirve las páginas donde se han desarrollado las cartografías web interactivas.

Tabla 3: Resumen de las herramientas utilizadas

Nombre	Versión	Url	Autoría
ArcMap	10.5	https://www.esri.es/	Esri
QGIS	3.6 Nossa	https://www.qgis.org/	QGIS Development Team
API SITNA	1.6.1	http://sitna.navarra.es/api/doc/	Gob. Navarra
Geoserver	2.15.2	http://geoserver.org/	OpenGeo, GeoSolutions, Refrations Research
Leaflet	1.5.1	https://leafletjs.com/	Vladimir Agafonkin (Autor original)
Apache	2.4.18	https://www.apache.org/	Apache Software Foundation
Apache Tomcat	8.0.32	http://tomcat.apache.org/	Apache Software Foundation
GRASS	7.6	https://grass.osgeo.org/	Grass Development Team

5.3. Proceso metodológico

El flujo de trabajo metodológico se ha desarrollado en tres apartados:

- En primer lugar se describe el proceso de conversión de los archivos CAD a SIG, donde se definirán todos los pasos llevados a cabo para la generación de información geográfica correcta (sin errores topológicos) y preparada para su explotación
- Seguidamente, también se describirán los pasos realizados para la generación del SIG urbanístico basado en la información y normativa definida en el PGM
- Por último, se desarrollará la fase para la generación de una aplicación web interactiva para la consulta del PGM.

Figura 5: Proceso metodológico.



5.3.1. Conversión de CAD a SIG

a) Conversión en bruto de los datos CAD a SIG

El primer paso ha sido guardar todos los archivos CAD en formato *geodatabase* y de esta manera se han obtenido 4 capas de información espacial por cada archivo *.dgn*; ya que en el GIS la información CAD se descompone en cuatro capas según la naturaleza de la información que representan en el plano (puntos, polígonos, líneas y anotaciones); por lo que una vez realizada la conversión se han obtenido un total de 220 capas dentro de la *geodatabase*. Esto es una gran cantidad de información por tanto, la precisa selección y depuración de los elementos adecuados ha sido larga y costosa.

b) Análisis de la información

Posteriormente se ha realizado un inventario de toda la información gráfica y se ha observado la cantidad de información duplicada, repetida e innecesaria (para este trabajo) que existía en los diferentes archivos; al fin y al cabo, cada archivo *.dgn* representa una cartografía diferente y en muchas se repiten diferentes objetos espaciales, por lo que la cantidad de elementos repetidos es muy abundante.

En este análisis preliminar se ha observado que las coordenadas de esta información son erróneas ya que no corresponden a la localización real. Esto ha implicado que en los siguientes pasos se haya realizado una corrección de georreferenciación de la información.

c) Extracción y corrección topológica de la unidad básica de planeamiento

Una vez que se ha examinado toda la información gráfica disponible, el siguiente paso ha sido la extracción de la unidad básica de planeamiento para la extensión total del municipio. En este trabajo la unidad básica de planeamiento se refiere a la categoría urbanística de escala más detallada, donde se define la normativa pormenorizadamente. Así, para el suelo no urbanizable, la unidad básica de planeamiento serán las sub-subcategorías del suelo; sin embargo, para el suelo urbano y urbanizable equivale a los ámbitos de gestión definidos en el plan y a los sistemas generales.

c.1) Suelo no urbanizable

Para la extracción de las sub-subcategorías del suelo no urbanizable ha sido utilizado el archivo⁴ que contiene la categorización del suelo no urbanizable, este archivo representa el plano de la catego-

⁴ rfx_categorizacion.dgn

rización del suelo no urbanizable (Anexo 1), por lo que es fundamental para la extracción de la unidad básica de planeamiento para este tipo de suelo.

Seguidamente, se ha iniciado el análisis exhaustivo de esta capa, y se ha podido observar que el campo *Layer* (este campo hace referencia a la estructura interna que tienen los CAD, en donde varios objetos se representan con la misma simbología) hace referencia a las sub-subcategoría. Así, esta capa contiene 3579 objetos y a través de una selección por expresión han sido seleccionados y exportados los objetos que en el campo *Layer* contienen el nombre de una sub-subcategoría.

Como se ha indicado anteriormente, el formato de los archivos una vez realizada la conversión fue *geodatabase* de ESRI, pero, una vez realizado este paso los resultados obtenidos de los diferentes procesos han sido guardados en formato *geopackage*. La elección de este tipo de formato ha sido por porque es un formato compacto, basado en estándares de la OGC e independiente de diferentes plataformas y aplicaciones. Además, este formato es capaz de almacenar datos de gran peso (hasta 140 TB) (MappingGIS, 2017).

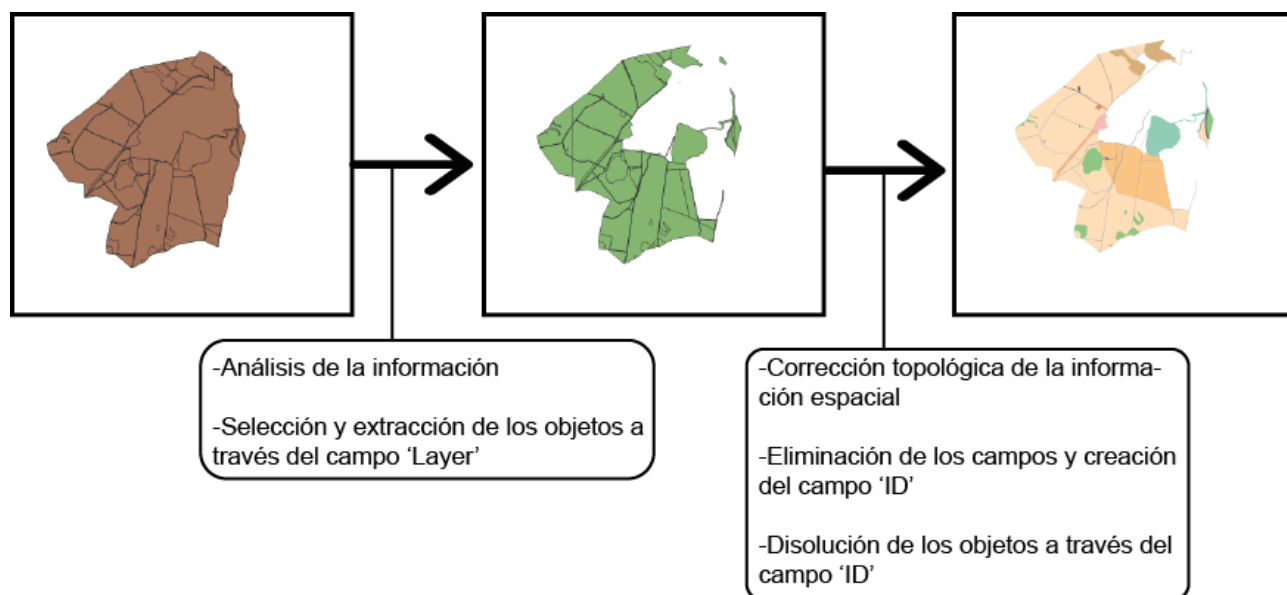
Una vez obtenido esta nueva capa se ha iniciado a depurar y corregir toda la información, ya que muchos elementos de esta capa asumen numerosos errores topológicos. Para ello, se ha utilizado la herramienta de comprobación topológica, con la cual se ha observado que hay numerosos errores de duplicación, superposición y geometrías no válidas; por ello el siguiente paso ha sido la corrección topológica de toda esta capa. Para este trabajo la corrección topológica ha consistido en conseguir unos objetos espaciales sin saltos, sin superposiciones y sin geometrías no válidas.

Este paso es de gran importancia ya que sin una buena corrección topológica no es posible que la parte espacial de los datos sea precisa. Una vez realizada esta corrección topológica será posible exportar estos datos al máximo a través de diferentes consultas y análisis espaciales.

Así pues, a través de numerosos procesos y gracias a la utilización de diferentes herramientas que ofrece QGIS ha sido posible obtener los polígonos sin ningún tipo de error topológico. En primer lugar se ha utilizado la herramienta *Fix Geometries*, con la cual se consigue que todos los objetos espaciales tengan geometrías válidas. En segundo lugar se ha utilizado la herramienta *Delete Duplicate Geometries* y así se ha conseguido que no haya objetos espaciales iguales duplicados. Por último, para la eliminación de superposiciones se ha utilizado la herramienta *v.clean* de GRASS.

Consecuentemente, a estos elementos se les ha asignado un nuevo campo, llamado 'ID' para que cada elemento obtuviera un atributo identificador de cada unidad básica de planeamiento que representa. Este código identificador empieza por los acrónimos SNU (Suelo No Urbanizable) y posteriormente se les ha asignado un número. Así, se ha obtenido códigos únicos por cada una de las sub-subcategoría, los cuales serán de gran utilidad en los próximos procesos. Posteriormente, se disolvió la capa resultante por el campo ID y se eliminaron todos los campos menos este; por lo que se obtuvo una nueva capa con tan solo 13 elementos y un solo campo.

Figura 6: Proceso metodológico con el suelo no urbanizable



El siguiente paso ha sido la revisión y verificación de la información obtenida con la del PGM, este paso se ha realizado a través de la interpretación y análisis de la memoria, normativa y cartografía del PGM. Así, se ha comprobado que falta alguna sub-subcategoría. Esta falta de algunos elementos ha sido básicamente porque tal y como se puede observar en el Anexo 1, estas sub-subcategorías están dibujadas a partir de líneas, por lo que para la extracción de estos elementos se debe utilizar la capa de líneas que ofrece el archivo correspondiente.

Sub-subcategorías que se deben extraer a partir de las líneas han sido las siguientes:

- Yacimiento arqueológico y su área de protección
- Entorno fluvial
- Entorno del Bien de Interés Cultural
- Reserva para cañada
- Reserva para RV1
- Reserva para Tren de Alta Velocidad

Así, para la incorporación de estos elementos, se han transformado las líneas en polígonos y posteriormente se han corregido topológicamente igual que el proceso anterior. Después, se han disuelto los objetos a partir del campo *Layer* y se les ha asignado un código identificatorio a cada uno de las sub-subcategorías.

Además cabe destacar una particularidad de estas sub-subcategorías, ya que por su propia naturaleza actúan como condicionantes superpuestos; es decir, estas categorías adquieren su propia normativa urbanística pero respetan las sub-subcategorías donde se asientan, por eso, se ha decidido que este tipo de suelos se guardarán como una capa distinta, ya que su naturaleza así lo requiere.

c.2.) Suelo urbano y urbanizable

Las unidades básicas de planeamiento del suelo urbano y urbanizable están definidas en el plano de determinación pormenorizada (Anexo 2), ya que en estos documentos definen gráficamente cada uno de los ámbitos de gestión. Así, como se puede observar en la Anexo 2, en estos planos se definen por colores los diferentes usos pormenorizados, y los ámbitos de gestión están definidos a través de las etiquetas.

Por ello, para este paso se han utilizado tanto la capa de polígonos como la de *annotation* (esta capa corresponde a las etiquetas utilizadas en el plano CAD, y es de naturaleza puntual). Con la prime-

ra se ha extraído el componente espacial de cada ámbito de gestión y con el segundo el componente temático (el nombre de cada ámbito de gestión).

El primer paso para la obtención de los diferentes ámbitos de gestión ha sido la incorporación del archivo⁵ donde se definen las determinaciones pormenorizadas del PGM, y se ha examinado toda la información contenida en este archivo. Así, a través del campo *Layer* se han seleccionado todos los objetos que no fueran ni suelo no urbanizable, ni sistemas generales ni el término general, es decir, solamente han sido seleccionados los ámbitos de gestión del suelo urbano y urbanizable.

Una vez seleccionados, ha sido preciso desarrollar el proceso realizado anteriormente para la depuración y corrección de errores; es decir, se han corregido geometrías, se han eliminado objetos duplicados y se han corregido las pequeñas superposiciones entre objetos a través de las herramientas *Fix Geometries*, *Delete Duplicate Geometries* y *V.clean* de GRASS. Una vez realizado este proceso ya se han obtenido unos objetos espaciales topológicamente correctos para su explotación; pero falta añadirles a cada objeto el ámbito de gestión al que corresponde.

Posteriormente, han sido seleccionados los diferentes objetos puntuales correspondientes a las etiquetas de los ámbitos de gestión. Para ello se ha utilizado otro archivo⁶ que contiene las etiquetas de los planos de determinación pormenorizada (Anexo 2). Estas etiquetas se encuentran en la capa *annotation* y son de naturaleza puntual

Con la obtención de estas dos capas una con información gráfica y otra con información temática, se han unido los diferentes atributos a través de la localización. Para ello se ha utilizado la herramienta unir atributos por localización, y así se ha conseguido que los polígonos tengan como atributo el nombre de cada ámbito de gestión.

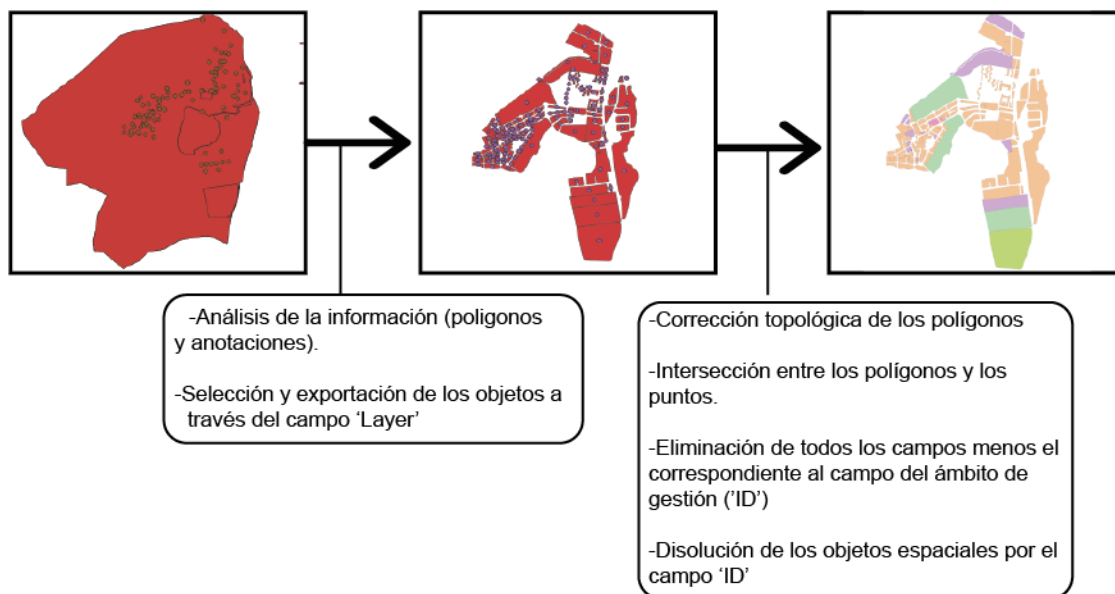
Una vez generado este paso se ha llevado a cabo un proceso de validación y comprobación, y se ha observado que alguna unión no se ha llevado a cabo, ya que ha habido algún objeto gráfico que se ha perdido en el proceso de corrección topológica o porque la unión de atributos por localización no ha sido generada correctamente. Por ello, la revisión y corrección manual también ha sido de gran importancia, para conseguir unos datos perfectamente válidos.

Para finalizar el proceso de los ámbitos de gestión del suelo urbano y urbanizable, se ha eliminado todos los campos de la tabla de atributos menos el campo correspondiente a cada ámbito de gestión; ya que este será el identificador de cada uno de los polígonos. Además se han disuelto los diferentes objetos espaciales dependiendo del campo identificador, así estos objetos se han transformado de mono-parte a multiparte; es decir, cada ámbito de gestión corresponderá a un solo objeto, el cual puede estar dividido en varias partes.

⁵ T00_gestion_manchas

⁶ T00_gestion.dgn

Figura 7: Proceso metodológico para los ámbitos de gestión del suelo urbano y urbanizable.



Por otro lado, se han extraído los sistemas generales definidos en el plan, para ello también ha sido utilizado el archivo correspondiente; en donde, como en el caso anterior se ha seleccionado por expresión los objetos correspondientes a los diferentes sistemas generales a través del campo *Layer*. Así, una vez seleccionados estos objetos han sido exportados y corregidos topológicamente con las herramientas que también fueron utilizadas en los procesos anteriores. Posteriormente, también se les ha asignado un identificador el cual corresponde al tipo de sistema general (zona verde, dotacional local, equipamiento público, equipamiento privado, etc.).

Una vez realizado todos los procesos; en donde la extracción de la unidad básica de planeamiento se ha llevado a cabo en tres pasos diferentes y en consecuencia, se han obtenido tres capas de información diferente (suelo no urbanizable, ámbitos de gestión del suelo urbano y urbanizable y sistemas generales), se han unido las tres capas y se ha obtenido la unidad básica de planeamiento para la totalidad del municipio; sin ningún tipo de error topológico entre los objetos.

d) Georreferenciación de la información.

El siguiente paso ha sido corregir las coordenadas de los datos. Para ello se han comparado dos polígonos del municipio de Berriáin; uno de ellos ha sido el municipio extraído por los archivos CAD (coordenadas incorrectas) y otro ha sido extraído desde SITNA (coordenadas correctas). Esta comparación se ha realizado sobre la proyección UTM, datum ETRS89, Huso 30 norte (EPSG 25830) y también con la misma proyección pero con el datum ED50, Huso 30 norte (EPSG 23030) y con las dos la información de coordenadas eran errónea.

Así, se han extraído los puntos X e Y de los centroides de estos dos objetos y se han comparado la diferencia que estos dos objetos tenían (con la proyección ETRS89 y en metros). Se ha comprobado que los archivos CAD estaban desplazados 106,71 metros desplazados hacia el este; y 3999790,599 metros hacia el sur. Por ello, el siguiente paso ha sido desplazar la capa de las unidades básicas de planeamiento a la ubicación correcta, para ello se han movido los objetos según el desplazamiento calculado tanto en X como en Y.

Una vez finalizado este proceso se puede afirmar que estos objetos están listos para continuar el proceso de trabajo; tanto para el SIG urbanístico como para el visor web. A partir del código que se les ha impuesto será posible construir diferentes relaciones temáticas para la generación del SIG urbanístico.

5.3.2. Generación del SIG urbanístico de escritorio

Para la generación del SIG urbanístico del PGM de Beriáin se han necesitado tres elementos; por un lado, los objetos espaciales generados en la fase anterior (éstos están listos para su explotación); por otro las tablas con la información sobre la normativa definida en el plan y por último un administrador de bases de datos, con el cual realizar las consultas; para este trabajo se ha utilizado usado *BD Manager* incluido en QGIS.

Así, en cuanto a las tablas con información temática del PGM, se han generado 2 tablas y cada una de ellas está compuesta por diferentes campos, pero todas tienen incorporadas el campo denominado ID, el cual será el campo que conecte las diferentes tablas con los objetos espaciales.

En una tabla se ha añadido información relevante al suelo no urbanizable; en la otra información sobre el suelo urbano y urbanizable. Como es de esperar no se ha podido añadir toda la normativa definida en el PGM, ya que por cuestiones de tiempo esto excede el ámbito de este trabajo; por lo que se han seleccionado los atributos más importantes para poder realizar esta herramienta.

En la siguiente figura se puede observar los diferentes campos incluidos en cada una de las tablas:

Figura 8: Información contenida en el SIG urbanístico.

Capa con la información espacial	Tabla suelo no urbanizable	Tabla de suelo urbano y urbanizable
<ul style="list-style-type: none">• ID• Superficie (m²)	<ul style="list-style-type: none">• ID• Clase• Categoría• Sub-categoría• Normativa definida por el PGM (si/no)	<ul style="list-style-type: none">• ID• Clase• Categoría• Tipo de ámbito de gestión• Ámbito de gestión• Uso global• Uso pormenorizado• Uso principal• Uso permitido• Usos prohibidos• Alturas de edificación

5.3.3. Metodología para la explotación del SIG urbanístico de escritorio

Para la demostración de la capacidad que puede tener esta herramienta se han llevado a cabo a modo de ejemplo dos consultas, un análisis espacial y tres cartografías. Así en este apartado se detallarán los pasos seguidos para la obtención de estos pequeños resultados.

Para las consultas se ha utilizado el administrador de bases de datos incorporado por QGIS, y a través de lenguaje SQL se han generado las siguientes consultas. La primera consulta tenía como objetivo calcular la superficie total que ocupan las áreas de reparto, para ello se ha realizado la siguiente sentencia en el *BD Manager*:

```
select SUM(i.Superficie)
from ID_espacial i JOIN urbano_urbanizable u ON(i.ID=u.ID)
where u.Tipo_ambito_gestion='AR'
```

La segunda consulta ha tratado de averiguar qué sub-subcategorías del suelo no urbanizable están reguladas por normativa y leyes sectoriales. Para ello se ha generado la siguiente consulta, y se le ha

indicado al BD Manager que generara una nueva capa con los objetos espaciales y todos los atributos resultantes de la consulta.

```
select *
from ID_espacial i JOIN no_urbanizable n ON(i.ID=n.ID)
where n.Normativa_PGM='no'
```

En tercer lugar se ha generado un pequeño análisis con la información urbanística e información de las pendientes. El objetivo de este análisis es saber que sub-subcategorías de suelo no urbanizable asumen mayores pendientes. Para ello ha sido utilizado el modelo digital de elevaciones proporcionado por el IGN, y con esta información se ha calculado la capa de las pendientes. Posteriormente a través de la herramienta *zonal statistics* se ha incorporado a los objetos espaciales un nuevo atributo, el de la pendiente media para cada sub-subcategoría. Una vez realizado este paso, a través de la siguiente sentencia se ha generado una tabla con las sub-subsubcategorías del suelo no urbanizable y la pendiente media que asumen cada una de ellas.

```
select n.sub_subcategoria, i._mean
from ID_espacial i JOIN no_urbanizable n ON(i.ID=n.ID)
where i.ID like 'SNU%'
order by i._mean desc
```

Por último, también se ha generado tres cartografías simulando los propios planos del PGM. Para ello además de la información urbanística se ha utilizado otras capas de información, como la red hidrográfica, modelo de sombras (generado a partir del MDT), parcelario catastral y red hidrográfica. Estas cartografías han sido diseñadas para su lectura en papel (formato A3).

5.3.3. Generación de cartografía interactiva en Internet.

a) Elaboración de las capas de información

El primer paso para la generación de la aplicación web interactiva para la consulta de información urbanística, ha sido la elaboración de ocho capas sintéticas con los aspectos más relevantes del PGM. Así, todas las capas excepto la de Sectores-Ámbito espacial han sido extraídas a partir del SIG urbanístico generado en el paso anterior. Una vez elaboradas todas las capas se ha introducido dentro de cada objeto información básica y relevante del PGM.

Como se detalla en el apartado de conclusiones, esta fase del trabajo se puede realizar de diferentes formas; aquí se ha realizado a través de la generación de 8 capas ya que esta herramienta es una sencilla aproximación para demostrar el potencial de los SIG en materia de visualización de la información geográfica.

Una vez generadas las ocho capas sintéticas con la información del PGM se ha iniciado la fase de la creación de la aplicación web interactiva, la cual posibilita la publicación e interacción online de la información del PGM. Como bien se ha indicado anteriormente, para la creación de esta aplicación se han utilizado dos herramientas, API SITNA, y Leaflet.

A su vez, se han generado hojas HTML de cada una de las fichas donde se define la normativa; para que el usuario desde el visor pueda consultar minuciosamente la normativa definida para cada unidad básica de planeamiento.

Figura 9: Atributos de cada capa de información sintética

<p>Municipio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre • Ámbito POT • Instrumento • Ley • Fecha de aprobación 	<p>Sectores-Ámbitos espaciales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sector-Ámbito espacial • Condiciones de ordenación estructurante • Superficie (ha) 	<p>Clasificación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clase • Comentario / definición • Superficie (ha) 	<p>Categorización</p> <ul style="list-style-type: none"> • Categoría • Comentario / definición • Superficie (ha)
<p>Suelo no urbanizable (normativa)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Categoría • Subcategoría • Sub-subcategoría • Definición • Normativa (ficha) • Normativa complementaria • Comentario • Superficie (m²) • ID 	<p>Condicionantes del suelo no urbanizable</p> <ul style="list-style-type: none"> • Categoría • Subcategoría • Definición • Normativa • Normativa complementaria • Comentario • Superficie (m²) 	<p>Suelo urbano y urbanizable</p> <ul style="list-style-type: none"> • Categoría • Tipo de ámbito de gestión • Ámbito de gestión • Normativa • Superficie (m²) • ID 	<p>Sistemas generales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de sistema general • Superficie (m²) • ID

b) Instalación de Geoserver.

Antes de iniciar el trabajo con las herramientas para la creación de la aplicación web interactiva, se ha procedido a la instalación de Geoserver, el cual tendrá como función servir las cartografías online a la API SITNA a través de servicios WMS. Para ello, el primer paso ha sido la instalación de las herramientas Apache y Apache Tomcat, las cuales permiten correr en Internet diferentes aplicaciones web basadas en JAVA como Geoserver (en el Anexo 3 se detalla los comandos a ejecutar para la instalación de Apache Tomcat y Geoserver como *Web App*). Posteriormente, se ha instalado Geoserver dentro de este servidor.

c) Implementación web del API SITNA

Esta API JavaScript diseñada por el Gobierno de Navarra no tiene implementada la capacidad de colorear objetos vectoriales según cada propiedad de cada elemento de la capa, por lo que para visualización de mapas temáticos en Internet es necesario servir la cartografía a través de servicios de WMS. Para ello el primer paso ha sido la generación de los estilos por cada una de las capas, para posteriormente guardar estos estilos con formato SLD (acrónimo en inglés de *Styled Layer Descriptor*); este formato es un esquema en XML para definir la simbologías de las capas (en el Anexo 4 se puede encontrar un ejemplo del estilo SLD para la capa de Municipio). A través de este formato Geoserver simboliza la información geográfica y así es posible servir cartografía temática.

Una vez obtenidos los estilos definidos, se han creado las diferentes cartografías a través de Geoserver. Posteriormente, a través código JavaScript y HTML se han cargado las diferentes cartografías generadas a partir de Geoserver en la API SITNA (en el Anexo 5 se puede un ejemplo sencillo de carga de capas en API SITNA con servicio WMS). Así, para la generación de un adecuado visor a las necesidades de este trabajo no ha sido necesario incluir herramientas o funcionalidades especiales, ya que la API SITNA carga por defecto 8 funcionalidades distintas (información de sistema de referencia, barra de zoom, pestaña de herramientas, pestaña de leyenda, atribución del mapa, control *Google*

Street view y espacio de visualización del mapa (SITNA, 2018)), las cuales dan como resultado una publicación web de la información geográfica muy vistosa.

Desafortunadamente, por limitaciones ajenas al alcance de este trabajo no ha sido posible llevarlo a cabo. En consecuencia, se ha decidido crear otro visor web a partir de Leaflet.

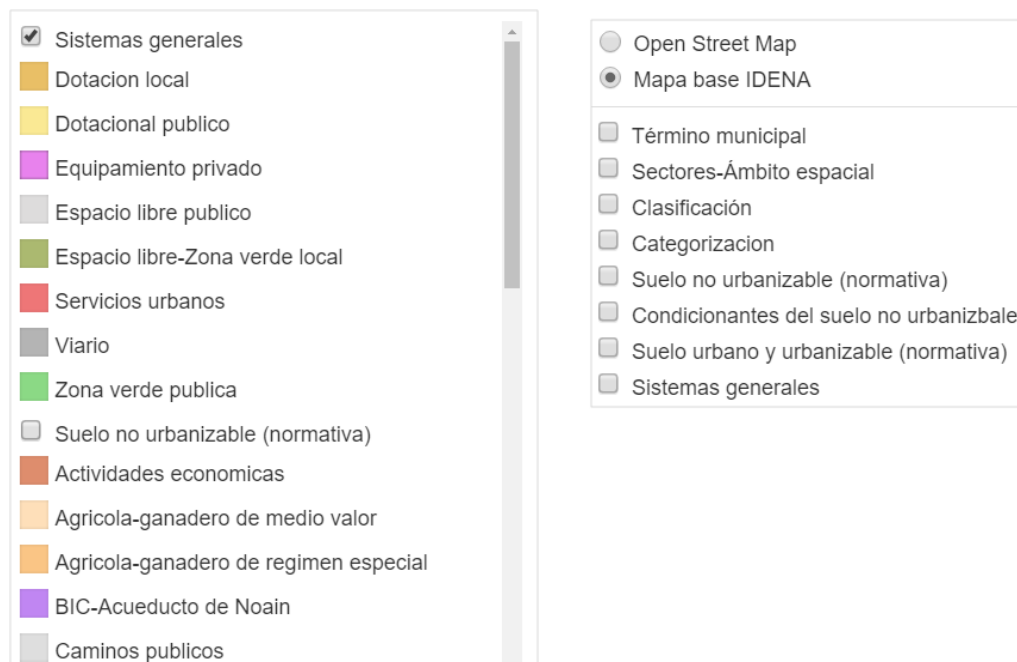
d) Implementación web de Leaflet.

Para el desarrollo de este paso se tomó como base la salida generada por el *plugin qgis2web* de QGIS y posteriormente se ha modificado el código para añadir diferentes funcionalidades las cuales generan una aplicación web interactiva adecuada a la temática del trabajo. En este proceso la información geográfica ha sido cargada a partir de archivos GeoJSON, ya que Leaflet sí que tiene incorporado la opción de colorear objetos vectoriales según la propiedad de cada uno (los GeoJSON son archivos que contienen objetos geográficos vectoriales junto con diferentes atributos temáticos). Una vez obtenido el visor generado por *qgis2web*, se han incorporado varias funcionalidades y también se ha modificado el código para generar un visor adecuado al contexto del trabajo.

En primer lugar se ha modificado el código generado por el *plugin* utilizado para centrar la imagen inicial al municipio de Beriáin. Para ello, se ha indicado la coordenadas x e y del centro del municipio y también se ha definido el de zoom de partida.

Por otro lado se ha modificado el control de las capas, ya que por defecto el *plugin* incorpora junto a este control la leyenda de cada capa, pero para este visor web se ha querido diferenciar la leyenda del control de capas, por ello se ha modificado el código para obtener el control de capas tal y como se puede observar en la Figura 10. Además, como se puede observar en la figura han sido introducidas dos capas base, la mapa base de IDENA y el de OpenStreetMap.

Figura 10: Modificación del elemento de control de capas.



En relación con el paso anterior, se ha incorporado una leyenda para cada capa. Esta leyenda aparece activa una vez activada cada una de las capas. Este paso ha sido posible gracias a la incorporación del *plugin L.Control.HtmlLegend*.

También ha sido incorporado un pequeño mapa de situación en el que se observa a escala menor donde se encuentra la vista principal. Esta funcionalidad se ha incorporado a través del *plugin Leaflet.MiniMap*.

Además, ha sido incorporado un pequeño botón con el escudo del municipio de Beriáin, y a través de esta funcionalidad es posible acceder a la web del ayuntamiento. Esta funcionalidad ha sido incor-

porada al mapa porque la temática del trabajo así lo requería, para ello ha sido utilizado el plugin *leaflet-control-credits*.

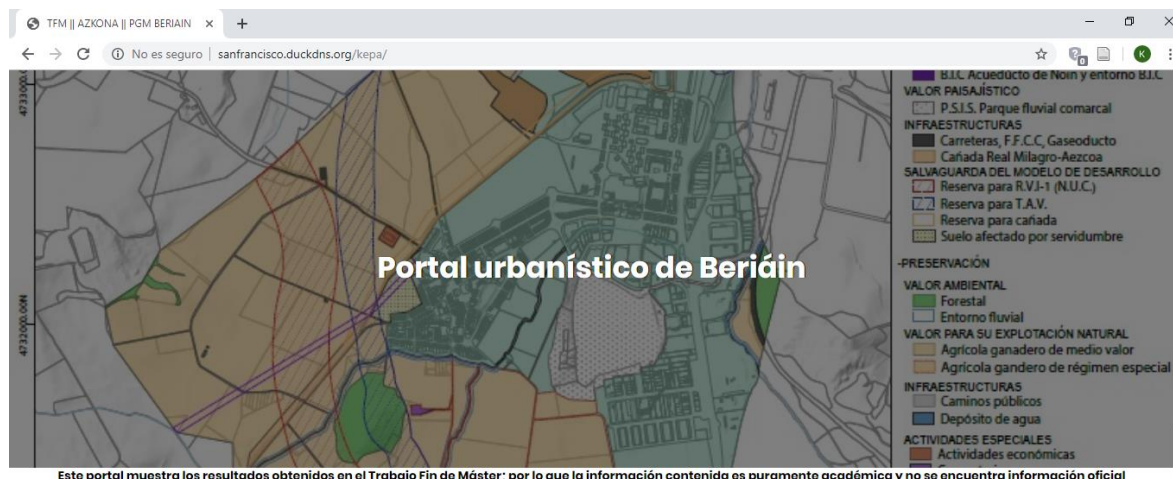
Por último, también ha sido incorporada una pequeña ventana emergente inicial, la cual da la bienvenida y una pequeña descripción de la aplicación. Esta funcionalidad ha sido incorporada a través del *plugin L.Control.Window*.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de todo este proceso de trabajo han sido dos prototipos de herramientas con las que se demuestra el gran potencial que tienen los Sistemas de Información Geográfica en el planeamiento urbanístico: Por un lado, el SIG urbanístico de escritorio con el cual se han creado diferentes consultas, análisis y cartografía; y por otro lado, las dos aplicaciones webs interactivas para la consulta de la información urbanística.

Como se detalla más adelante estas aplicaciones tienen limitaciones ya que debido a la falta de tiempo de desarrollo no ha sido posible generar estas herramientas de una manera óptima. Pese a esto, estas aplicaciones ponen de manifiesto el valor añadido que generan los SIG en el planeamiento urbanístico, por lo que el objetivo principal de este trabajo ha sido alcanzado.

Todas estas herramientas están disponibles en la página web de este Trabajo Fin de Máster⁷, a través de esta página web se puede visitar las dos aplicaciones web interactivas y también es posible la descarga de la herramienta del SIG urbanístico de escritorio y de la cartografía en PDF. Con esta página web se ha recreado lo que podría ser el portal urbanístico del ayuntamiento de Beriáin, en donde es posible acceder al material generado en este trabajo académico.



HERRAMIENTAS CREADAS EN EL TFM



Figura 11: Página web del portal urbanístico del PGM de Beriáin

Este portal está compuesto por cuatro pequeños apartados los cuales enlazan con las distintas herramientas generadas en este TFM. Por un lado las dos primeras ventanas transportan al usuario a las aplicaciones web interactivas creadas a partir de la API SITNA y de Leaflet. Por otro lado, el tercer apartado permite la descarga del SIG urbanístico de escritorio, y el último permite la descarga de la cartografía generada en este TFM en formato PDF.

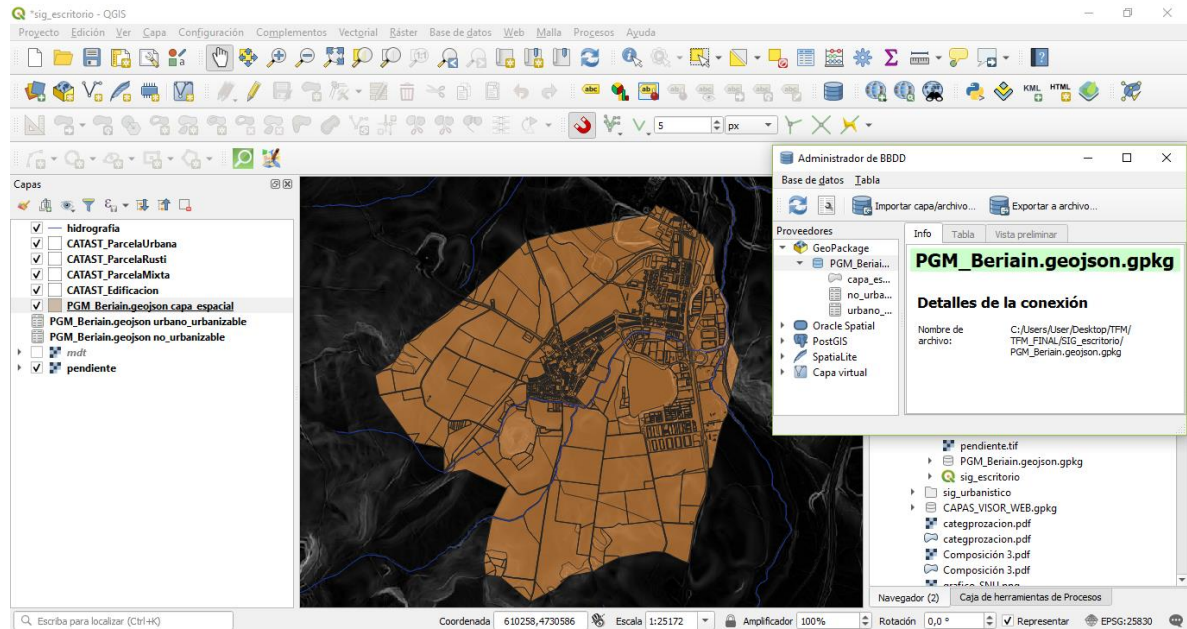
Esta página web está servida a través del pequeño servidor ubicado en el campus San Francisco de la Universidad de Zaragoza.

⁷ <http://sanfrancisco.duckdns.org/kepa>

6.1. SIG urbanístico

Esta herramienta consiste en un proyecto de QGIS con la cual es posible generar una mejor gestión de la información urbanística. Así, este proyecto tiene cargado en su interior la información que ha sido generada en este trabajo, es decir, la información espacial y las diferentes tablas temáticas. Además, será posible añadir cualquier capa que el usuario precise necesaria para generar diferentes análisis o cartografía. En la Figura 12 se puede apreciar la interfaz gráfica que presenta.

Figura 12: Interfaz gráfica del SIG urbanístico de escritorio



Esta herramienta está disponible para la descarga⁸ de todo aquel que lo desee. En la carpeta compartida se encuentra tanto el proyecto de QGIS como la diferente información espacial y temática necesaria en formato *geopackage*. Además se ha añadido diferente información que puede ser útil para el usuario de esta aplicación, donde se encuentra información catastral (edificación y parcela urbana, mixta y rústica), red hidrográfica, MDT y pendientes. Pero además de estas capas, el usuario puede incorporar la información que más necesite.

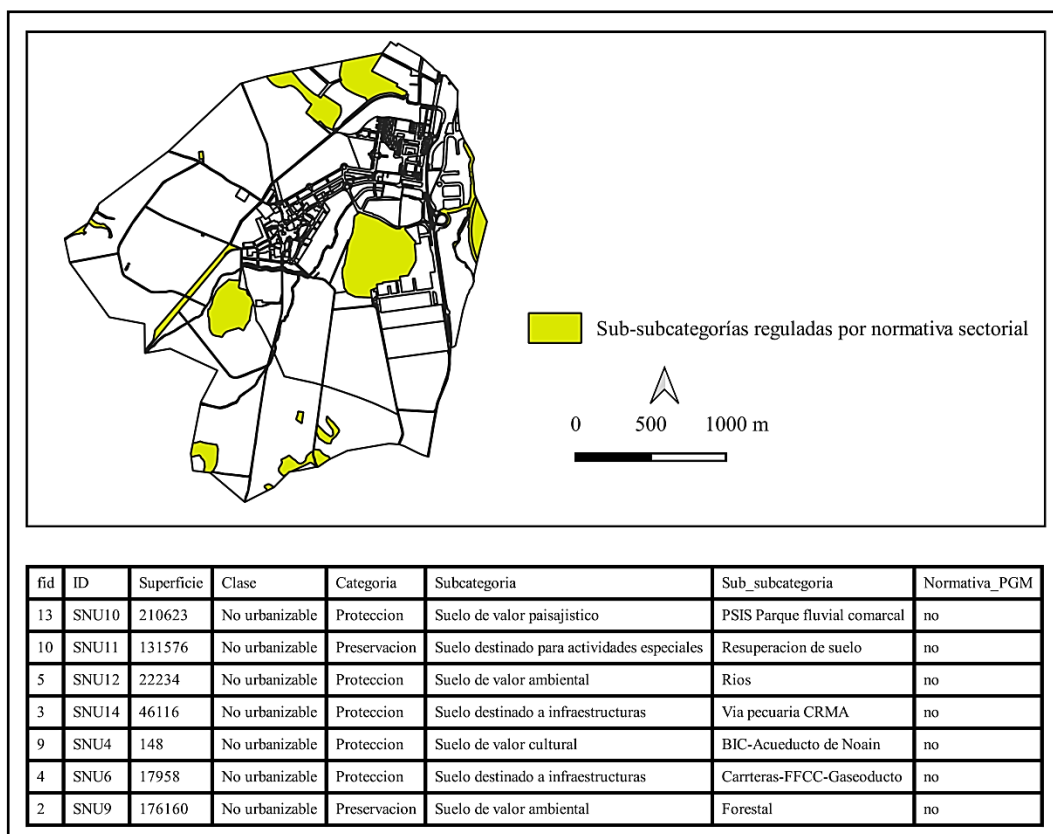
Así, como se ha indicado anteriormente, a través de la creación de este sistema de información es posible la generación de diferentes consultas, análisis y cartografía de una manera sencilla y rápida. Para la demostración de este potencial se han generado diferentes ejemplos.

La primera consulta tiene como objetivo calcular la superficie total que tienen las áreas de reparto; así, se ha calculado que el PGM define 254572 m² de áreas de reparto.

Con la segunda consulta se ha generado una nueva capa espacial con la cual es posible ver de una manera rápida cuales son y donde se encuentran las sub-subcategorías del suelo no urbanizable que no están reguladas por el propio PGM. Como se puede observar en la Figura 13, a través de esta consulta se ha podido generar esta sencilla cartografía de una manera fácil, sencilla y rápida.

⁸http://sanfrancisco.duckdns.org/kepa/others_html/sig/index.html

Figura 13: Sub-subcategorías con normativa definida en planes o leyes sectoriales.



Al igual que esta consulta es posible generar todas las que el propio usuario crea conveniente; como se ha indicado más arriba, éstas solo son dos consultas para demostrar el potencial que tienen las herramientas SIG en el planeamiento urbano.

Por otro lado, como se ha dicho anteriormente, es posible cruzar la información urbanística con cualquier otro tipo de información. Para la demostración de esto se ha realizado un análisis espacial muy interesante, con el cual se ha calculado la pendiente media del suelo no urbanizable por cada sub-subcategoría. El resultado de este análisis ha sido la Tabla 4, donde se puede observar la pendiente media que asume cada una de las sub-subcategorías.

Tabla 4: Pendiente media por sub-subcategorías del suelo no urbanizable

Sub-subcategoría	Pendiente media (°)
Forestal	12,94
BIC-Acueducto de Noáin	5,71
Depósito de agua	5,63
Carreteras-FFCC-Gaseoducto	5,48
Vía pecuaria CRMA	5,12
Agrícola ganadero de medio valor	5,09
Cementerio	4,75
Recuperación de suelo	4,50
Camino público	3,66
PSIS Parque fluvial comarcal	3,55
Actividades económicas	3,29
Agrícola ganadero de régimen especial	3,26
Suelo afectado por servidumbre	2,64
Ríos	2,25

A través de esta tabla se puede ver como la sub-subcategoría forestal asume una pendiente considerable (en torno al 13°) lo que es algo bastante común por la propia naturaleza de esta sub-subcategoría. Sin embargo las demás no asumen mucha pendiente lo que indica que en general el municipio se encuentra dentro de una zona sin grandes dificultades orográficas.

Todas estas consultas y análisis son pequeños ejemplos para poner en relieve el gran valor añadido que generan los SIG en la gestión y análisis de la información urbanística frente a los CAD. Este tipo de consultas pueden ser realmente interesantes para la generación de indicadores urbanísticos y territoriales, ya que de una manera rápida es posible generar cálculos espaciales interesantes para la gestión municipal. Esto es un gran valor añadido que tienen los SIG ya que con los CAD no es posible generar estas consultas y análisis.

Por otro lado, a través de este SIG es posible generar cartografía de una manera fácil, por lo que para la actualización cartográfica esta herramienta puede ser muy eficaz. Esto es de gran relevancia en el ámbito del planeamiento urbano ya que las modificaciones, recalificaciones o demás cambios en el planeamiento son muy frecuentes. Así, a modo de ejemplo a través de esta herramienta se ha creado tres cartografías sobre la información del PGM⁹ (Anexo 6, 7 y 8).

Para ello se ha imitado la simbología de la cartografía del PGM y como se puede observar en los Anexos, las cartografías generadas en este trabajo son muy parecidas a las del PGM. Con esto se demuestra que los SIG son tan eficaces como los CAD para la generación de cartografía urbanística en formato papel.

Así pues, este SIG urbanístico de escritorio puede ser desarrollado mucho más ya que no se ha incorporado toda la información del PGM; por ello la incorporación de más tablas con diferente información será clave para la óptima explotación de esta herramienta. Además, puede ser muy interesante poder incorporar información del propio ayuntamiento como pueden ser, entre otros, información demográfica, gestión de residuos, red de abastecimiento o accesibilidad.

Este paso sería realmente atractivo ya que hace que el SIG se convierta en una herramienta totalmente transversal y se puedan generar consultas y análisis aún más relevantes; lo cual convierte al SIG en una herramienta para la toma de decisiones.

Para concluir, cabe destacar el ahorro en materia de memoria digital que supone el uso de esta herramienta, ya que es posible almacenar toda la información en un solo archivo compacto como el *geopackage*; por lo que el ahorro en *bytes* es trascendente. En este caso, el *geopackage* donde se incluye tanto la información espacial como temática alcanza un tamaño de 892 KB.

6.2. Aplicación web interactiva

Este apartado se desarrolla en dos partes ya que en este trabajo se han generado dos aplicaciones web interactivas para la consulta de la información urbanística, uno a partir de la API SITNA y otro desde Leaflet. El visor creado a partir de la herramienta del Gobierno de Navarra era la primera opción a desarrollar en este trabajo, ya que por la temática del TFM encaja perfectamente. Además, esta herramienta presenta por defecto numerosos controles y funcionalidades, por lo que no necesita demasiadas incorporaciones ni complementos especiales.

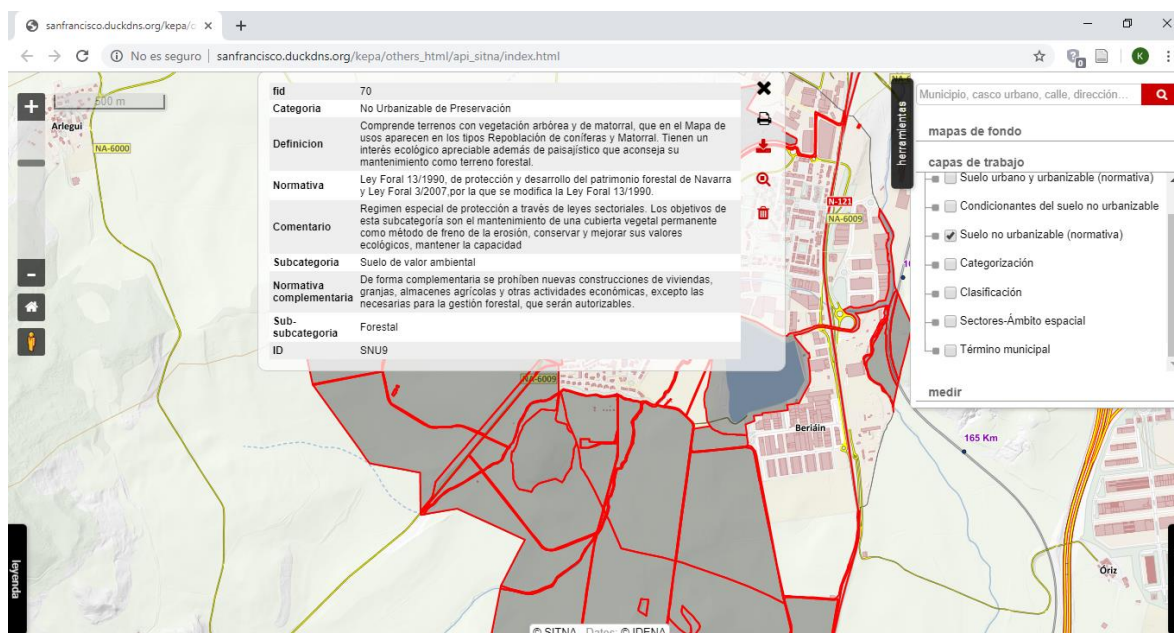
Una vez cargados toda la cartografía a través de Geoserver e incorporado todo al servidor web se originó un error del proxy entre los servidores. Este error ha sido irreparable por cuestiones técnicas y de tiempo.

Así, para poder observar la interfaz gráfica que contiene la API SITNA se ha generado un visor con las diferentes capas en formato GeoJSON; pero sin la simbología para cada categoría, ya que como se ha indicado anteriormente esta herramienta no tiene incorporada la funcionalidad de generar mapas temáticos a partir de archivos vectoriales.

⁹ http://sanfrancisco.duckdns.org/kepa/others_html/carto/index.html

El visor web¹⁰ creado por esta herramienta, solo permite la visualización de los mapas base y las capas con la información urbanística se encuentran coloreadas tal y como vienen por defecto, en gris. Como se puede observar en la Figura 14 esta herramienta es un visualizador de información geográfica con una interfaz gráfica muy atractiva, el cual podría haber contenido la aplicación web interactiva que se propone en este trabajo.

Figura 14: Visor web a partir de API SITNA



El error comentado anteriormente no ha permitido la generación de una aplicación web interactiva para la consulta de la información urbanística a la altura de las expectativas; puesto que no se puede realizar una lectura fácil y sencilla de la información. Por ello, sería primordial poder arreglar el error producido por el *proxi* para poder servir la información a través de servicios WMS a partir de Geoserver.

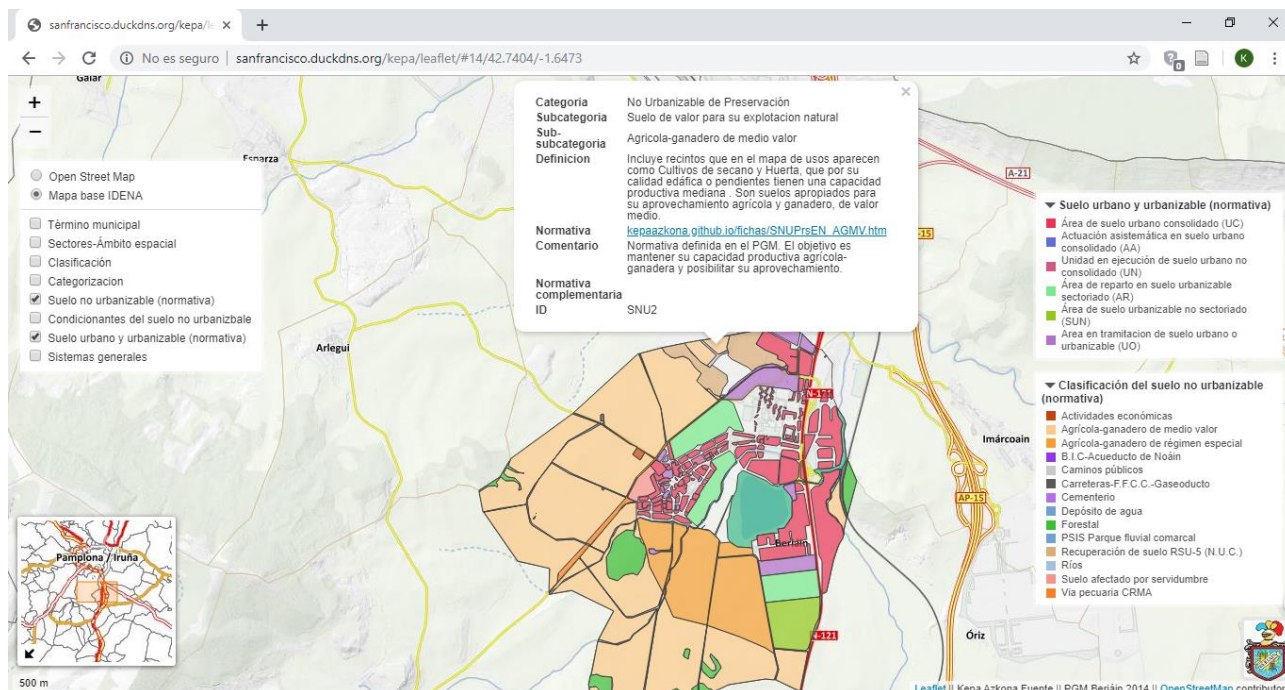
En consecuencia de este problema, se ha generado un visor web a partir de Leaflet, donde en este caso sí que es posible la interacción web con la información del PGM de Beráin¹¹. Lo primero que aparece en esta aplicación es una pequeña ventana emergente la cual da la bienvenida a la aplicación y explica brevemente esta herramienta.

Así, en este visor se encuentran todas las capas de información desactivadas, y es el propio usuario el que tiene que activarlas para poder visualizar e interactuar con la información. Una de las interacciones incorporadas a esta aplicación es el realce que adoptan los objetos espaciales cuando el ratón se sobrepone encima de ellos. Otra interacción muy interesante es la posibilidad de consultar diferente información urbanística relevante del PGM, ya que pinchando en cada objeto espacial se extiende una ventana emergente donde aparecen los atributos de cada objeto.

¹⁰ http://sanfrancisco.duckdns.org/kepa/others_html/api_sitna/index.html

¹¹ http://sanfrancisco.duckdns.org/kepa/others_html/leaflet/index.html

Figura 15: Visor web a partir de Leaflet



Con la creación de esta aplicación web interactiva queda demostrado las ventajas que suponen los SIG en la publicación y visualización de la información urbanística. Esto es un gran valor añadido que tienen los SIG frente a los CAD, ya que con herramientas de dibujo asistido no es posible la generación de estos visores web para consulta en Internet del planeamiento urbano.

Así pues, si comparamos la aplicación web interactiva creada en este TFM con el visualizador del Servicio de Información Urbanística de Navarra, las diferencias son enormes; y claramente la herramienta creada en este trabajo es mucho más ventajosa para todas las partes implicadas en el planeamiento urbano.

Para la Administración local este tipo de herramientas pueden ser realmente interesantes; puesto que aumenta la accesibilidad y transparencia; lo cual es fundamental en el ámbito de planeamiento urbano. Para la ciudadanía la posibilidad de poder consultar información del planeamiento urbano en la web, y poder interactuar con ella, también es muy interesante; ya que permite de una manera rápida y sencilla consultar información urbanística a todos los ciudadanos; sin ningún tipo de requisito, ni económico ni tecnológico; solamente con acceso a internet. Así, queda demostrado que para la consulta de información urbana en la web los SIG son ser un gran aliado.

7. CONCLUSIONES

A través de este trabajo queda demostrado el gran valor añadido que supone el uso de los SIG en la gestión, publicación y visualización de la información urbanística. Así pues, se puede afirmar que el objetivo del trabajo ha sido cumplido ya que se ha dado una respuesta total al mismo.

Por un lado, el SIG urbanístico de escritorio permite a la administración local una rápida y fácil gestión y actualización de la información urbanística. Por otro, la visualización e interacción con la información espacial y temática vía Internet ayudará a la accesibilidad de este tipo de información.

Así, gracias a estas herramientas se ha podido evidenciar las diferencias de los resultados derivados de los CAD en comparación a los productos generados a partir de herramientas SIG. Por un lado, las cartografías generadas con los programas de diseño asistido pueden ser replicadas igual a través de los Sistemas de Información Geográfica.

Pero, además, del aporte en materia cartográfica, los SIG elevan la información urbanística a un nivel superior, a través de la posibilidad de mejorar la gestión y actualización de la información y tam-

bién, puesto que son fundamentales para la generación de aplicaciones web interactivas donde la consulta de información espacial sea mucho más fácil y accesible.

8. LINEAS A FUTURO

Como bien se ha comentado, estas herramientas no dejan de ser prototipos desarrollados en un breve espacio de tiempo para demostrar las potencialidades de los GIS de forma práctica. Así, si se quisiera desarrollar y completar al 100% estas herramientas se han definido unas líneas a futuro las cuales podrían servir de guía para el desarrollo de estas herramientas

En cuanto al SIG urbanístico cabe destacar que la información incorporada a este sistema ha sido la más básica del planeamiento ya que la incorporación de numerosas tablas relacionales para la óptima explotación de la información excedería el trabajo a realizar en este TFM.

Por ello, para que este sistema de información fuera perfectamente funcional y se pudiera explotar al máximo, sería necesaria la generación de numerosas tablas relacionales, donde estuviera contenido todo o gran parte del PGM. Por otra parte, en una herramienta como esta, además de la información urbanística puede tener cabida diferentes capas de información (por ejemplo información catastral, riesgos naturales, información censal entre otras); por lo que se aconseja que el usuario incorpore toda información que crea conveniente.

Respecto a la aplicación web interactiva creada a partir de Leaflet, en líneas generales puede ser una herramienta muy interesante; pero tiene muchas mejoras que hacer; por ejemplo implementarlo a través de Geoserver y servicio WMS, generar una interfaz más atractiva o añadirle más información (tanto espacial como temática). También de cara al futuro sería muy interesante arreglar el error de proxy y generar esta aplicación web interactiva a través de la API SITNA.

9. BIBLIOGRAFÍA

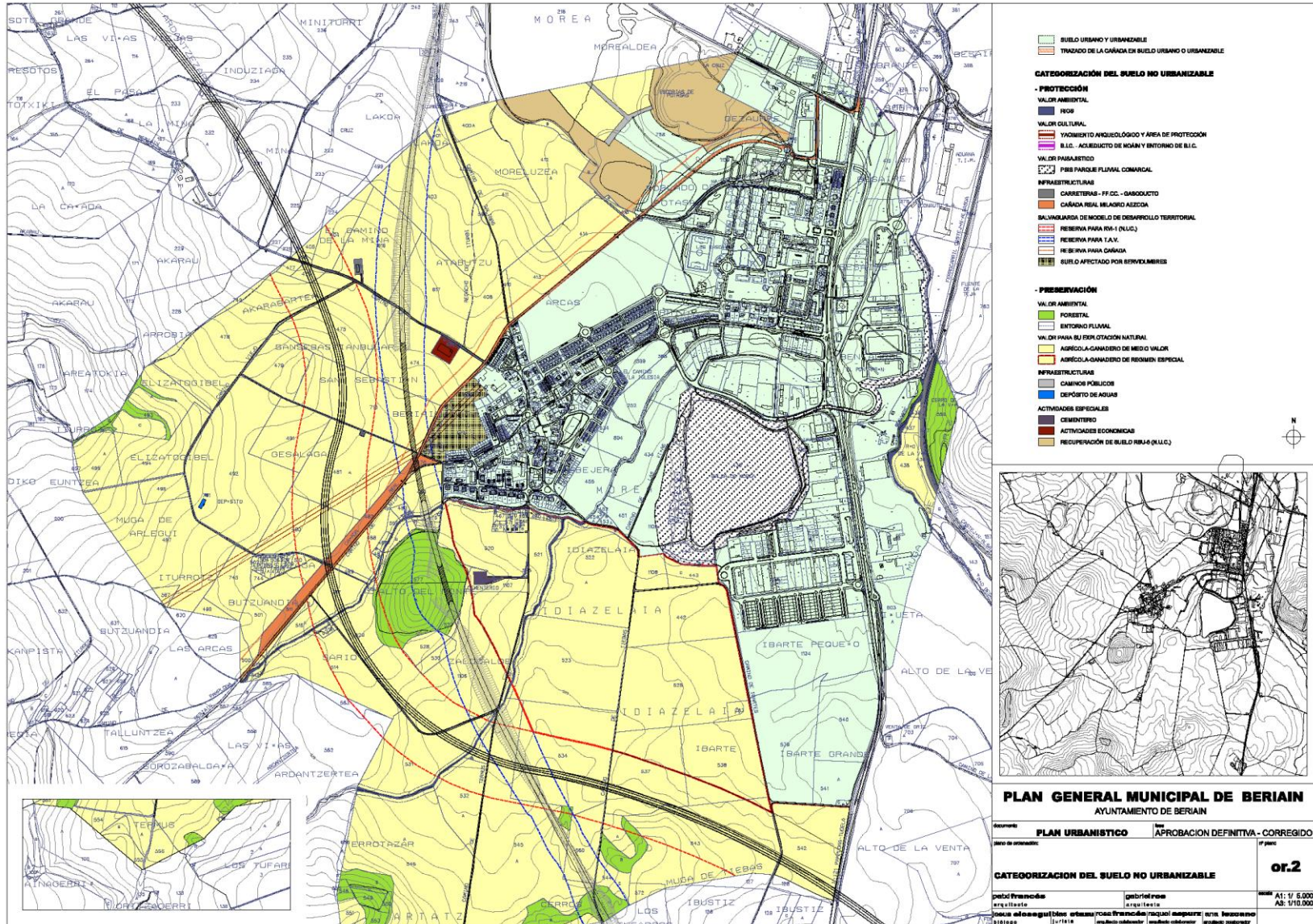
- Alli Aranguren, J.C., (2004):** Los Instrumentos de Ordenación Territorial en la Comunidad Foral de Navarra
- Atin, A.B., (2010):** El sistema de información territorial y urbanística de Navarra (SIUN). *Mapping* N° 144, pp. 53–55.
- AUTOCAD, (2019):** "Spatial Manager™ - Spatial Manager™ for AutoCAD. Consultado el 10 de julio de " <http://www.spatialmanager.com/spm-forautocad/>
- Bugs, G., Granell, C., Fonts, O., Huerta, J., Painho, M., (2010):** An assessment of Public Participation GIS and Web 2.0 technologies in urban planning practice in Canela, Brazil. *Cities* N° 27, pp 172–181.
- Comunidad Foral de Navarra, (1982):** Ley orgánica 13/1982, de 10 de agosto, de reintegración y mejoramiento del Régimen Foral de Navarra. Boletín Oficial de Navarra, 3 de septiembre de 1982.
- Comunidad Foral de Navarra, (2002):** Ley Foral 35/2002, de 20 de diciembre, de Ordenación del Territorio y Urbanismo. Boletín Oficial de Navarra N° 156 de 27 de diciembre de 2002.
- Comunidad Foral de Navarra, (2017):** Decreto Foral Legislativo 1/2017, de 26 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Foral de Ordenación del Territorio y Urbanismo. Boletín Oficial de Navarra N.º 168 de 31 de agosto de 2017.
- Cowen, D.J., (1988):** GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences?. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, Vol. 54, N°. 11, pp. 1551-1555.
- Garcia Almirall, P., Valls Dalmau, F., Moix, M., Centre de Política de Sòl i Valoracions, (2011):** SIG en la gestión de la información urbanística en el ámbito local. CPSV, Barcelona.
- GeoServer, (2019):** About-Geoserver. Consultado el 28 de agosto de 2019 de <http://geoserver.org/about/>
- Gobierno de Navarra, (2019):** "SIUN". Consultado el 8 de junio de 2017 de http://www.navarra.es/home_es/Temas/Territorio/Urbanismo/SIUN/
- MappingGis, (2017):** GeoPackage para novatos: ventajas y uso en ArcGIS, QGIS, GeoServer y Leaflet - MappingGIS. Consultado el 9 de julio de 2019 de <https://mappinggis.com/2017/06/geopackage-para-novatos-uso-en-arcgis-qgis-publicacion-en-geoserver/>.
- Leaflet, (2019):** An open-source JavaScript library for interactive maps. Consultado el 27 de agosto de 2019 de <https://leafletjs.com/>
- Longley, P., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, D.W., (2015):** Geographic information science & systems, 4ª edición. ed. Wiley, , Nueva Jersey
- Noguera, J.E., (2011):** La ordenación urbanística: conceptos, instrumentos y prácticas. Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica.

- Noticias de Navarra, (2018):** "Anulado el Plan General Municipal de Beriáin, que preveía 750 viviendas y la Morea como área recreativa". Consultado el 8 de junio de 2019 en <https://www.noticiasdenavarra.com/2018/01/23/vecinos/cuenca-de-pamplona/el-tsjn-anula-el-plan-general-municipal-de-beraiain-que-preveia-750-viviendas-y-la-morea-como-area-recreativa>.
- Olaya, V., (2014):** Sistemas de información geográfica. Un libro libre de Víctor Olaya. Obtenido de: <http://volaya.github.io/librosig/chapters>
- Peña, P., Miguel, J., (2012):** Recursos de acceso abierto en el marco de la sociedad del conocimiento: hacia la democratización de información. *Rev. Doc.* 5, 56–64.
- Beriáin (2014):** Plan General Municipal de Beriain, 2014. Documento no público
- Pueyo Campos, A., (1991):** El sistema de información geográfica: un instrumento para la planificación y gestión urbana. *Geographicalia* N° 28 pp. 175–192.
- Rodríguez Lloret, J., Olivella Gonzalez, R., (2009):** Introducción a los sistemas de información geográfica, septiembre 2009.
- Rodríguez, W., Rodríguez, J.C.H., (2000):** Sistemas de Información Geográfica. Dpto Geofísica ISPJAE.
- SITNA, (2018):** API SITNA V. 1.5.1. Manual técnico de uso. Gobierno de Navarra

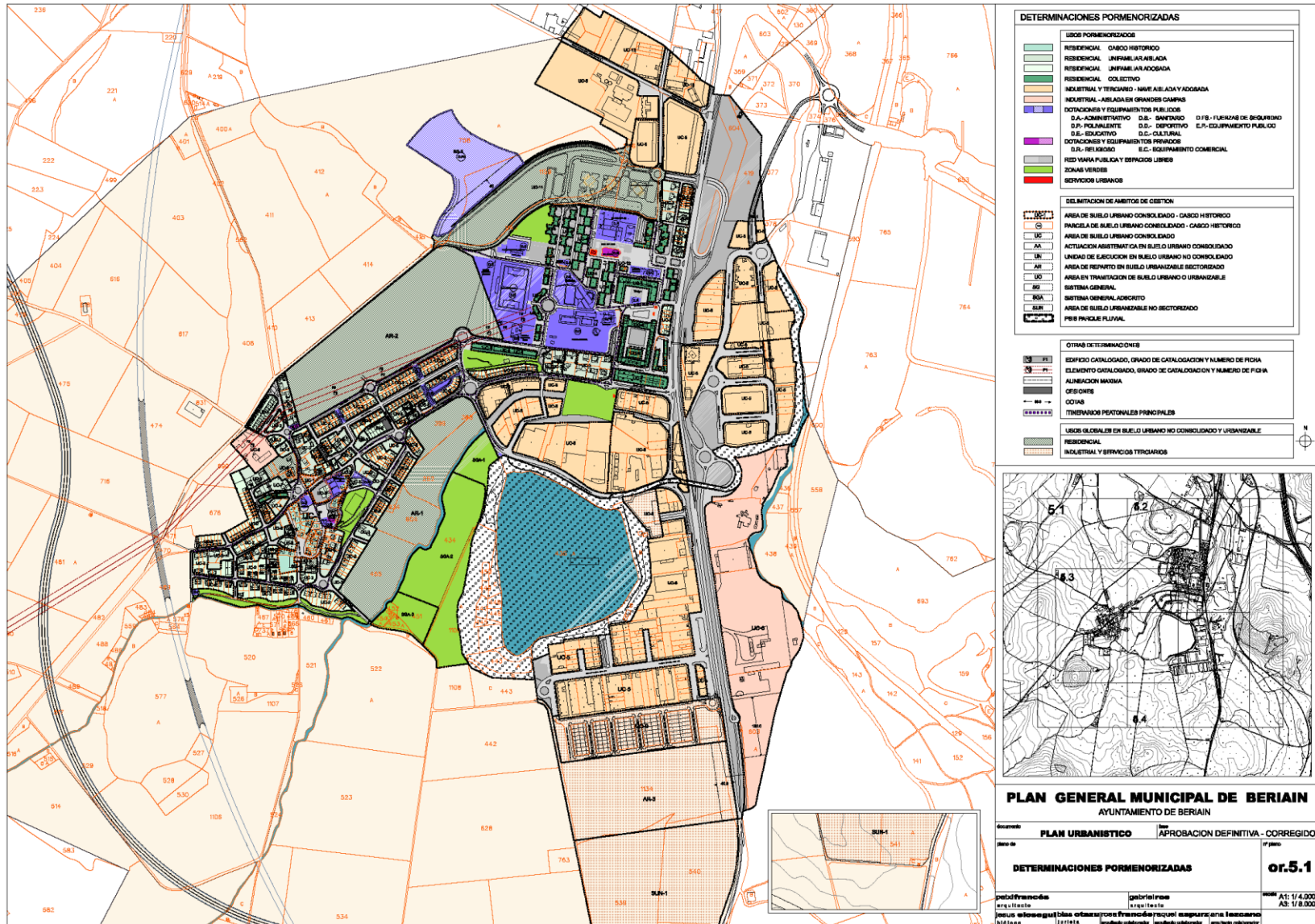
10. ANEXOS

- Anexo 1: Cartografía del PGM: Categorización del suelo no urbanizable
- Anexo 2: Cartografía del PGM: Determinaciones pormenorizadas
- Anexo 3: Comandos a ejecutar para la instalación de Apache Tomcat en Linux.
- Anexo 4: Archivo SLD para el estilo de la capa de Municipio espacial
- Anexo 5: Insertar servicio WMS en API SITNA
- Anexo 6: Cartografía generada con SIG: Sectores-Ámbitos espaciales
- Anexo 7: Cartografía generada con SIG: Ámbitos de gestión y sistemas generales
- Anexo 8: Cartografía generada con SIG: Categorización del suelo no urbanizable

Anexo 1 : Cartografía original del PGM: Categorización del suelo no urbanizable



Anexo 2: Cartografía original del PGM: Determinaciones pormenorizadas



Anexo 3: Comandos a ejecutar para la instalación de Apache Tomcat en Linux.

```
# instalar [apache2] y tomcat8
sudo apt install tomcat8

# descargar y descomprimir webapp de geoserver

wget
http://sourceforge.net/projects/geoserver/files/GeoServer/2.15.2/geose
rver-2.15.2-war.zip -o geoserver.war.zip

unzip geoserver.war.zip

# para servicio de tomcat
sudo service tomcat8 stop

# mover webapp de geoserver a su lugar
sudo mv geoserver.war /var/lib/tomcat8/webapps

# poner en funcionamiento geoserver de nuevo

sudo service tomcat8 start
```

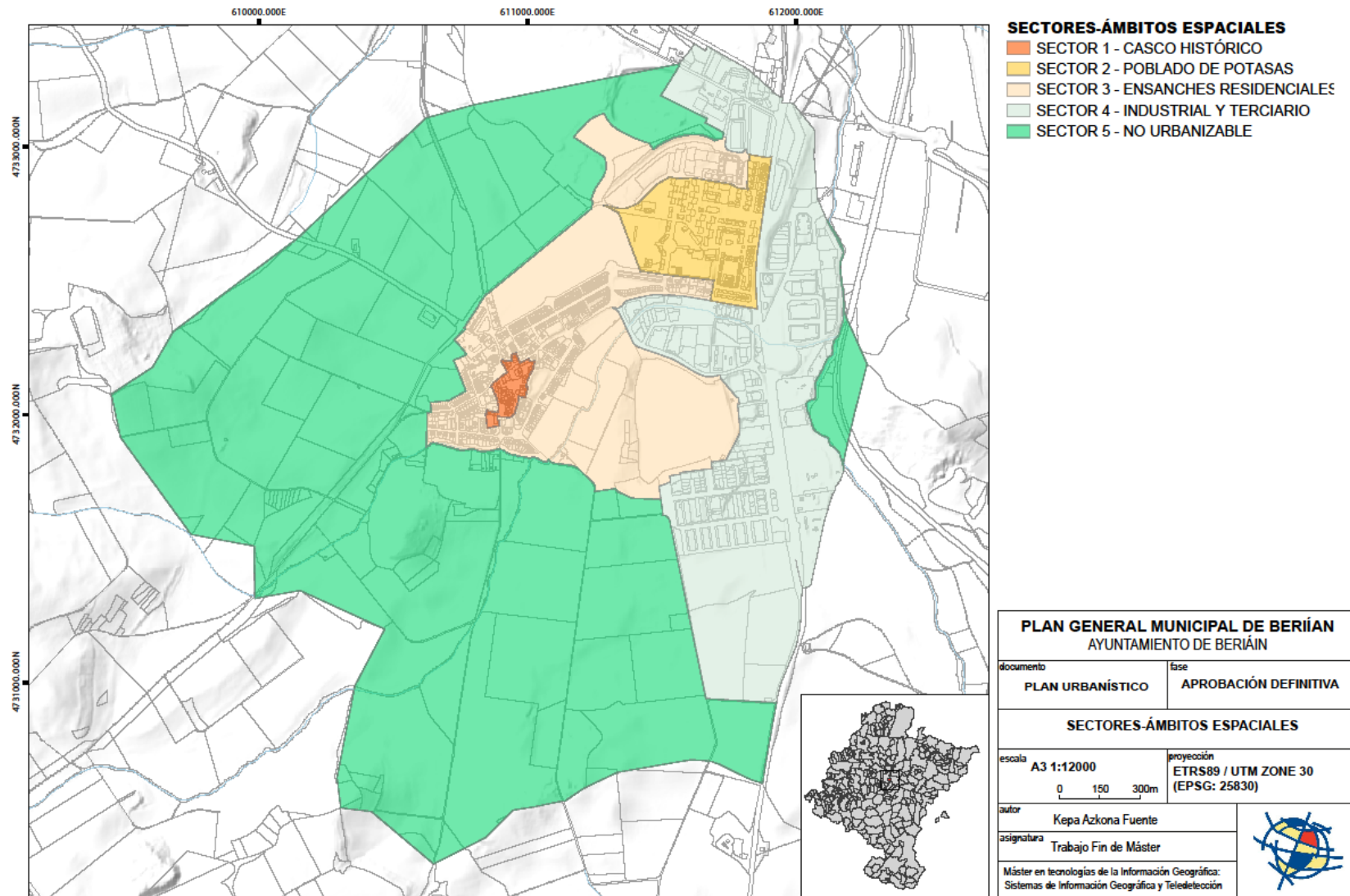
Anexo 4: Archivo SLD para el estilo de la capa de Municipio espacial

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
xmlns:se="http://www.opengis.net/se" version="1.1.0"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld
http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <NamedLayer>
    <se:Name>mapping_web municipio</se:Name>
    <UserStyle>
      <se:Name>mapping_web municipio</se:Name>
      <se:FeatureTypeStyle>
        <se:Rule>
          <se:Name>Single symbol</se:Name>
          <se:PolygonSymbolizer>
            <se:Fill>
              <se:SvgParameter name="fill">#85b66f</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="fill-opacity">0</se:SvgParameter>
            </se:Fill>
            <se:Stroke>
              <se:SvgParameter name="stroke">#060606</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-width">2</se:SvgParameter>
              <se:SvgParameter name="stroke-
linejoin">bevel</se:SvgParameter>
            </se:Stroke>
          </se:PolygonSymbolizer>
        </se:Rule>
      </se:FeatureTypeStyle>
    </UserStyle>
  </NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>
```

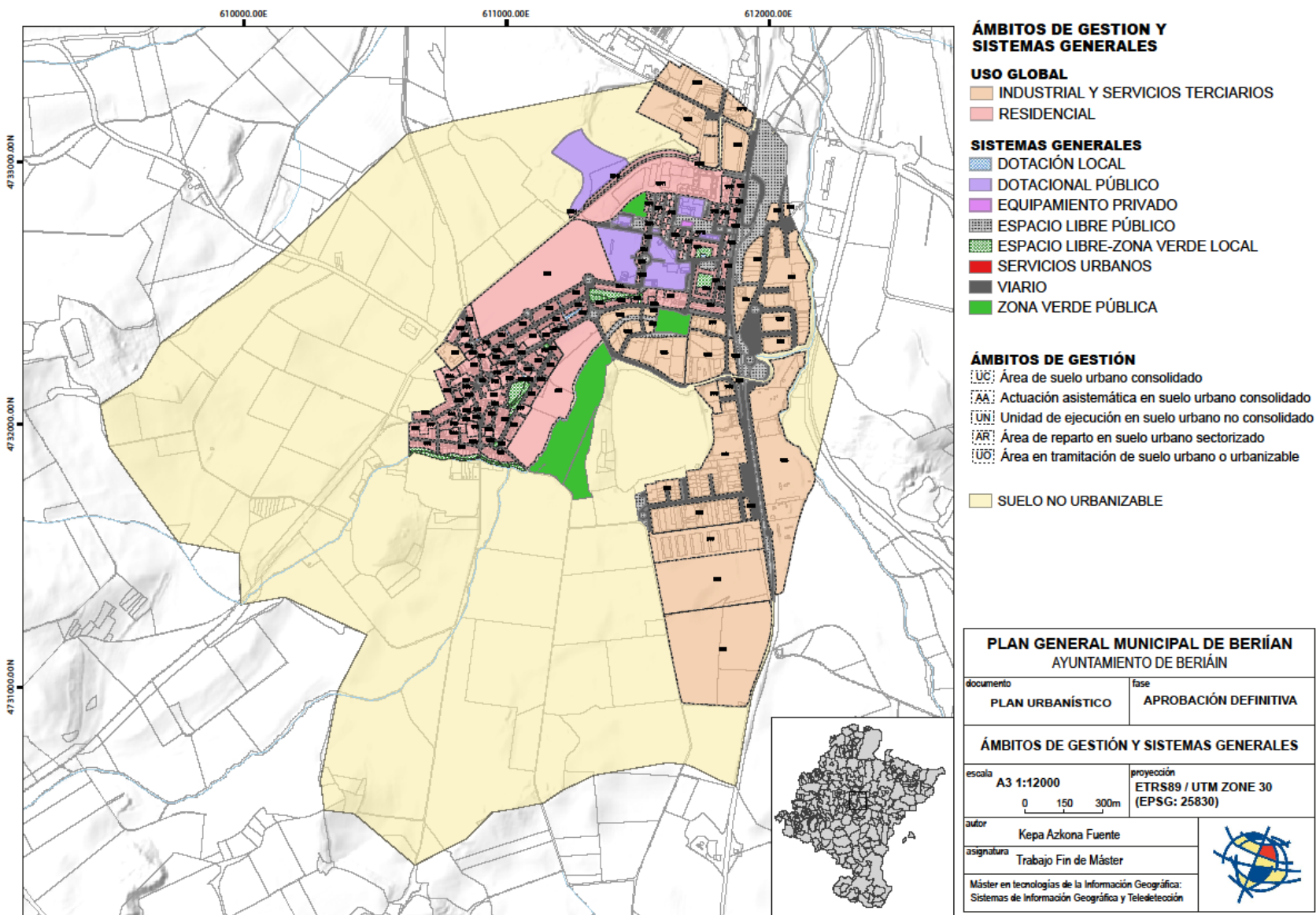
Anexo 5: Insertar servicio WMS en API SITNA

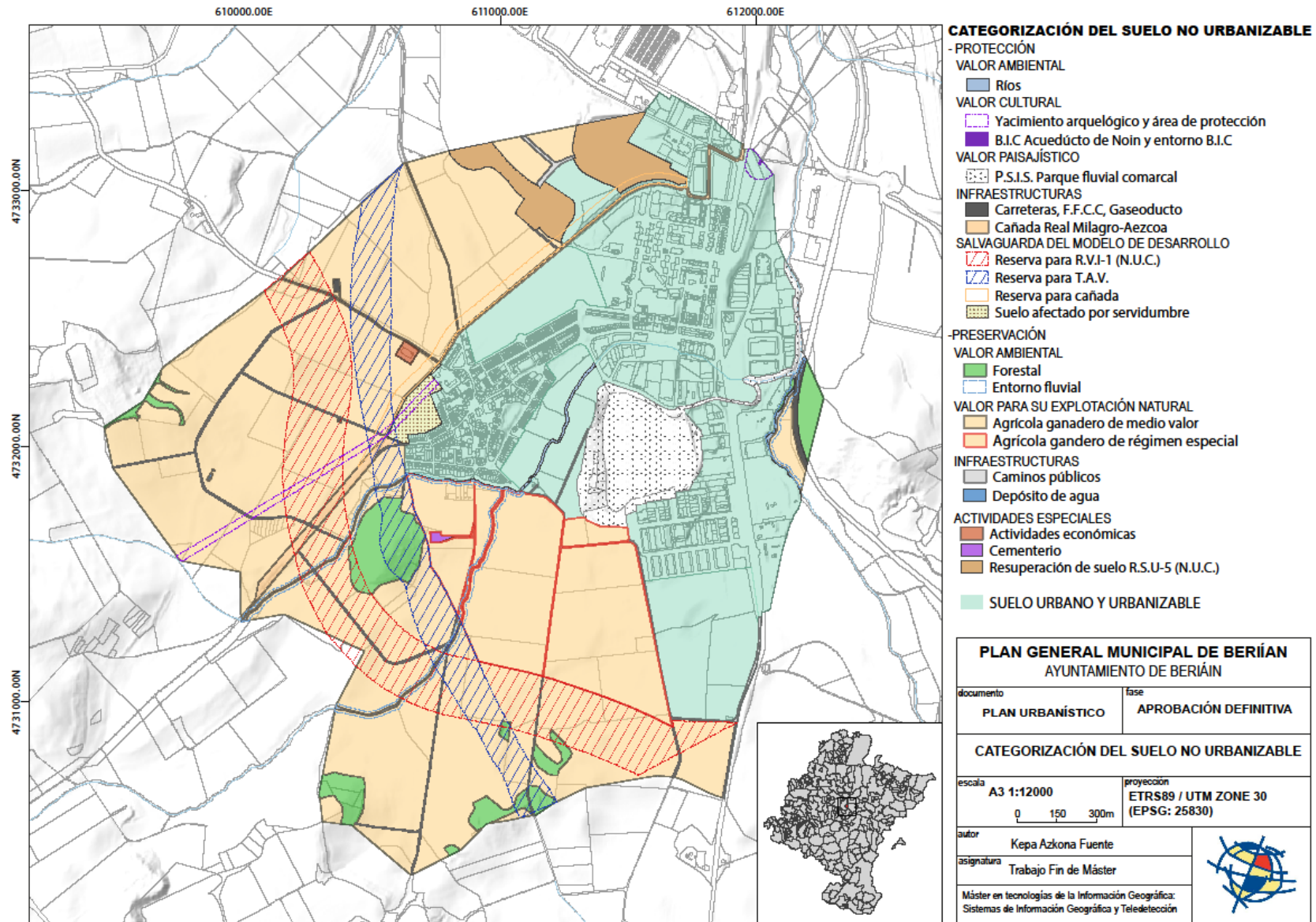
```
map.loaded(function () { //cargar mapa
map.addLayer({ //cargar capa
  id: "no_urba", // identificador de la capa
  title: "No urbanizable (normativa)", //titulo
  type: SITNA.Consts.layerType.WMS, //tipo de información
  url:
"http://sanfrancisco.duckdns.org:8080/geoserver/beriaain/wms", //url
donde están geoserver y la capa que va a ser cargada
  layerNames: "beriaain:no_urbanizable", //nombre de la capa
  format: SITNA.Consts.mimeType.PNG //formato PNG imagen
});
});
```

Anexo 6: Cartografía generado por SIG : Sectores Ámbitos espaciales



Anexo 7: Cartografía generado por SIG: Ámbitos de gestión y sistemas generales





Anexo 8:
Cartografía genera-
da en SIG:
Categori-
zación del
suelo no
urbaniza-
ble