



COMUNICACIÓN TÉCNICA

Sistemas de Información para la Ayuda a la Toma de Decisiones Aplicados a la Planificación Urbana y Gestión de Saneamiento: Lecciones Aprendidas y Oportunidades Futuras de la Solución SANePLAN

Temática:

Agua; Urbanismo y edificación.

Autor: Dr. Juan Luis Sobreira Seoane¹

Institución: Fundación Instituto Tecnológico de Galicia

e-mail: jsobreira@itg.es

Otros Autores:

Lucía Garabato Gándara (ITG); Pablo Fernández Graña (ITG), Oscar González Represas (ITG), Dra. Sonia González Vázquez (ITG), Dr. González Blázquez Gil (ITG), D. Antonio Carreira Alonso (ITG), Eugenio José Marcote Carballo (Deputación de Pontevedra); Giovanni Bonaiuti (West Systems s.r.l., Italia)

Contacto:

Fundación Instituto Tecnológico de Galicia (ITG), POCOMACO, SECTOR I, PORTAL 5. 15190 A Coruña (SPAIN)
Deputación Provincial de Pontevedra. Avda. Montero Ríos, s/n. - 36071 Pontevedra (SPAIN)
West Systems S.r.l. Viale Giannotti 24 - 50126 Firenze

Resumen

Existen factores que están contribuyendo a incrementar la presión sobre el Agua; así, el cambio climático, los usos del suelo o la presión poblacional ponen en peligro la sostenibilidad futura del recurso en muchos lugares.

En el marco específico del Agua para uso Urbano, que incluye tanto el Abastecimiento como el Saneamiento, existen factores que deben impulsar cambios profundos en la gestión durante los próximos años, como son la legislación, el sistema tarifario, las técnicas, metodologías y tecnologías o el rol de los ciudadanos.

Dentro de este ámbito el presente artículo se centra en el análisis de las lecciones aprendidas a través del diseño, desarrollo y demostración en cinco escenarios de prueba de España e Italia de SANePLAN, un sistema de información que integra las necesidades de gestión del saneamiento y la planificación urbana.

En la primera parte del artículo, en relación al marco normativo definido por la Comisión Europea, se ofrece una visión multidisciplinar que trasciende la propia gestión del saneamiento (DMA, 2000/60/CE y Directiva 91/271/CE r) y tiene en cuenta también la transparencia en la información medioambiental (Directiva 2003/4/CE), la construcción y uso de la infraestructura de datos espaciales en la Unión Europea (Directiva 2007/2/CE – INSPIRE), la planificación urbana y la territorial (estas últimas fuera de las competencias comunitarias pero influenciadas, entre otros elementos, por la Estrategia Territorial Europea – ETE, 1999 – y por las Agenda Territorial Europea 2020 y su predecesora del año 2007 – ATE,2020 y ATE 2007).

Tras esta exposición el artículo aborda la estructura y enfoque del proyecto SANePLAN para introducir los dos ámbitos en los que se centra el análisis de las lecciones aprendidas; por un lado, la importancia de contar con una comunidad de conocimiento que participa en la definición de las necesidades específicas de gestión; por otro, en las características de una solución tecnológica, el sistema de información SANePLAN, cuya modularidad ha permitido dar cobertura a las distintas necesidades y situaciones de los diferentes escenarios de implantación.

Para finalizar el artículo analiza los retos solventados y las oportunidades de futuro, centrando esta aproximación en el paradigma big-data debido, especialmente, a las singularidades de SANePLAN en relación al empleo de fuentes heterogéneas y el potencial de explotación de grandes volúmenes de datos y rapidez de cálculo.

1. SANePLAN

SANePLAN “Integrated Planning and Sustainable Management of Sanitation Infrastructures through Innovative Precision Technology” – “Planificación integrada y gestión sostenible del saneamiento a través de tecnología de precisión innovadora” es un proyecto demostrativo centrado en la integración de la gestión del saneamiento y la planificación urbana cuyo desarrollo se extiende desde el año 2013 hasta 2017.

El proyecto SANePLAN está financiado por el programa LIFE + de la Comisión Europea (LIFE12/ENV/ES 000687); liderado por el Instituto Tecnológico de Galicia, y cuenta en su ejecución con la participación de la Deputación de Pontevedra y con la empresa italiana West Systems S.r.l.

El Objetivo General del Proyecto **Life + SANePLAN** es la mejora de la Gestión del Saneamiento a través del desarrollo y demostración en un conjunto limitado y definido de entornos, de un Sistema de Información que integre el saneamiento y sus elementos (tanto las redes como las instalaciones de depuración) con la planificación urbana. El sistema de información SANePLAN contempla la participación de múltiples agentes y territorios, permitiendo el dimensionamiento y planificación en función de las necesidades actuales y las previsiones futuras bajo condicionantes de coste, protección medioambiental, población y cambio climático.

Los ámbitos geográficos de actuación del proyecto son dos; la provincia de Pontevedra y la región italiana de la Toscana; concretamente, en el marco del proyecto se están implantando cinco pilotos demostrativos. Cuatro de ellos en la Provincia de Pontevedra, Baiona, Cambados, Vilanova de Arousa y Ribadumia, estos tres últimos pertenecientes a la Mancomunidad del Salnés; en Italia, el ayuntamiento toscano de Chiesina Uzzanese.

2. Contexto Normativo

Los factores tenidos en cuenta para delimitar el contexto normativo de referencia que han influido en la definición y desarrollo del proyecto SANePLAN son los siguientes:

- La gestión del agua
- La gestión de la planificación urbana y del territorio
- La transparencia en la información medioambiental
- La construcción y uso de datos espaciales

En el caso de que la Comisión Europea tenga competencias en la materia se incluye la Directiva de referencia; cuando esto no es así, como sucede con la planificación urbana y del territorio, se incorporan directrices de ámbito europeo.

Para completar el análisis se incorpora una breve exposición sobre las competencias a nivel local, regional y nacional vinculadas, por un lado, con la gestión del saneamiento y, por otro, con la planificación urbana.

Desde el punto de vista europeo, la normativa comunitaria que se ha tenido en cuenta es la que se relaciona a continuación:

- La Directiva Marco del Agua 2000/60/CE, que establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, que incluye entre sus objetivos

alcanzar el buen estado ecológico y químico de todas las masas de agua en el año 2015.

- La Directiva 91/271/CE de Tratamiento de las Aguas residuales urbanas.
- La Directiva de 2007/2/EC (INSPIRE), que contempla el desarrollo de la infraestructura de datos espaciales de la Unión Europea.
- La Directiva 2003/4/CE (Aarhus) que tiene como finalidad contribuir al desarrollo de sistemas de gobernanza transparentes en relación a la información medioambiental.

En el caso de la planificación urbana y del territorio, ambos procesos no están bajo el ámbito competencial de la Comisión Europea, si bien existen documentos que establecen, por un lado, directrices y recomendaciones (Estrategia Territorial Europea, ETE, del año 1999), y por otro, líneas de actuación (Agenda Territorial Europea 2020 y su predecesora del año 2007, ATE 2020 y ATE 2007) y otros documentos de intenciones y trabajo como la Carta de Leipzig sobre ciudades sostenibles del año 2007.

En España la ordenación del territorio es una política pública que no se ha consolidado suficientemente en el organigrama administrativo, si bien es cierto que todas las comunidades autónomas cuentan con legislación que la regula y que se ha avanzado notablemente en los últimos años, como lo reflejan los datos recogidos en las figuras adjuntas, que muestran la evolución en el desarrollo de planes de ordenamiento territorial entre los años 2009 y los años 2010¹.



Gráfico 1. Planeamiento Territorial en España. Datos por Comunidad Autónoma -2009²

¹ Datos del Observatorio Español de la Sostenibilidad. Informe OSE 2009 de la Sostenibilidad en España y 2010. "Ocupación del Suelo y Planificación territorial en España: Análisis y Evolución mediante SIG".

² Fuente Observatorio Español de Sostenibilidad



Gráfico 2. Planeamiento Territorial en España. Datos por Comunidad Autónoma – 2010²

Desde el punto de vista de las competencias, es un hecho que, tanto en los procesos de planeamiento urbano como en los vinculados a la gestión del agua, entran en juego múltiples actores bien sean de los ámbitos local, autonómico o europeo:

- Los aspectos competenciales de la planificación urbana se incluyen en la imagen adjunta, en la que se muestran los roles de las entidades estatales, autonómicas y locales en esta materia.

	ESTADO	AUTONOMÍA	AYUNTAMIENTO
LEYES	Marco Legislativo General	Definición y desarrollo de normativa de aplicación en su ámbito geográfico, respetando los límites de las leyes generales	Definición y desarrollo de los PLANES DE ORDENACIÓN URBANA. (Respectando las leyes vigentes)
FUNCIONES		Legislativa •Administrativa (Ejemplo: aprobación de los Planes de Ordenación de los Ayuntamientos) •Sancionadora	Usos del Suelo (Dotaciones, Viviendas, Zonas Verdes,...)
AMBITOS	Ambitos. Ejemplos •Desarrollo del Suelo •Ordenación Edificación	•Ordenación del Territorio •Ordenación Urbanística. (Ejemplo: aprobación de los Planes de Ordenación de los Ayuntamientos) •Edificación	•Concesión de Licencias

Gráfico 3. Planeamiento Urbano: Matriz de Competencias

- También en el ámbito de la planificación urbana, las funciones de cada administración se exponen en la imagen “**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**”, mostrándose el rol de cada una de ellas en función de la existencia o no de un Plan Urbanístico.

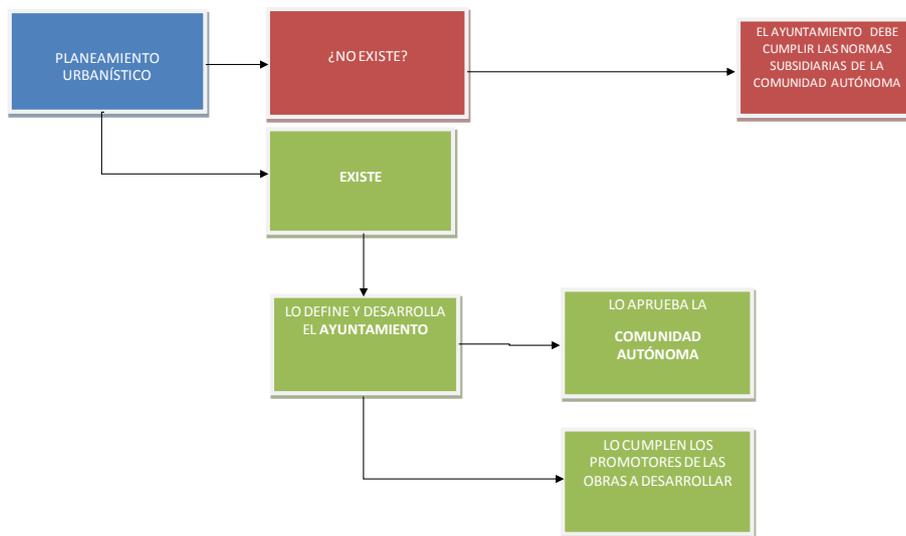


Gráfico 4. Planeamiento Urbano: Flujograma

- En relación a la gestión del agua, el entramado competencial de las distintas Administraciones Públicas queda reflejado en la imagen adjunta, Aguas. Flujograma y Competencias.

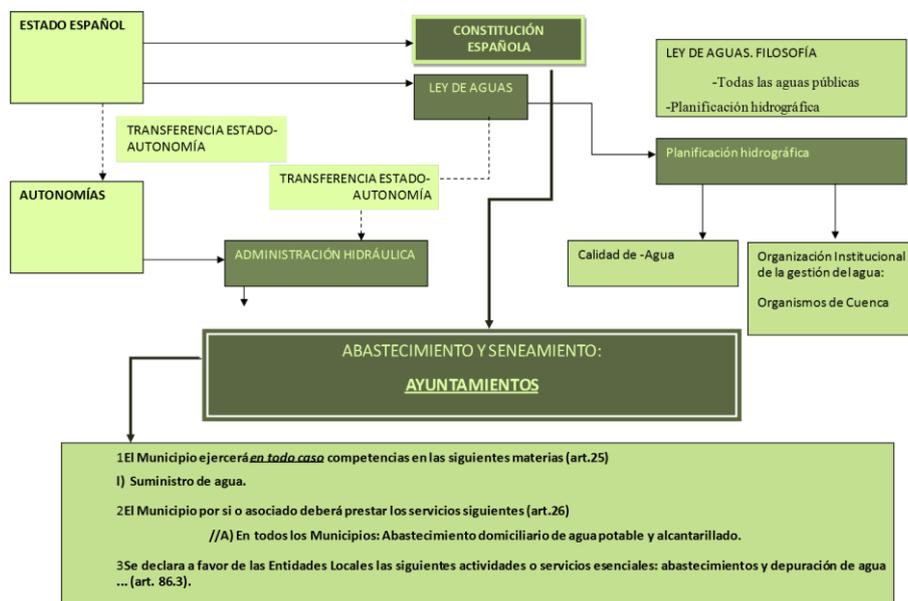


Gráfico 5. Aguas. Flujograma y competencias

4. Marco Normativo y Objetivos del Proyecto

En el marco normativo expuesto se definen seis objetivos específicos y dos complementarios dentro del marco del proyecto SANePLAN.

Así, objetivos específicos del proyecto son:

- Respecto a la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE, reducir la presión sobre las distintas masas de agua
- En relación a la Directiva 91/271/CE de Tratamiento de Aguas residuales urbanas, contribuir a la adecuación de los sistemas de saneamiento de núcleos y poblaciones
- En lo referente a la Directiva 2003/4/CE (Aarhus) contribuir al desarrollo de sistemas de gobernanza transparentes en relación a la información medioambiental
- En relación al desarrollo del cumplimiento del Cuadro de Acción Europeo para la Adaptación al Cambio Climático (COM 2009/147), contribuir a su desarrollo
- Contribuir a la Directiva de 2007/2/EC (INSPIRE) de datos espaciales, siendo consistente con la misma
- Racionalizar los costes de gestión del saneamiento, facilitando su dirección y operación mancomunada

En relación a los objetivos complementarios del proyecto, son los que se recogen a continuación:

- Cumplir la Directiva del Medio Ambiente Marino 2008/56/EC de 25.06.2008, facilitando información para la evaluación del estado de las masas de agua marina.
- Gestión de las Infraestructuras Críticas, Directiva 2008/114/CE de 08.12.2008 en la sección de agua, contribuyendo a facilitar información sobre las fuentes de generación de acontecimientos de riesgo a través de los sistemas de saneamiento.

MARCO NORMATIVO COMUNITARIO
Objetivos específicos
Respecto a la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE, reducir la presión sobre las distintas masas de agua
En relación a la Directiva 91/271/CE de Tratamiento de Aguas residuales urbanas, contribuir a la adecuación de los sistemas de saneamiento de núcleos y poblaciones
En lo referente a la Directiva 2003/4/CE (Aarhus) contribuir al desarrollo de sistemas de gobernanza transparentes en relación a la información medioambiental
En relación al desarrollo del cumplimiento del Cuadro de Acción Europeo para la Adaptación al Cambio Climático (COM 2009/147), contribuir a su desarrollo
Contribuir a la Directiva de 2007/2/EC (INSPIRE) de datos espaciales, siendo consistente con la misma
Racionalizar los costes de gestión del saneamiento, facilitando su dirección y operación mancomunada
Objetivos complementarios
Cumplir la Directiva del Medio Ambiente Marino 2008/56/EC de 25.06.2008, facilitando información para la evaluación del estado de las masas de agua marina.
Gestión de las Infraestructuras Críticas, Directiva 2008/114/CE de 08.12.2008 en la sección de agua, contribuyendo a facilitar información sobre las fuentes de generación de acontecimientos de riesgo a través de los sistemas de saneamiento.

Tabla 1.- SANePLAN. Objetivos Específicos

5. SANePLAN: Enfoque Conceptual

SANePLAN está concebido para que la gestión del saneamiento y la planificación urbana evolucione desde una situación en la que la información está desagregada entre los distintos agentes que intervienen en los procesos, la toma de decisiones está descentralizada y existe el riesgo de descoordinación a otra en la que la información puede ser compartida y las decisiones se toman en base a ella de manera coordinada, tal y como se recoge en la secuencia de imágenes adjuntas.

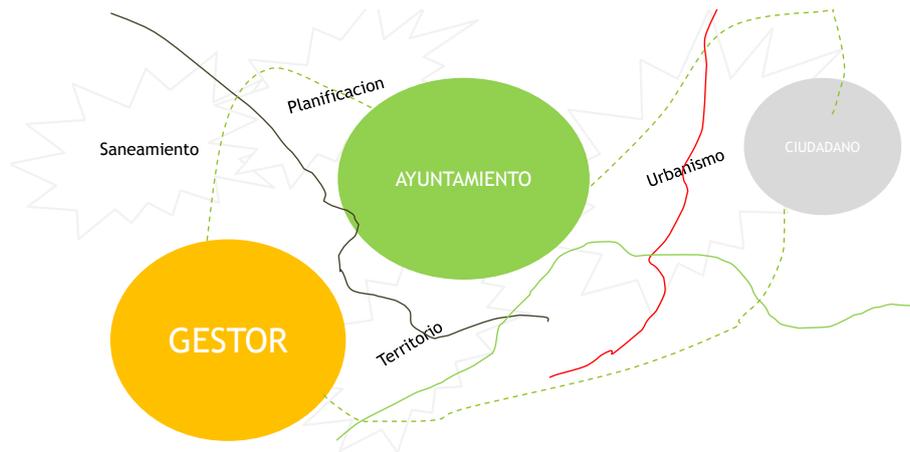


Imagen 1.- Situación Previa: Barreras Acceso Información y Toma de Decisiones



Imagen 2.- Situación Deseada, enfoque SANePLAN. Información Compartida y Toma de Decisiones Consensuadas

Complementariamente, desde el punto de vista conceptual SANePLAN responde a las siguientes premisas:

- Está destinado a los distintos agentes de interés; es decir, tanto a los ciudadanos como a los actores clave

- Apuesta por una gestión integrada que comprende las redes de saneamiento y las infraestructuras de depuración en un contexto urbano
- Plantea el análisis de escenarios actuales y futuros en función de parámetros como el coste, la población o el cambio climático

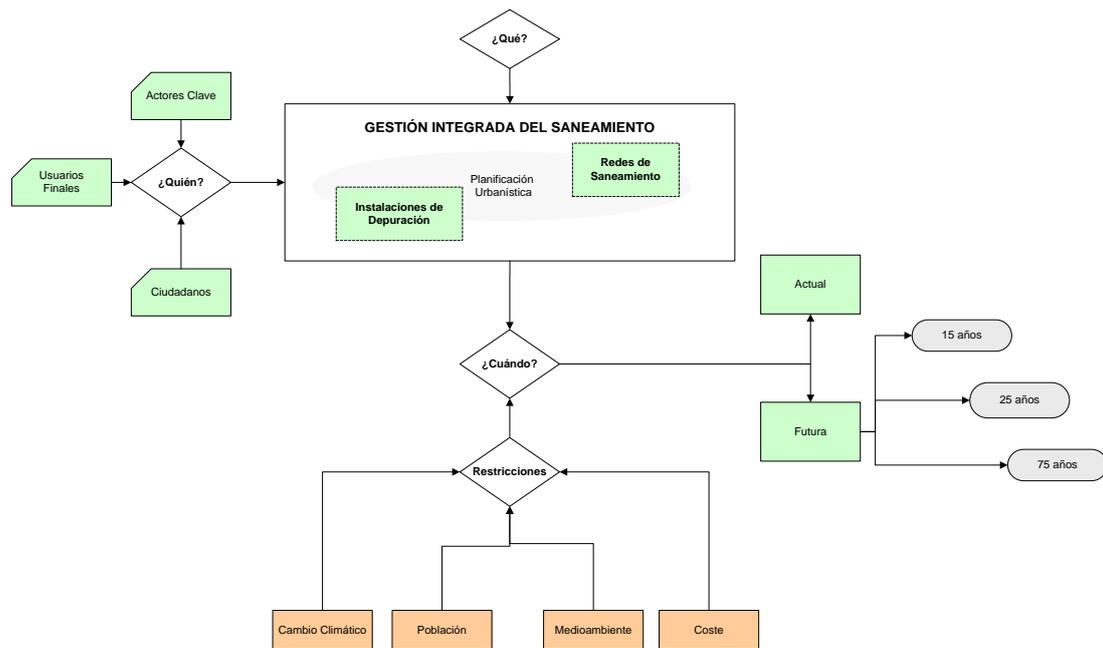


Grafico 6.- Modelo conceptual SANePLAN

Bajo este enfoque, SANePLAN se diseñó para dar respuesta a preguntas como las que se indican a continuación:

- ¿Cuál es la infraestructura de saneamiento en una población o mancomunidad?
- ¿A qué núcleos da servicio?
- ¿Cuáles son los costes asociados al proceso de saneamiento?
- ¿Cómo influiría el desarrollo completo de los usos del suelo contemplados en el Plan Urbanístico de una población en las infraestructuras actuales? ¿Son suficientes? ¿Cómo influye la incorporación de nuevas áreas o nueva población sobre las infraestructuras de saneamiento actuales?
- ¿En qué medida pueden afectar los cambios en los regímenes de lluvia derivados del cambio climático sobre la infraestructura de saneamiento existente?
- En el caso de haber realizado un modelado del comportamiento de la red de saneamiento y sus elementos, ¿es posible compartir la información con los distintos actores?

Desde el punto de vista tecnológico, SANePLAN está concebido, a su vez, como una herramienta desarrollada con tecnología web sobre una arquitectura de código abierto con las siguientes características:

- Servicio: era necesario desarrollar un sistema de información orientado no sólo a la implantación en el marco del proyecto, sino que permita la extensión e institucionalización del mismo, dotándole por tanto de atributos de alta disponibilidad y replicabilidad.
- Datos: el sistema debía estar soportado sobre bases de datos que permitiesen alojar tanto datos georreferenciados como sin referencia espacial.
- Captura: el sistema de información debería disponer de interfaces y servicios que facilitasen la captura de información desde datos externos; es decir, que permitiesen dar soporte a los procedimientos de captura de información necesarios para el adecuado despliegue e implementación de la funcionalidad desde fuentes externas con técnicas de mash-up.
- Tratamiento: el sistema dispondría de interfaces que permitiesen, por un lado, la definición de algoritmos de cálculo y, por otro, la gestión de escenarios temporales, con el fin de abordar las necesidades de información no sólo en el momento actual, sino en el futuro.
- Procesos: el sistema daría cobertura al ciclo de vida de los procesos vinculados a la gestión del agua y la planificación urbana.
- Alcance: el sistema debería contemplar la gestión desde un ámbito tanto municipal como supramunicipal, con participación de uno o varios agentes, públicos o privados, con diversas competencias y responsabilidades en los servicios a los que se da soporte.
- Información: el sistema debería contemplar distintas necesidades de salida de datos; es decir, información en formatos y/o servicios que permitan su intercambio y puesta a disposición de terceras partes; en el caso de la información georreferenciada, por ejemplo, bajo formatos shp o KML para el intercambio con otros sistemas de información.
Además, el sistema debería ser consistente con la Directiva Europea INSPIRE, contribuyendo a construir la Infraestructura Europea de datos Espaciales.
- Usuarios: el sistema debería abordar, asimismo, una completa definición de usuarios y roles que modulasen el nivel de acceso a la información, tanto aquella que pueda considerarse pública y no sujeta a restricciones como aquella otra que requiera especiales precauciones en su acceso, modificación y gestión.
- Dispositivos: el sistema debería tener en cuenta el estado de la tecnología actual, facilitando el acceso tanto a través de dispositivos tradicionales, como PC o MAC; disponiendo también de módulos específicos para su empleo a través de móviles, Tablets o Smartphones.
- Modelado de infraestructuras. Se entiende como tal, el desarrollo de los modelos matemáticos que permitan simular el comportamiento del sistema de distribución de agua potable; la solución a desarrollar debía tener en cuenta el procesado de información con herramientas de modelado, encontrado la fase crítica en la

necesidad de obtener información de valor sobre la red, su situación y sus límites de funcionamiento.

- Parametrización y carga de datos. La solución planteada debería contemplar la introducción de las familias de datos necesarias para el adecuado funcionamiento del sistema; en este sentido, es importante señalar que es necesario un importante conjunto de capas espaciales para garantizar un adecuado funcionamiento del sistema. Específicamente, debería contemplarse la introducción ordenada de información como el callejero, catastro, el plan de ordenamiento, o la topología de red de distribución.
- Capacitación. Por último, deberían plantearse los elementos necesarios para la formación y capacitación de los usuarios potenciales del sistema



Grafico 7. SANePLAN: Un Enfoque Tecnológico

6. SANePLAN Lecciones Aprendidas

Introducción

El desarrollo de SANePLAN comprende el despliegue de 25 actuaciones las cuales, desde el punto de vista tecnológico y de demostración se condensan en cuatro, tal y como se recoge en el cuadro adjunto:

- La creación de una Comunidad de Conocimiento y Soporte
- El diseño y Desarrollo del Sistema de Información SANePLAN
- La Implantación del Sistema de Información SANePLAN en 5 Pilotos
- La extensión del proyecto a 50 Entidades más

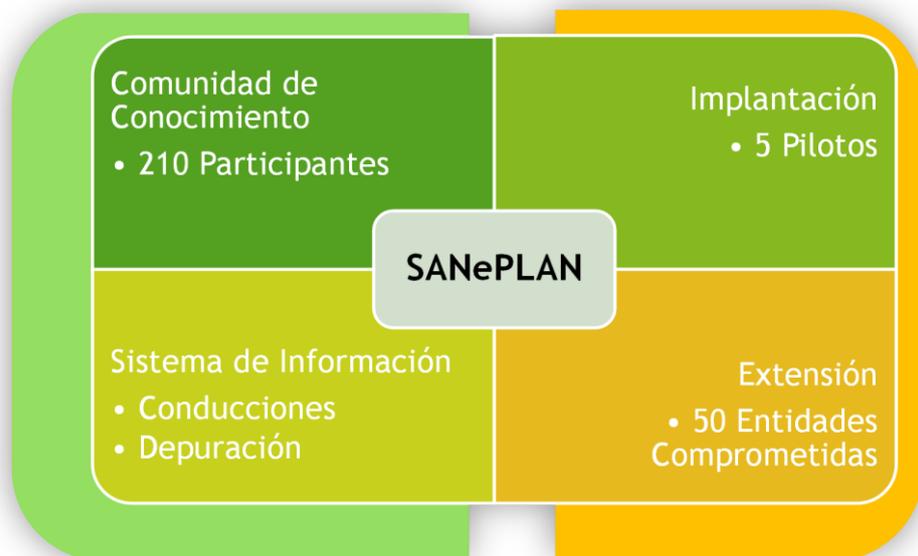


Grafico 8.- Áreas Geográficas de Implantación

En este contexto, la ejecución del proyecto ha llevado consigo un proceso de aprendizaje en relación al enfoque del proyecto y las tareas llevadas a cabo, siendo los aspectos más destacados los que se relacionan a continuación:

1. La relevancia de la Comunidad de Conocimiento y Soporte
2. La modularidad de SANePLAN como facilitador de las respuestas a las necesidades de los ayuntamientos

El enfoque de las actividades, junto con el proceso de retroalimentación ejecución – control – gestión ha permitido que el proyecto haya alcanzado unos indicadores de impacto relevantes, que se concretan no sólo en la implantación de SANePLAN en cinco pilotos de dos países distintos, sino también en el tratamiento de la información de redes cuya extensión es de casi 500 kilómetros, la participación de más de 230 personas, o la

creación de una red con otros 20 proyectos europeos relacionados con las problemáticas abordadas en SANePLAN, tal y como se muestra en la tabla adjunta.

	España	Italia	Total
Km de red	480	15	495
Pozos	10.300	200	10.500
Bombeos	95	6	101
EDAR	5	2	7
Más de 230 personas involucradas en el proyecto!			
Difusión a más de 100.000 personas			
Más de 50 entidades apoyan el proyecto			
SANePLAN ha construido una red de colaboración con 20 proyectos europeos			

Tabla 2.- SANePLAN en Cifras. Indicadores de Ejecución e Impacto

La relevancia de la Comunidad de Conocimiento y Soporte.

La denominada “Comunidad de Conocimiento y Soporte” de SANePLAN ha permitido contar con un conjunto de actores con los cuales establecer una comunicación bidireccional a lo largo del proyecto, obteniendo así una valiosa información e incluso la validación de aquellos supuestos o hipótesis tenidos en cuenta a lo largo de su ejecución.

De manera específica, la Comunidad de Conocimiento de SANePLAN participó de manera especialmente activa en la fase de definición de las funcionalidades del propio sistema; así, más de 200 personas aportaron su visión acerca de las necesidades vinculadas a la gestión del saneamiento y la planificación urbana, tanto cuantitativa como cualitativamente.

Con el fin de obtener los distintos puntos de vista, la comunidad ha contado con participantes no sólo vinculados a la gestión, sino que se ha complementado con miembros de la comunidad científica o la ciudadanía, además de la propia administración pública y diversos profesionales, tal y como se muestra en la tabla adjunta.

Familias de grupos de trabajo	España	Italia	Total	% Total
Administraciones Públicas	25	12	37	15.88%
Profesionales	67	38	105	45.06%
Ciudadanos	24	13	37	15.88%
Gestoras de agua y saneamiento	11	11	22	9.44%
Universidades, Centros I+D y Plataformas Tecnológicas	15	17	32	13.73%
Total	142	91	233	100.00%

Tabla 3.- SANePLAN: Composición de la Comunidad de Conocimiento y Soporte. España e Italia

En relación a las aportaciones éstas fueron abordadas en dos grandes bloques; por un lado las redes de saneamiento o conducciones y por otro las estaciones de depuración; a

su vez, en cada uno de ellos se analizaron aspectos relacionados con las siguientes temáticas:

- Datos de la infraestructura.
- Coste.
- Gestión.
- Medio Ambiente y Cambio Climático.

La información cuantitativa permitió constatar la necesidad de avanzar en el desarrollo e implantación de soluciones orientadas a la mejora de la gestión del saneamiento y la planificación urbana, además de priorizar el nivel de relevancia de cada necesidad detectada y, por último, comparar posibles diferencias entre las áreas de implantación de España e Italia, tal y como se muestra en las tablas adjunta.

PRIORIDAD de NECESIDADES de GESTION. REDES de SANEAMIENTO		España	Italia	Total
Datos de la infraestructura	Recorrido de la red	8.72	8.28	8.55
	Tipología de red	8.67	8.59	8.64
Coste	Mantenimiento de la red	8.65	8.44	8.57
	Eficiencia energética	8.78	8.60	8.71
Gestión	Planificación de nuevos usuarios	8.58	8.64	8.60
	Gestión de incidencias	8.09	8.48	8.24
	Trámites administrativos	7.47	7.42	7.45
	Volumen generado en los núcleos de población	7.59	7.73	7.65
	Volumen generado por habitante	7.13	7.60	7.31
	Habitantes no conectados	7.35	7.90	7.56
Medio Ambiente y Cambio Climático	Cambio climático	8.12	8.56	8.29
	Volumen de CO ₂ emitido a la atmósfera en la red de saneamiento	7.63	7.62	7.63
	Riesgos medioambientales	8.13	8.79	8.39
	Zonas verdes	7.68	8.26	7.90

Tabla 4.- Necesidades de Gestión en Redes de Saneamiento. España, Italia y Total

PRIORIDAD de NECESIDADES de GESTION. DEPURACION		España	Italia	Total
Datos de la infraestructura	Recorrido hasta la planta de depuración	8.11	8.10	8.11
	Proceso de depuración	8.37	8.48	8.41
Coste	Coste de tratamiento	8.85	8.52	8.72
	Mantenimiento	8.94	8.47	8.76
	Eficiencia energética	8.99	8.73	8.89
Gestión	Residuos generados	8.70	8.58	8.65
Medio Ambiente y Cambio Climático	Caudal mínimo de los ríos	8.52	8.35	8.45
	Variaciones de caudal derivadas del Cambio Climático	7.80	8.00	7.88
	Volumen de CO ₂ emitido a la atmósfera en la depuración	7.81	7.92	7.85
	Volumen de vertido	8.48	8.41	8.45

Calidad de vertido	8.99	9.08	9.02
---------------------------	-------------	-------------	-------------

Tabla 5.- Necesidades de Gestión en Depuración. España, Italia y Total

Complementariamente, la información cualitativa ha permitido enriquecer el análisis con distintas conclusiones, entre las que destacan:

- Se considera fundamental un bloque de gestión de infraestructuras de redes de distribución; en cambio este aspecto no se considera de tanta importancia en lo referido a la propia EDAR.
- Es de gran importancia el conocimiento de los costes vinculados a la explotación del servicio; no sólo a nivel general, sino en aspectos relacionados con los consumos energéticos o con la incorporación de información que facilite la toma de decisiones relacionadas con la evaluación de inversiones.
- En cuanto a la **gestión** del servicio de saneamiento, se considera más importante en el propio proceso de depuración, pero no tanto en el mantenimiento y explotación de las redes. Además, se señalan los siguientes aspectos:
 - o Necesidad de conocer el número de usuarios con y sin servicio de saneamiento.
 - o Los Sistemas de Información Geográfica son herramientas imprescindibles para realizar la gestión de las infraestructuras de saneamiento.
- En cuanto a los aspectos **medioambientales y de cambio climático** se ha detectado la importancia de los siguientes aspectos:
 - o Conocer las infiltraciones que se producen en la red, así como los reboses, para poder realizar un mejor control de los alivios que se producen.
 - o Poder estimar la carga contaminante en la red según las precipitaciones.
 - o La capacidad que tiene una determinada red de saneamiento para asumir un mayor volumen de aguas pluviales, ante una necesidad de impermeabilizar nuevas superficies (nuevas urbanizaciones, viviendas, etc.) o variaciones en el régimen de precipitaciones.

Modularidad de SANePLAN

La participación de la Comunidad de Conocimiento por un lado y, por otro el intenso trabajo de análisis del estado del arte científico y tecnológico permitieron el diseño de la solución SANePLAN con un enfoque completamente modular.

Esta característica permite la adaptación a las distintas realidades y prioridades de los ayuntamientos o mancomunidades en los que se implantan; así, pueden existir ayuntamientos en los que la infraestructura esté completamente digitalizada y disponible en entornos GIS pero que no dispongan de un modelizado matemático del comportamiento de su red de saneamiento; o bien que no tengan recogidas en un soporte tecnológico las actuaciones urbanísticas a corto y medio plazo o las actuaciones de mejora. Por otro lado, puede haber ayuntamientos en los que ni siquiera se disponga de información sobre las infraestructuras, por lo que sea necesario realizar una campaña de campo y migrar la información a SANePLAN.

Bajo estas premisas el sistema de información SANePLAN se ha concebido en dos grandes bloques; el primero de ellos contempla la gestión de la propia red de saneamiento, mientras que el segundo aborda las necesidades de depuración, ambos con su integración con el proceso de planificación urbana. Cada bloque, además, cuenta también con distintas funcionalidades que permiten abordar desde la gestión de infraestructuras a los costes, incluyendo también la simulación del comportamiento de la red, el mantenimiento o la monitorización. Tal y como se recoge en el cuadro adjunto, el sistema de información SANePLAN dispone de más de veinte funcionalidades con las que dar cobertura a las necesidades de gestión del saneamiento y la planificación urbana de un ayuntamiento o una mancomunidad.

Sistema de información SANePLAN



Imagen 3.- SANePLAN: Funcionalidades

Con el fin de ilustrar el enfoque funcional de carácter modular de SANePLAN y realizar una aproximación al alcance de las mismas se exponen a continuación aquellas de mayor interés.

Gestión Patrimonial de Infraestructuras. SANePLAN permite mantener actualizado el inventario de la infraestructura (tanto los elementos de la red como los equipos de las EDAR) de forma sencilla y completa. Además de la propia gestión patrimonial de la infraestructura, mediante el menú de *Proyectos de mejora*, se permite llevar un control de las actuaciones planificadas o que se estén ejecutando sobre las infraestructuras de saneamiento del municipio.

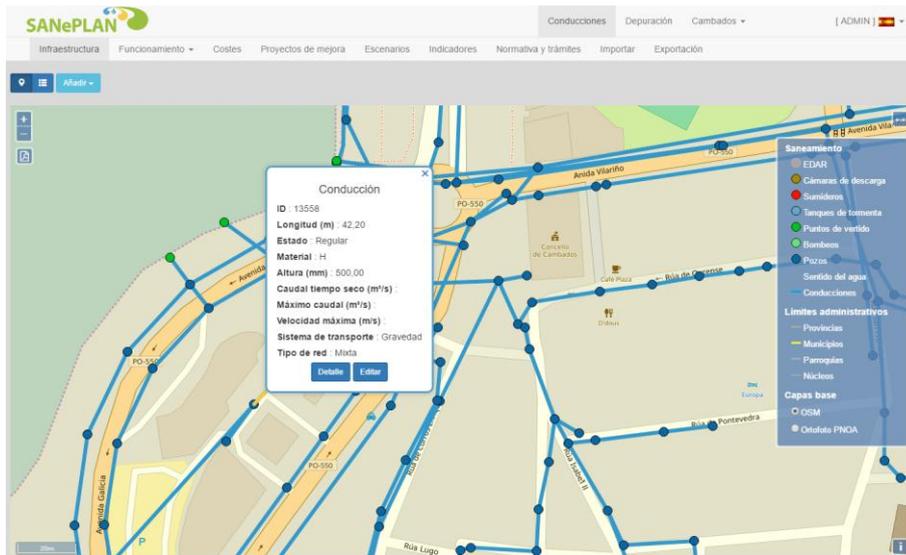


Imagen 4. SANePLAN. Gestión de Infraestructuras. Redes de Saneamiento

General			
Municipio	Parroquia	Geometría *	
Cambados	Cambados (Santa Mariña)	42,51,-8,81	
Tipo	Materia	Forma del pozo	Estado
Prefabricado	Hormigón	Circular	Bueno
Diámetro del pozo (m)	Largo (m)	Ancho de pozo (m)	Profundidad del pozo (m) *
0,8	0	0	3
Cota (m) *	Cota fondo (m)	Acceso	
16,01	13,010000000000002	Bueno	
Tapa	Tipo de la tapa	Diámetro de la tapa (mm)	Materia de la tapa
Forma de la tapa	Recuperable	600	Fundición
Circular			
Acometidas	Caudal aguas residuales urbanas (m³/s) *	Número de acometidas pluviales	Infiltraciones
Número de acometidas sanitarias	0,001	0	<input type="checkbox"/>
1	Tipo de red *		
Inundación (l/s) *	Mista		
0			
Información	Fecha de inspección		
Calidad de la información	01/01/0000 00:00		
Mala			
Observaciones			
Foto de situación	Foto de interior		
			

Imagen 5. SANePLAN. Gestión de Infraestructuras. Redes de Saneamiento.

Planeamiento. SANePLAN permite la gestión de nuevos proyectos urbanísticos, analizando el impacto de los mismos sobre las infraestructuras de saneamiento, tanto sobre la red como sobre las depuradoras.

Además, SANePLAN permite también mejorar la gestión de las actuaciones de mejora de la propia red, soportando la definición de proyectos de mejora.

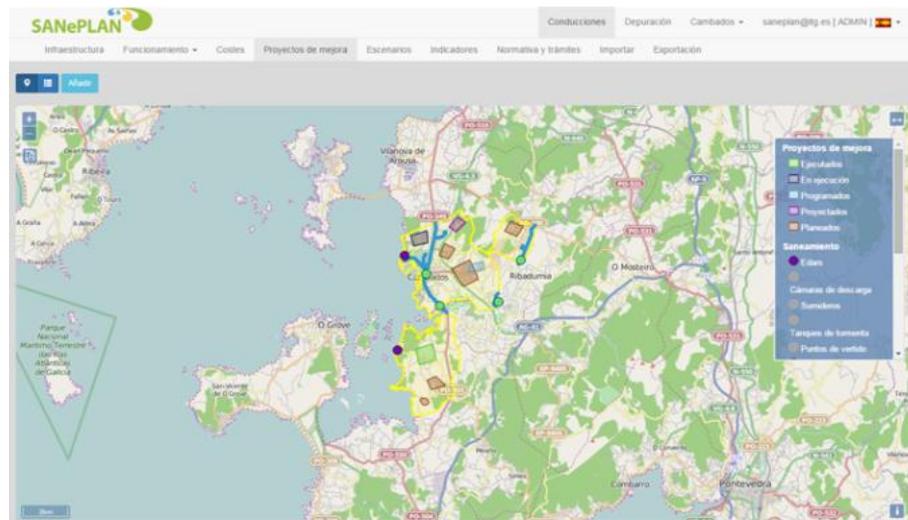


Imagen 6. SANePLAN. Planeamiento.

Mantenimiento: esta funcionalidad permite realizar la gestión de las operaciones de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, de forma que se asegure el correcto funcionamiento del servicio municipal de saneamiento. La plataforma web ofrece un menú mediante el cual los ciudadanos y otros agentes, pueden notificar las incidencias que detecten en el servicio, de manera que puedan ser subsanadas lo antes posible.

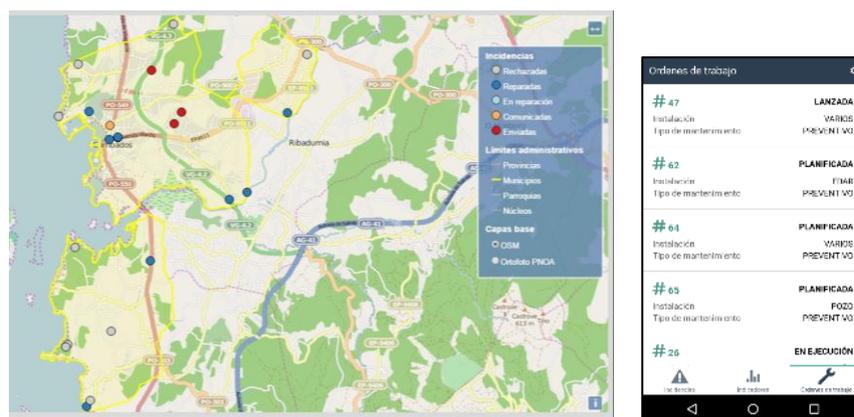


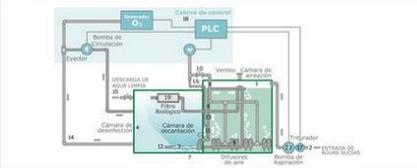
Imagen 7.- SANePLAN. Mantenimiento: Incidencias y APP para Dispositivos Móviles

Control del proceso de depuración: de forma complementaria a la *Gestión patrimonial de infraestructuras*, en la sección de Depuración se han desarrollado varios módulos específicos que sirven de soporte al control de la explotación de la EDAR (reactivos, residuos, parámetros de vertido, etc.).

Nombre * Deputrans Castrolo (O Facho) Fecha de inspección 15/04/2015 00:00 Inicio de funcionamiento 02/01/2009 00:00 Cota (m) 5

Descripción EDAR STP50 Castrolo, instalada por Deputación de Pontevedra con el proyecto Deputrans.

Foto 

Esquema 

Localización
Municipio Cambados Parroquia Castrolo (Santa Cruz)
Geometría * 42.49,-8.83 Núcleos del EDAR 918
Población de diseño (hab.) 500 Población servida (hab.) 164

Operaciones
Caudal medio (m³/d) 90 Caudal punta (m³/h) 0.0052 Potencia Instalada (Kw) * 12.5 Estado (Obra civil) Bueno
Estado (Elementos electromecánicos) Bueno Tratamiento STP50 Calidad de la información Buena

Compañía
Compañía SMA Presupuesto (€) Punto de vertido * 900 Telecontrol

Arbol de proceso

- Deputrans Castrolo (O Facho) Potencia (Kw) 12.5
 - STP50: aireación prolongada, recirculación de lodos activos y desinfección por ozonización
 - Obra de llegada Potencia (Kw) 3 Rendimiento (%) 100
 - El agua residual se recibe en un pozo regulador, de manera que se mantenga constante el caudal de entrada a la EDAR. En el pozo regulador se realiza un prettratamiento consistente en un sistema de desbaste que retenga los gruesos de mayor tamaño.
 - Triturador Potencia (Kw) 1.5 Rendimiento (%) 100

Imagen 8 SANePLAN. Gestión de Infraestructuras: Diagrama de Bloques de una Depuradora

Monitorización: desde SANePLAN se podrán consultar los datos observados por los sensores instalados a lo largo de la red y en las EDAR.

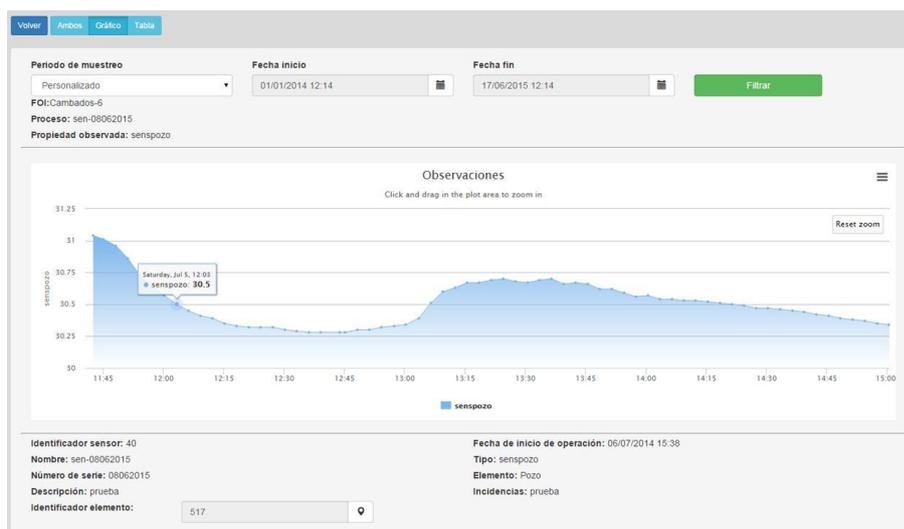


Imagen 9.- SANePLAN: Monitorización de Parámetros

Costes y Energía: mediante esta funcionalidad se podrán conocer los costes, tanto dinerarios como energéticos (así como una estimación de las emisiones de CO₂), que conlleva la explotación del servicio de saneamiento.

Simulación: con esta funcionalidad se podrá comprobar la capacidad de operación de las infraestructuras de saneamiento y depuración ante diversos supuestos. Permite evaluar desde nuevos aportes directos en puntos concretos o las aguas residuales generadas como consecuencia de nuevos desarrollos urbanísticos; también se podrá consultar el comportamiento de las infraestructuras actuales ante futuros escenarios a 15, 25 y 75 años, en los que se contemplan los efectos del Cambio Climático y los cambios demográficos que tendrán lugar. Además, SANePLAN permite la interacción con SWMM, de forma que los usuarios puedan realizar nuevas simulaciones particulares con el software de escritorio de la EPA.

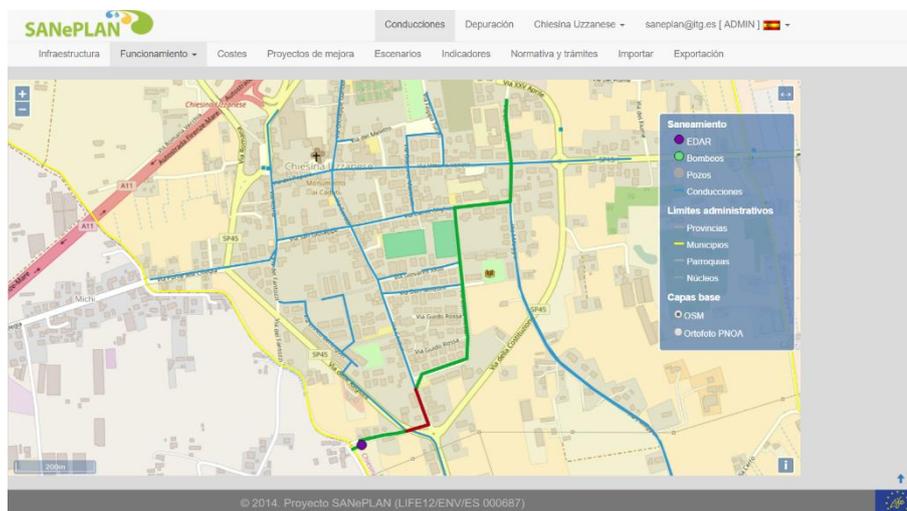


Imagen 10.- SANePLAN. Simulación: Análisis de Puntos Críticos.

El sistema de información SANePLAN dispone de otros requerimientos, que complementan las principales funcionalidades como son: indicadores, normativa y trámites, etc.: además, se debe señalar que también se ha desarrollado una app para dispositivos móviles con la finalidad de servir de apoyo en los trabajos en campo.

El conjunto de todas las funcionalidades de SANePLAN da soporte al proceso de toma de decisiones en la planificación y explotación del servicio municipal de saneamiento.

7. Novedades y Nuevos Retos

Retos Solventados

El sistema de información SANePLAN aporta como novedad la gestión integrada del saneamiento y la planificación urbana, aspecto que se concreta mediante los siguientes aspectos específicos de carácter innovador:

- Información de las redes de saneamiento y de las EDAR integrada en un único punto, de forma que se obtiene una visión completa del ciclo de las aguas residuales.
- Integración de la planificación urbana con las infraestructuras de saneamiento.
- Incorporación del impacto del cambio climático en el análisis de la gestión del saneamiento municipal.
- Fomento de la transparencia en la información medioambiental vinculada con la gestión del saneamiento y la planificación urbana.

El desarrollo de SANePLAN ha implicado solventar diversos retos, como son:

- La integración de datos de fuentes heterogéneas; no sólo relacionadas con la red, sino con otras vinculados a la demografía, la temperatura ambiental, las precipitaciones, el ordenamiento urbano o la distribución de los ayuntamientos y las vías de comunicación, entre otros.
- La gestión del saneamiento implica, entre otros factores, el análisis del comportamiento de las redes, para lo cual debe abordarse su modelizado; a su vez, este modelizado necesita de una adecuada captura de información en campo, la definición de una adecuada estrategia de monitorización y la articulación de la misma.
- La valorización de información para facilitar la toma de decisiones por parte de gestores, políticos y técnicos; de manera especial, aquellos procesos de interconexión con sistemas de modelizado externo como SWIMM.

SANePLAN y el Paradigma Big Data

Si bien estos supuestos fueron solventados en el desarrollo del proyecto, durante la ejecución del mismo se han abierto una profunda reflexión, pues al menos los dos primeros de los retos expuestos encajan bajo el paradigma de Big – Data en relación los siguientes atributos:

- Heterogeneidad de datos
- Volumen de datos
- Necesidades de cálculo

Es cierto que estas premisas deben ser matizadas, pues pueden depender del histórico de datos o de la existencia de datos cualitativos que faciliten trabajos de análisis sobre los datos con posibilidad de que arrojen conclusiones de interés.

Retos: Aplicación del Paradigma Big – Data al Saneamiento. El Proyecto WATERSIG

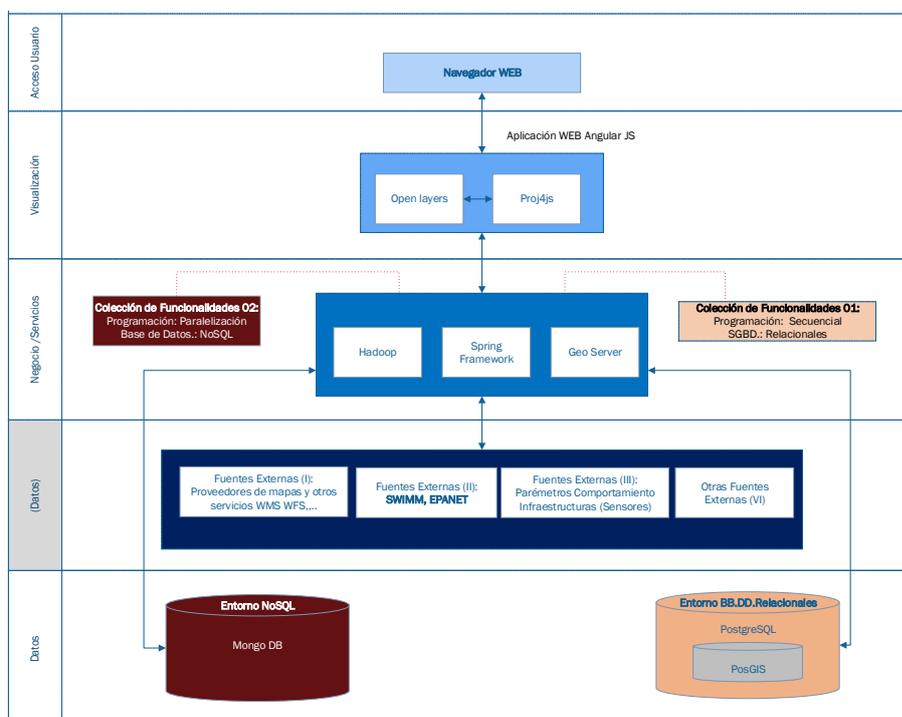
Los retos solventados en SANePLAN, junto con experiencias previas llevadas a cabo en proyectos demostradores como LIFE WIZ (Premio “Best of the Best” 2015, LIFE ROEMPLUS o focalizados en la maduración de productos como WETNET (ECO-INNOVATION)) en temáticas como el agua y la planificación urbana, la gestión de calidad de cuencas o la detección de fugas respectivamente, llevaron a plantear la exploración de big-data en el marco de la gestión del agua.

De manera específica, en 2016 se ha puesto en marcha el proyecto WATERSIG, financiado por la Agencia Gallega de Innovación de la Xunta de Galicia en el marco del programa CONECTAPEME.

Liderado por la ingeniería Proyfe, cuenta con la empresa de control CYE y con la compañía de desarrollo de software TORUSWAREM; todas ellas se complementan con el centro tecnológico ITG para llevar a cabo un proyecto en el que se combinan arquitecturas big –data con arquitecturas tradicionales.

De manera específica, el proyecto WATERSIG tiene como finalidad el desarrollo de una solución que combine la gestión de infraestructuras de agua potable y saneamiento y la simulación de las mismas combinando entornos SQL con entornos No-SQL (ámbito Big-data) y optimizando el desarrollo mediante la aplicación complementarias de técnicas de aceleración, tal y como se recoge en el diagrama de bloques adjunto.

De este modo, el proyecto WATERSIG servirá como entorno de análisis para la evolución tecnológica de algunos de los retos identificados en SANePLAN en relación a la gestión del saneamiento.



- Ilustración 1.- WATERSIG. Diagrama de Bloques

8. Agradecimientos

Los autores de este artículo agradecen el papel de las siguientes entidades en la construcción del cuerpo de conocimiento, teórico y práctico, sin el cual la elaboración de este artículo no hubiese sido posible.

- Socios del Proyecto SANePLAN (Life12 ENV/12/ES/687), financiado por el programa LIFE de la Unión Europea:
 - o Diputación de Pontevedra
 - o West Systems S.r.l.
- Ayuntamientos Piloto participantes en SANePLAN (Life12 ENV/12/ES/687):
 - o Ayuntamiento de Baiona, Mancomunidad del Salnés, Ayuntamiento de Cambados, Ayuntamiento de Ribadumia, Ayuntamiento de Vilanova de Arousa.
 - o Ayuntamiento de Chiesina Uzzanese
- Socios del Proyecto WATERSIG:
 - o CyE Control y Estudios
 - o Proyfe
 - o TORUSWARE

WATERSIG es un proyecto financiado por la convocatoria CONECTAPEME de la Agencia Gallega de Innovación que tiene como objetivo la aplicación del paradigma big –data a la gestión del agua potable y saneamiento mediante el despliegue de infraestructuras ICT mixtas SQL No-SQL y técnicas de paralelización.

9. Información adicional

WEB del proyecto SANePLAN:

- www.saneplan-life.eu

Otras iniciativas en curso relacionadas con la Gestión Sostenible del Agua:

- www.wiz-life.eu Integración de la gestión del agua potable y la planificación urbana. (Financiado por el programa LIFE + de la Comisión Europea)
- www.roemplus-life.eu Gestión integral de cuencas. Sistemas avanzados de monitorización. Prevención de episodios de eutrofización. (Financiado por el programa LIFE + de la Comisión Europea)
- www.wetnet.it. Tecnologías de bajo coste para la monitorización de redes de distribución de agua y detección de fugas mediante caudalímetros hot-tap y sistemas de supervisión on line sobre tecnología web en tiempo real. (Financiado por el programa ECOINNOVACION de la Unión Europea).
- www.waternanoenv.eu . Aplicación de nanosensores al diseño y desarrollo de sistemas de ayuda a la toma de decisión relacionados detección de episodios de no calidad en masas de agua. Investigación sobre el impacto de

nanocontaminantes en procesos de depuración. (Proyecto financiado por la Agencia Gallega de Innovación de la Xunta de Galicia).

10. Bibliografía

1. *Libro Blanco del agua en España 2007*,
2. *Libro digital del Agua*: Web-site del Ministerio de Medio Ambiente
3. *Informe Layman*. Proyecto WIZ. www.wiz-life.eu
4. *Estudios desarrollados por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX para el Ministerio de Medio Ambiente (MIMAM, 1998)*,
5. *Ocupación del suelo y planificación territorial en España. Análisis y evolución mediante SIG*. Dr. Cristina Zamorano Chico. Responsable de Análisis Territorial y SIG del Observatorio Español de Sostenibilidad, OSE. XV Congreso Nacional de Tecnologías de Información Geográfica: Tecnologías de la Información Geográfica en el contexto del Cambio Global. Madrid. 20 -21 de septiembre 2012
6. *Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE)*
7. *Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa* (Documento de inicio, septiembre 2007)
8. *Plan Nacional de Saneamiento y Depuración 1995-2005*,
9. *Ley de Aguas y texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001*
10. *trasposición de la Directiva en España, Ley 62/2003, de 30 de diciembre*
11. *Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua (DMA)*
12. *Directiva 91/271/CEE sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas*
13. *Abastecimiento de agua a la población: desde el río hasta el grifo*. Revista Ambienta, Mayo 2002
14. *Control del agua de Consumo: Documento de Sanidad Ambiental, Ministerio de Sanidad y Consumo*.
15. *Control y vigilancia de la calidad del agua que llega a su hogar*, Canal Isabel II, Comunidad de Madrid, 2008
16. Documento Guía nº3 "*Analysis of Pressures and Impacts*" : Guías técnicas previo a la implantación de la Directiva Marco del Agua
17. *Dotación en abastecimientos de agua potable de núcleos con menos de 300000 hab*, José Luis Sánchez López, Revista de Obras Públicas, abril 1984.
18. *El agua en Europa: una evaluación basada en indicadores*, Agencia Europea de Medio Ambiente, 2003
19. *Guía de la responsabilidad social empresarial del sector de abastecimientos*, Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento, mayo 2008
20. *Hacia una nueva gestión del agua presidida por la DMA*, Enrique Cabrera Marcet, Catedrático de Mecánica de Fluidos, Instituto Tecnológico del Agua (ITA), Universidad Politécnica de Valencia
21. *Global-E-Government, 2005*, estudio realizado por Darrell, M. West, del Center of Public Policy de la Universidad de Brown (EE.UU).
22. *eEurope 2005: Una sociedad de la información para todos*
23. *Cambio climático y adaptación de los recursos hídricos*, informe realizado por la Agencia Europea del Medio Ambiente

24. *Impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos en España y viabilidad del plan hidrológico nacional 2000*, Francisco J. Ayala-Carcedo, Instituto Geológico y Minero de España
25. *Tema Monográfico: Agua y energía*. Enrique Cabrera Marcet, Instituto Tecnológico del Agua (ITA), Universidad Politécnica de Valencia, JIA, Jornadas de Ingeniería del Agua 2009, Madrid, 27 y 28 de octubre de 2009
26. *Estimación del consumo de energía ligado al uso del agua en la ciudad de Valencia*, Enrique Cabrera Marcet, Instituto Tecnológico del Agua (ITA), Universidad Politécnica de Valencia, JIA, Jornadas de Ingeniería del Agua 2009 (2009), Madrid, 27 y 28 octubre 2009
27. *A computer simulation model to evaluate supply and demand side options in urban water utility management*, Cobacho R., Cabrera E., Arregui F., Cabrera Jr. E., Water Sources Conference, Las Vegas, EE.UU., 27-30 enero, 2002
28. *Indicadores de Gestión en el contexto de una Gestión Integral del Agua*, Cabrera E., Cabrera Jr. E., Instituto Tecnológico del Agua (ITA), Universidad Politécnica de Valencia, Congreso Seminario Internacional Oferta y Demanda del Recurso Hídrico, Rionegro, Antioquía, Colombia, 1-3 noviembre, 2000,
29. *Modos de Implantación de Programas de Gestión de la Demanda*. Control y Evaluación de Resultados, Cobacho R., Cabrera Jr. E., Dolz, R., Instituto Tecnológico del Agua (ITA), Universidad Politécnica de Valencia, Jornadas Internacionales sobre Uso Racional del Agua en Ciudades, Madrid, diciembre de 1999
30. *Directrices para una Política Sostenible del Agua*, Cabrera E., Roldán J., Cabrera Jr. E., Cobacho R., Instituto Tecnológico del Agua (ITA), Universidad Politécnica de Valencia, 2003, Revista Ingeniería del Agua, ISSN: 1134-2196, Volumen 10 Número 3, 245-257 (y 355-367)
31. *La calidad de las aguas en España: un estudio por cuencas*. Informe GREENPEACE
32. *Medio Ambiente: Tendencias tecnológicas a medio y largo plazo*. Fundación Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industria OPTI, 2002.
33. *Modelación de la calidad del agua*, Miguel Martín Monerris. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. Paula Marzal Doménech. Departamento de Ingeniería Química. Universitat de València.
34. *Perfil Ambiental 2009: AGUA*, Ministerio de Medio Ambiente.
35. *Plan Nacional Calidad Aguas 2007-201*, Ministerio de Medio Ambiente.
36. *RASARP-informe anual servicios de agua en Portugal*, 2009
37. *Estudio de Calidad de Servicio para Gestión de Aguas de Aragón*, noviembre 2003
38. *ACCIONA informe Anual 2009*
39. *ACCIONA Cuentas Anuales e Informe de Gestión Consolidados 2009*
40. *AGBAR 2009 Informe financiero*
41. *AQUALIA Informe de Responsabilidad Social corporativa 2009*
42. *GRUPO SACYR VALLEHERMOSO, INFORME ANUAL 2009, Servicios VALORIZA*

43. *Global Water Market 2011: Spain, A chapter from Global Water Market 2011*, Global Water Intelligence
44. *Anuario Estadístico: AGUA E INDICADORES*, 2009, Ministerio Medio Ambiente
45. *ANÁLISIS DE MERCADO, Sector depuración y reutilización de agua residual*. consultora CBK
46. *Tendencias tecnológicas tratamiento y gestión de agua* informe Fundación Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industria OPTI
47. *El futuro de los servicios de agua urbana en España CONAMA*, 2010