

Documento Final del Grupo de Trabajo 21 de Conama 10
TELEDETECCIÓN Y SENSORES MEDIOAMBIENTALES

ENTIDAD ORGANIZADORA: INSTITUTO DE LA INGENIERÍA DE
ESPAÑA

PARTICIPANTES:

COORDINADOR:

José Javier Martínez Vázquez

Comité de Ingeniería y Desarrollo Sostenible. Instituto de la Ingeniería de España.

RELADORES:

Adolfo Comerón Tejero

Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)

Fernando Davara Rodríguez

Fundación FUNCOAS

Victoriano Moreno Burgos

INDRA

Ramón Prats i Vime

ADASA Sistemas

COLABORADORES TÉCNICOS:

Michaël Sicard
Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)

Noelia Miranda Santos y Cayetano Lluch Mesquida
Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (COIT)

Daniel Carrasco Díaz y Marino Palacios Morera
INDRA

***Pablo López Espí, Jesús Alpuente Hermosilla, Juan Antonio Martínez Rojas y
Álvaro Ramírez Rodríguez***
UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

Miquel Molina Peralta y Ana Casas Infantes
Aqua Ambiente Ingeniería de Sistemas, Grupo Agbar

Josefina de la Fuente Egido
TechNet

Carlota Tovar
Fundación FUNCOAS

***María del Rosario Escudero Barbero, Blanca Sánchez Hernández y Francisco Moral
Mora***
TRAGSATEC- Grupo TRAGSA

Manel Farré i Torras y Jordi Cros i Herrero
ADASA Sistemas

BREVE RESEÑA PROFESIONAL DE LOS PONENTES

Michaël Sicard (MS'95, PhD'00) is an Associate Professor at the Universitat Politècnica de Catalunya in Barcelona, Spain. He obtained his PhD degree in 2000 in the field of “physical methods for remote sensing” at the Service d’Aéronomie from the Institut Pierre-Simon-Laplace in Paris, France. His main research interests are twofold: (i) on a technical point of view, the development of lidar techniques and instruments in all their aspects for aerosols observations, and (ii) the study of aerosols. The latter includes aerosol optical and microphysical characterization thanks to data fusion, aerosol transport models, atmospheric boundary layer study and modeling. He is coordinator of the Spanish/Portuguese lidar network.

Fernando Davara Rodríguez es General de Artillería y Doctor en Ingeniería Informática. Ha sido Director del Centro de Satélites de la Unión Europea de Torrejón de Ardoz (Madrid). Actualmente es Director de la Fundación Funcoas de Asimelec y Presidente de la Asociación Vertidos Cero.

Cayetano Lluch Mesquida es Ingeniero de Telecomunicación por la ETSIT de Madrid y ha estado durante toda su vida profesional ligado a las Comunicaciones Móviles en general, y a la Telefonía Móvil en particular. Empezó su andadura profesional en 1974 en GTE Electrónica, participando en diversos desarrollos y despliegues de comunicaciones móviles. En 1980 ingresa en Telefónica, participando desde entonces en la definición, ingeniería, despliegue y explotación de la mayor parte de los sistemas de Telefonía Móvil y de Comunicaciones Móviles de Telefónica y de Telefónica Móviles, hasta su desvinculación en Enero de 2009. Actualmente trabaja como consultor y es vicedecano del COIT.

Marino Palacios Morera. Doctor en Geografía por la Universidad Complutense de Madrid (1995). Especialista en Ordenación del Territorio (Universidad Politécnica de Valencia). Project Management Professional (Project Management Institute). 20 años de experiencia en proyectos de aplicaciones de imágenes de satélite en el sector privado. En la actualidad jefe de proyecto senior en el Departamento de Teledetección de Indra Espacio.

Ramón Prats i Vime. Ingeniero Industrial (UPB 1966) y Diplomado en Ciencias Económicas y Empresariales. Ha sido Director del Departamento de Investigación y Desarrollo de ADASA Sistemas y actualmente es Adjunto a la Dirección General de la compañía. Coautor del proyecto SAICA del Ebro. Su curriculum contempla más de veinte años de experiencia en el campo del ciclo integral del agua con especial dedicación en el control de la calidad, materia en la que ha dirigido personal del departamento de I+D+i dedicado al desarrollo de equipos analíticos de funcionamiento automático y al diseño y montaje de estaciones de control de la calidad en ríos, embalses y vertidos de aguas residuales. Tiene además, experiencia en el campo de los gases licuados de petróleo tanto en diseño de máquinas como plantas de llenado de botellas en España, Oriente Medio y Sudamérica, así como en fábrica y taller de estampaciones metálicas, fundición de hierro gris, aluminio y plomo en el área de mantenimiento y diseño de nuevas máquinas de producción y automatismo de procesos.

Juan Antonio Martínez Rojas. Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid. Profesor Titular del Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones de la Universidad de Alcalá. Ha investigado en los campos de la Física Atómica y Nuclear, Espectrometría, Electromagnetismo, Fotónica y Acústica con aplicaciones al estudio no destructivo de materiales. Actualmente está interesado en experimentos y modelos que nos ayuden a comprender mejor la denominada "materia blanda" y los materiales de origen biológico.

Ana Casas Infantes es ingeniera química (Instituto Químico de Sarriá). Tiene experiencia en la optimización del consumo de agua (Solvay). Ha participado en proyectos europeos de I+D+i y dirigido varios proyectos relacionados con residuos y aguas residuales en la industria del cuero así como experiencia en auditorías ambientales en el ámbito internacional (BLC Leather Technology Centre). En Aqua Ambiente lidera proyectos de calidad de agua y recientemente se ha incorporado al Departamento de I+D+i en la gestión de proyectos y búsqueda de oportunidades de financiación y networking.

Josefina de la Fuente Egido. Consejera Delegada y Fundadora de la empresa Technet, Sostenibilidad en Transporte. Formación académica: CC. Químicas (1994-2000) y Administración y Dirección de Empresas (1997-2000). Su vida profesional siempre ha estado vinculada con las nuevas tecnologías, posee un máster en E-Business y otro en Gestión de la Ciencia y la Tecnología. Antes de fundar la compañía, fue la responsable del Centro de la Transferencia de Conocimiento (CDT)

de la zona Sur- Este de la Comunidad de Madrid. Desde hace más de tres años se dedica de manera exclusiva a la explotación de esta tecnología y sus distintas aplicaciones.

María del Rosario Escudero Barbero. Licenciada en Geografía por la Universidad de Cantabria. Tiene una larga experiencia en la gestión de proyectos de aplicaciones operativas de la teledetección en el campo de la agricultura y el medio ambiente. Es Jefe del Departamento de Teledetección de TRAGSATEC, empresa española líder en aplicaciones informáticas para el desarrollo del mundo rural.

José Javier Martínez Vázquez. Vocal de la AEIT en el Comité de Ingeniería y Desarrollo Sostenible del Instituto de la Ingeniería de España. Desde 1996 participa en la organización del Congreso Nacional del Medio ambiente como coordinador de este Grupo de Trabajo.

INDICE DEL DOCUMENTO

1. INTRODUCCIÓN

José Javier Martínez Vázquez. Coordinador. IIES

2. SEGUIMIENTO DE LAS CENIZAS DEL EYJAFJALLAJÖKULL SOBRE LA PENÍNSULA IBÉRICA POR LA RED DE LIDARES HISPANO-PORTUGUESA SPALINET

Michäel Sicard y Adolfo Comerón Tejero. UPC

3. PROYECTO DE DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) PARA EL SEGUIMIENTO CONTINUO DE LA EVOLUCIÓN DE VERTIDOS EN APOYO DE LAS POLÍTICAS MEDIOAMBIENTALES.

Fernando Davara y Carlota Tovar. Fundación FUNCOAS y Asociación Vertidos Cero

4. ECOSISTEMA DE REDES DE SENSORES

Noelia Miranda Santos y Cayetano Lluch Mesquida. COIT

5. PRODUCTOS URBANOS AVANZADOS A PARTIR DE INFORMACIÓN AEROSPAIAL

Victoriano Moreno Burgos, Daniel Carrasco Díaz y Marino Palacios Morera. Indra, S.A.

6. NUEVOS SENSORES PARA LA MEDIDA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

Ramón Prats i Vime, Manel Farré i Torras y Jordi Cros i Herrero. Adasa Sistemas

7. ANÁLISIS DE LÍQUIDOS MEDIANTE TÉCNICAS DE IMPACTO ACÚSTICO

Juan Antonio Martínez Rojas, Jesús Alpuente Herмосilla, Pablo López Espí y Álvaro Ramírez Rodríguez. UAH

8. DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE PLATAFORMAS INTEGRADAS DE VIGILANCIA BIOLÓGICA Y QUÍMICA OPTIMIZADAS ECONÓMICAMENTE

Miquel molina Peralta y Ana Casas Infantes. Aqua Ambiente Ingeniería de Sistemas

9. TELEDETECCIÓN DE EMISIONES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL TRÁFICO

Josefina de la Fuente Egido. TechNet

10. EL PROYECTO GMES DE SELLADO DE SUELO COMO EJEMPLO DE UNA FORMA DISTRIBUIDA Y COLABORATIVA DE ABORDAR PROYECTOS EUROPEOS DE TELEDETECCIÓN

Rosario Escudero Barbero, Blanca Sánchez Hernández y Francisco Moral Mora. TRAGSATEC- Grupo TRAGSA

11. ANÁLISIS AMBIENTAL DE REDES WIFI Y WIMAX

José Javier Martínez Vázquez. IIES

INTRODUCCIÓN:

LA EVOLUCIÓN SOSTENIBLE DE LAS REDES PÚBLICAS DE TELEFONÍA MÓVIL

José Javier Martínez Vázquez

Coordinador del Grupo de Trabajo. Instituto de la Ingeniería de España

En el IX Congreso Nacional del Medio Ambiente, y más concretamente en este mismo Grupo de Trabajo, se apuntaron algunas mejoras en aspectos medioambientales de las redes de telefonía móvil UMTS ó 3G con respecto a las GSM ó 2G: 1. La notable reducción de potencia radiada en los terminales de abonado. 2. Los sofisticados controles de potencia tanto en los equipos de abonado como en las estaciones base. 3. La migración desde una transmisión en modo circuito asociada a las comunicaciones de voz al modo IP característico de la transmisión de datos, haciendo especial énfasis en el marcado carácter sostenible de la convergencia IP. 4. La posible utilización de las denominadas *farmer energías* en los terminales móviles.

A día de hoy, hay que añadir que se presenta en el horizonte la cuarta generación de telefonía móvil pública que se ha dado en llamar Long Term Evolución (**LTE**), algo así como evolución a largo plazo de las 2G y 3G. En este sentido, conviene reseñar dos puntos de interés: En primer lugar, que antes del despliegue masivo de la red 4G, tendremos que pasar por un periodo más o menos largo de coexistencia de redes, lo que también se podría definir como una red heterogénea: wifi, wimax, 2G, 3G, 3.5G, 4G, etc. Por otra parte, debe señalarse sobre la 4G que no se trata de una nueva tecnología sino de un conjunto de tecnologías que forzosamente han de desembocar en un lugar común: altas tasas de transmisión en modo IP con movilidad de los terminales. Es más, los últimos estándares wifi y wimax, 802.11 n y 802.16 m, se aproximan mucho a la mencionada 4G, tanto que incluso podrían llegar a considerarse parte integrante de ella en un futuro más o menos próximo.

En cuanto a la ya citada movilidad de los terminales, hay que decir que implica consumos muy bajos. De hecho, actualmente un buen número de los ordenadores portátiles están equipados con sistemas radio 802.11 y 802.16 que manejan potencias de 100 ó 200 milivatios. Estos niveles de potencia son similares a los que emplean los terminales de bolsillo de las redes UMTS pero muy por debajo de los 800 milivatios del mismo tipo de terminales GSM. Por si fuera poco, la cobertura radioeléctrica en las redes LTE se plantea sobre celdas de muy pequeño radio, 8 ó 10 metros, para dar servicio en los ámbitos laboral y doméstico, lo que redundará en la utilización de menores potencias en el interfaz radio de las nuevas redes de telefonía móvil.

También, es conveniente indicar que otro de los criterios de sostenibilidad aplicable en este tipo de sistemas lo constituyen las bandas de frecuencias de funcionamiento. Así, en los Estados Unidos tienden a ser más bajas que las empleadas en 2G y 3G, cayendo incluso por debajo de la banda de la primera generación analógica. En Europa, sin embargo, se acercan a los 2.6 GHz, por encima de las bandas de frecuencia utilizadas por GSM y UMTS, lo que se traduce en niveles de referencia más altos para la exposición a campos electromagnéticos y que, por tanto, permiten que el usuario pueda situarse a menor distancia de su terminal de una forma segura.

Cuando empezó el auge de la telefonía móvil con la primera generación analógica, algunos pensaron que las estadísticas y la epidemiología hablarían con el paso del tiempo. Después de casi dos décadas, vamos a entrar en la cuarta generación y lo vamos a hacer dando un paso que podríamos sin duda calificar de medioambiental ya que el desarrollo de las redes públicas de telefonía móvil, a la vista de los hechos, puede ser considerado como una evolución sostenible.

SEGUIMIENTO DE LAS CENIZAS DEL EYJAFJALLA SOBRE LA PENÍNSULA IBÉRICA POR LA RED DE LIDARES HISPANO- PORTUGUESA SPALINET

M. Sicard, D. Kumar, S. Tomás, A. Comerón, F. Rocadenbosch

*Remote Sensing Lab. Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones,
Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona*

J. L. Guerrero-Rascado, J. Preißler, F. Wagner, A. M. Silva

Centro de Geofísica de Évora, Évora

F. Molero, M. Pujadas

*Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
(CIEMAT), Madrid*

F. Navas-Guzmán, J. A. Bravo-Aranda, L. Alados-Arboledas

*Andalusian Center for Environmental Research (CEAMA) – Universidad de
Granada, Granada*

J. M. Bolarin, A. Requena

Universidad de Murcia, Murcia

RESUMEN

La reciente erupción del volcán Eyjafjallajökull es una muestra – extremada, pero de probabilidad no despreciable – de la influencia que los aerosoles atmosféricos pueden tener en la vida diaria de miles de personas y en la economía mundial. Este acontecimiento ha sido seguido desde tierra por – entre otros instrumentos – radares láser (lidares) que han permitido determinar la evolución en el espacio y el tiempo de las nubes de ceniza proyectadas por el volcán y han proporcionado información de valor a las agencias meteorológicas y a las administraciones responsables de la seguridad de la navegación aérea.

En la Península Ibérica, la erupción fue seguida por algunas de las estaciones lidar (Evora, Granada, Madrid, Murcia y Barcelona) que constituyen la red hispano-portuguesa SPALINET (Spanish and Portuguese Aerosol Lidar Network). Dos importantes grupos de delgadas nubes de polvo afectaron a la Península Ibérica. El primero empezó a ser detectado por la estación más occidental (Evora) en la noche del 5 de mayo de de 2010 y las últimas observaciones tuvieron lugar en Barcelona el 8 de mayo. El segundo, cerca ya del final del período durante el que la erupción inyectó importantes cantidades de cenizas en la atmósfera (14 de abril – 24 de mayo), fue detectado entre el 13 y el 16 de mayo de 2010. Otro evento tuvo lugar alrededor de 11 de mayo, pero las observaciones en muchas estaciones fueron perturbadas por el mal tiempo.

ERUPCION DE EYJAFJALLA Y CONSECUENCIAS

El volcán Eyjafjalla está situado en el suroeste de Islandia, entre las latitudes 63 y 64° Norte. El volcán entró en erupción el 14 de abril de 2010 y emitió nubes volcánicas continuamente hasta el 23 de Mayo de 2010. La figura 1 muestra el inicio de la erupción el día 14 y el penacho de cenizas que llegó al norte de Escandinavia el día 15. Más de $100 \times 10^6 \text{ m}^3$ ($\sim 80 \times 10^6$ toneladas) de partículas resultaron inyectados en la atmósfera. El impacto de estas partículas inyectadas en la atmósfera es de varios tipos, en particular:

- El impacto sobre el clima debido a que los sulfatos contenidos en las cenizas volcánicas reflejan la radiación solar e interactúan con las nubes (cambian sus propiedades radiativas y su tiempo de vida, entre otros efectos).
- El impacto sobre el medio ambiente.
- El impacto sobre las personas y la economía (se cancelaron más de 100.000 vuelos, más de 10 millones de pasajeros resultaron afectados y se generaron pérdidas económicas muy elevadas)

En la Península Ibérica las cenizas llegaron en 2 ocasiones principales: 5 – 8 y 13 – 16 de Mayo.



Fig. 1. Izquierda: foto aérea tomada desde el norte del volcán el 14 de abril por la mañana.
 Derecha: imagen de MODIS el 15 de abril a las 1139 UTC.

INSTRUMENTOS LIDAR EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

La red hispano-portuguesa de lidares SPALINET (<http://www.lidar.es/spalinet/es/>) se creó en 2007. Cuenta en la actualidad de 10 miembros [1, 2]. En la figura 2 se muestra la distribución geográfica de las 10 estaciones lidar que forman SPALINET, y se indican en rojo las 5 que participaron en este trabajo (Évora, Madrid, Granada, Murcia y Barcelona). Los sistemas que se emplean en la red pueden clasificarse en tres grandes familias:

- 2 sistemas son de tipo multi-longitud de onda (3 canales elásticos + 2 canales Raman + 1 canal para el vapor de agua).
- 2 sistemas con 1 canal Raman (2 canales elásticos +1 canal Raman y 1 canal elástico + 1 canal Raman).
- 6 sistemas elásticos (1 o 2 canales elásticos).

Algunas propiedades de las capas de cenizas que se pueden obtener mediante sistemas lidar son:

- la base y cima de las capas,
- el espesor óptico,
- el tamaño de las partículas,
- la esfericidad de las partículas.



Fig. 2. Distribución geográfica de las estaciones lidar de SPALINET. En rojo se han reseñado las estaciones que hicieron medidas de las cenizas del volcán.

EVOLUCIÓN DE LA NUBE DE CENIZAS SOBRE LA PENÍNSULA IBÉRICA

La figura 3 muestra la variación con el tiempo de distribución vertical de las capas de cenizas observadas en las estaciones de Madrid, Granada, Évora y Barcelona. El origen volcánico de las capas detectadas se ha comprobado mediante la simulación de retrotrayectorias de las masas de aire (Fig. 4). Se observan capas hasta 7.5 km (en Évora). Encima de la capa límite planetaria, las capas más bajas empiezan a 1.5 km (en Évora). El 6 – 7 de mayo el hundimiento de las capas es claramente visible en las estaciones de Évora y Granada.

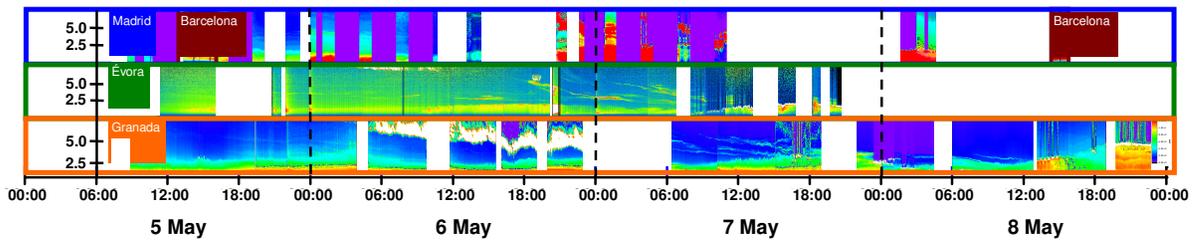


Fig. 3. Distribución vertical de las cenizas en el periodo 5 – 8 de Mayo observado en las estaciones de Madrid (enmarcado en azul), Granada (naranja), Évora (verde) y Barcelona (granate).

El análisis de los perfiles uno a uno revela valores bastante bajos de espesor óptico de las capas de cenizas. La Fig. 5 muestra la inversión de los coeficientes de retrodispersión y de extinción de una medida hecha en Barcelona el 8 de Mayo entre las 1532 y las 1602 UTC. El espesor óptico estimado de la capa de cenizas situada entre 2.2 y 2.9 km es de 0.013.

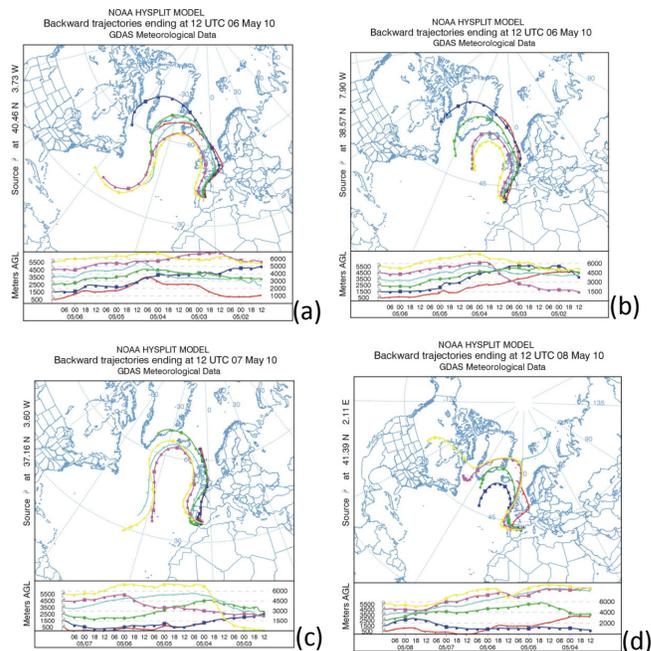


Fig. 4. Retrotrayectorias de las masas de aire que llegan a 500, 1500, 2500, 3500, 4500 y 5500 m sobre (a) Madrid el 6 de Mayo a las 1200UTC, (b) Évora el 6 de Mayo a las 1200UTC, (c) Granada el 7 de Mayo a las 1200UTC y (d) Barcelona el 8 de Mayo a las 1200UTC.

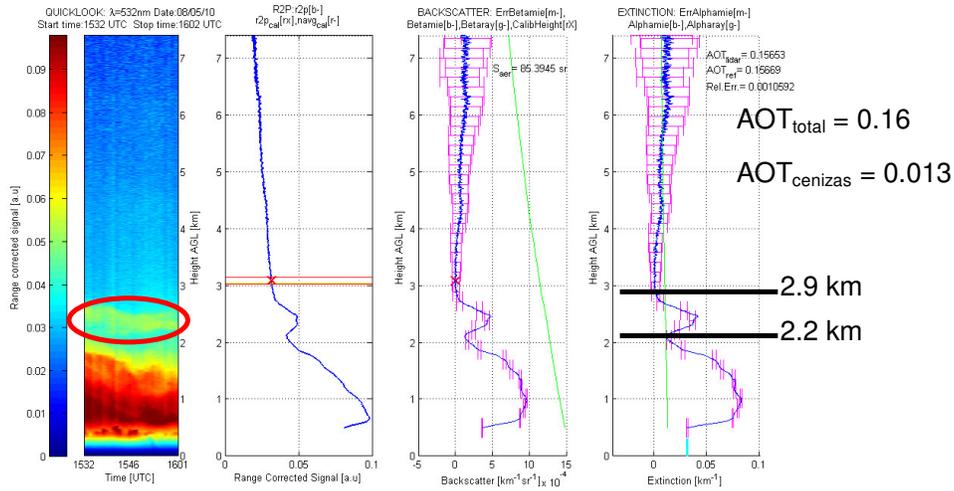


Fig. 5. Perfiles de los coeficientes ópticos: coeficiente de retrodispersión (tercera figura desde la izquierda) y coeficiente de extinción (cuarta figura desde la izquierda) en Barcelona el 8 de Mayo entre las 1532 y las 1602UTC. La primera figura de la izquierda muestra, codificada en la escala de color, la evolución temporal de la señal corregida en distancia con resolución de 1 minuto, y la segunda desde la izquierda la señal corregida en distancia promediada en el intervalo temporal de medida.

CONCENTRACIÓN DE MASA – RESULTADOS PRELIMINARES

Como resultado preliminar se ha intentado estimar los perfiles de concentración másica, PM , de las capas de ceniza a partir del coeficiente de extinción, α , determinado mediante las medidas lidar. La relación entre ambos parámetros se obtiene mediante el coeficiente de extinción específico, σ , como:

$$PM = \alpha / \sigma$$

En primera aproximación se ha utilizado un valor $\sigma = 0.64 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ propuesto por el modelo OPAC (Optical Properties of Aerosol and Clouds) [3] para partículas similares al polvo sahariano.

Algunos valores límite autorizados de la concentración másica son, por ejemplo, de $50 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ en el ejército americano y de $1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ en la UK Civil Aviation Authority (CAA). En la Fig. 6 se muestran perfiles de concentración másica obtenidos de esta

manera para Madrid, Granada, Évora y Barcelona. Se observa que los perfiles no superan nunca los $0.5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

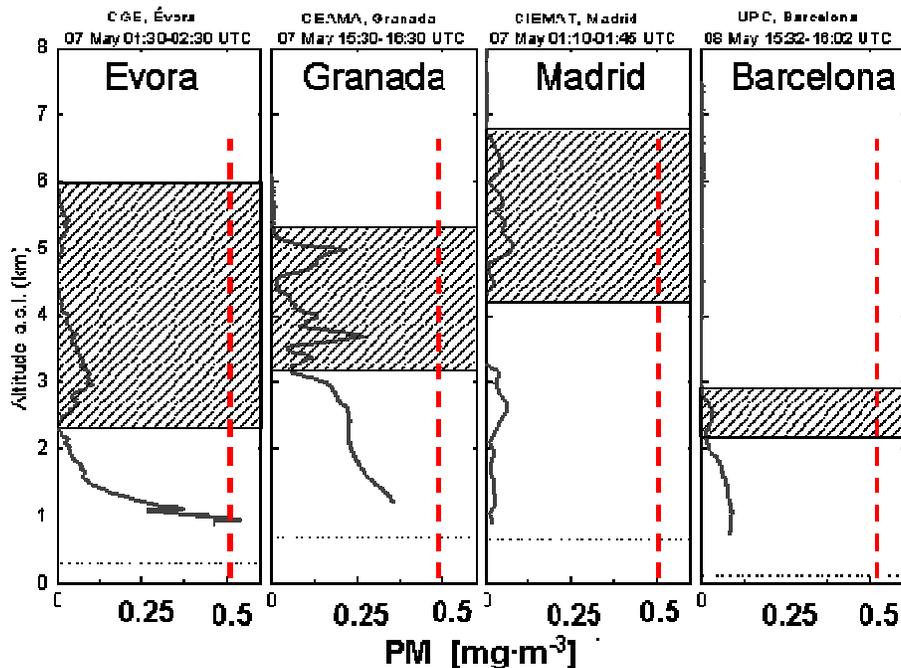


Fig. 6. Perfiles de concentración másica estimados para Madrid, Granada, Évora y Barcelona.

CONCLUSIONES

En el período de intrusión intensiva de cenizas procedentes del volcán Eyjafjalla sobre la Península Ibérica entre el 5 y el 8 de Mayo de 2010, la red SPALINET realizó observaciones de las que se deduce que:

- Las capas formadas por cenizas procedentes del Eyjafjalla llegaron a la Península Ibérica de manera casi continua entre el 5 y el 18 de Mayo de 2010.
- Las capas se situaban entre la capa límite planetaria y una altura máxima de 7.5 km.
- El grosor de las capas era inferior a 1 km de altura.
- El espesor óptico era inferior a 0.1.
- Sobre la Península Ibérica se observó que el transporte de oeste a este venía asociado a un efecto de hundimiento rápido.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a las ayudas de la Unión Europea: proyecto EARLINET-ASOS (EU Coordination Action, contract nº 025991 (RICA)); del Ministerio de Ciencia e Innovación: proyecto TEC2009-09106/TEC y acciones complementarias CGL2008-01330-E/CLI y CGL2009-08031-E/CLI; y de la European Space Agency: proyecto 21487/08/NL/HE.

REFERENCIAS

1. M. Sicard, A. Comerón, F. Molero, J. L. Guerrero-Rascado, R. Pedrós, F. J. Expósito, C. Córdoba-Jabonero, J. M. Bolarín, F. Rocadenbosch, M. Pujadas, L. Alados-Arboledas, J. A. Martínez-Lozano, J. P. Díaz, M. Gil, A. Requena, J. M. Moreno, C. Muñoz, S. Tomás, SPALINET: Red Española de lidares de aerosoles, IX Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA'08), <http://www.entornos.conama.org/etn/documentos/download/etn116/FINAL1%5B1%5D.pdf>.
2. M. Sicard, F. Molero, J. L. Guerrero-Rascado, R. Pedrós, F. J. Expósito, C. Córdoba-Jabonero, J. M. Bolarín, A. Comerón, F. Rocadenbosch, M. Pujadas, L. Alados-Arboledas, J. A. Martínez-Lozano, J. P. Díaz, M. Gil, A. Requena, F. Navas-Guzmán, J. M. Moreno, "Aerosol lidar intercomparison in the framework of SPALINET – the SPANish Lidar NETwork: methodology and results", *IEEE Trans. Geosci Remote Sens.*, 47, 3547 – 3559 (2009).
3. M. Hess, P. Koepke, I. Schult, "Optical Properties of Aerosol and Clouds: The Software Package OPAC", *Bull. Am. Met. Soc.*, 79, 831-844 (1998).

PROYECTO DE DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) PARA EL SEGUIMIENTO CONTINUO DE LA EVOLUCIÓN DE VERTIDOS EN APOYO DE LAS POLÍTICAS MEDIOAMBIENTALES

F. Davara Rodríguez, Carlota Tovar y Asociación Vertidos Cero

(*) f.davara@asimelec.es; Fundación FUNCOAS. Madrid

INTRODUCCIÓN

La existencia de normas medioambientales con un ámbito de aplicación cada vez más amplio y un mayor nivel de exigencia ha mejorado sustancialmente la concienciación hacia el medio ambiente de la sociedad en general, incluyendo la ciudadanía, administración y organizaciones públicas y privadas.

Sin embargo, las grandes concentraciones de población humana y las actividades asociadas con el desarrollo socioeconómico, fundamentalmente los procesos industriales, generan y vierten en nuestro entorno materiales y sustancias, cuya presencia en cantidades mayores a las que pueden ser asimiladas por los ecosistemas naturales, tiene un efecto muy nocivo en el aire, agua, suelos y organismos, con un grave deterioro de la calidad del medio ambiente, tanto rural como urbano.

Para que no aumente el nivel de degradación es necesario continuar dando pasos hacia un modelo que minimice la difusión de vertidos al medio, en búsqueda de la excelencia, representada por la ausencia de emisiones.

Con la finalidad de ayudar a alcanzar este objetivo la Asociación Vertidos Cero; para la Prevención, Minimización y Eliminación de los Vertidos, lleva a cabo acciones destinadas a la reducción de vertidos por medio de la concienciación social y la participación de todos los sectores implicados.

Entre ellas destacan las investigación, formación y difusión sobre todos aquellos aspectos relacionados con la prevención, minimización y recuperación de los vertidos de cualquier tipo, sólido, líquido o gaseoso, y en cualquier ámbito, acuático, terrestre o atmosférico, así como el desarrollo de proyectos y el asesoramiento y apoyo a entidades públicas y privadas y agentes sociales, con objeto de conseguir una adecuada gestión y tratamiento de los vertidos.

Para conseguir la mayor eficacia posible en el empleo de estas medidas es preciso disponer de los recursos y tecnologías apropiadas, entre las que destacan en nuestros días las de la información y las comunicaciones, o TIC, que incluyen a aquellas que se integran en la moderna disciplina de la Geomática, o GeoInformática, de amplio uso actualmente en un amplio rango de dominios

En este documento se presenta uno de los mencionados proyectos desarrollado mediante el empleo de estas tecnologías, dedicado al diseño y desarrollo de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para el seguimiento continuo de la evolución de vertidos, que sirva de apoyo a la estructura creada por la Asociación Vertidos Cero para el asesoramiento a instituciones públicas y privadas sobre la adecuada gestión de los vertidos.

El documento, que se ha elaborado expresamente para la presentación del Proyecto en el Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA 10; Madrid 22 al 26 de noviembre del 2010), comprende una descripción de las características de la tecnología que permiten realizar este tipo de sistema de información y una breve presentación de los resultados y conclusiones de la primera fase del proyecto.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

El Proyecto SIG de seguimiento continuo de vertidos se plantea con los siguientes objetivos:

- Diseñar e implementar un sistema de información de obtención, y almacenamiento de datos e información georreferenciada y otros colaterales, análisis de los mismos y generación de productos de valor añadido en apoyo a la toma de decisiones sobre vertidos para los sectores públicos y privados;

- En una primera fase se trata de llevar a cabo un primer inventario de actividades en un cierto número de municipios que se elijan como prueba piloto.
- Posteriormente, de acuerdo con los resultados y conclusiones de la primera fase, se mejorará el prototipo para desarrollar un SIG completo que abarque un amplio número de municipios con el objeto de finalizar esta fase, o una tercera a realizar posteriormente, elaborando un Mapa estatal de vertidos, que incluya Comunidades Autónomas, Confederaciones, etc.

El Proyecto se basará en un SIG que incluirá métodos y técnicas de obtención de datos, actualización periódica y análisis de los mismos, así como generación de productos de valor añadido en ayuda a toma de decisiones (mapas, gráficos, consultas, informes, etc.)

OBJETIVOS DEL SIG PILOTO

Teniendo en cuenta las nuevas aportaciones de las IDEs respecto de los SIG tradicionales, se trata de obtener el diseño de un SIG que pretende actuar como proyecto piloto de una futura IDE de vertidos. Dicho SIG piloto, tiene como objetivo ayudar en la evaluación del impacto ambiental de los emisarios submarinos de la costa valenciana y servirá de pilar para la creación de una IDE que ha de proporcionar apoyo tecnológico a las tareas de investigación básica y aplicada de la Asociación Vertidos Cero; para la Prevención, Minimización y Eliminación de los Vertidos ¹.

Esta IDE permitirá en primera instancia un seguimiento continuo de la evolución de vertidos del litoral valenciano, en apoyo de las políticas medioambientales y finalmente se pretenderá un seguimiento de la evolución de vertidos de diversas Comunidades Autónomas, Confederaciones, etc.

De esta manera, a la hora de llevar a cabo el Diseño de este SIG, se ha considerado que una IDE, no es más que un SIG que pretende, a través de la Web, facilitar y

¹ <http://www.vertidoscero.com/>. Última consulta: Noviembre 2010.

agilizar los procesos de búsqueda de información mediante el empleo de diferentes servicios. En este sentido, para facilitar la progresiva evolución de este SIG a una IDE costera, a la hora de diseñar las interfaces de comunicación con el mundo exterior para la adquisición, consulta, carga y descarga de datos se ha dotado al SIG piloto de la máxima funcionalidad, pensando en los requisitos de la futura IDE.

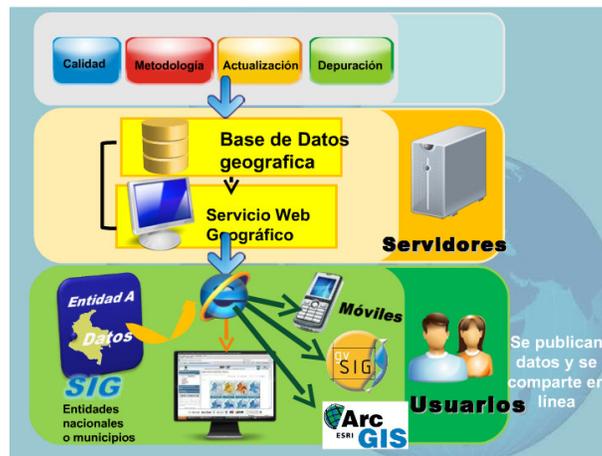


Figura 1. Servicios Web

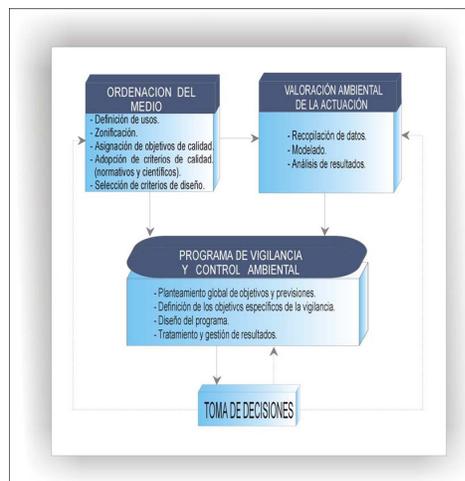


Figura 2. Organigrama conceptual de la metodología de diseño integral de un saneamiento litoral.

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LOS EMISARIOS SUBMARINOS: DATOS NECESARIOS.

El SIG Emisarios Submarinos pretende ser una herramienta de ayuda en los Planes de Vigilancia y Control Ambiental (PVCA) llevados a cabo en la gestión de los sistemas de saneamiento.

Con base en los resultados de la Vigilancia, el gestor puede evaluar la validez del esquema de saneamiento proyectado, desde las perspectivas ambiental e ingenieril, estando en disposición de tomar las decisiones oportunas sobre las modificaciones pertinentes en los diferentes elementos del Modelo, tanto en sus aspectos conceptuales como en los materiales

El conjunto de datos necesarios para el estudio de un saneamiento litoral y que por tanto, habrán de ser almacenados en el SIG Emisarios Submarinos, se englobará dentro de algunas de las categorías siguientes:

- Datos sociológicos; se refieren al conocimiento necesario que debe tenerse sobre la población actual, su evolución futura y su variación estacional; así como la de todos los necesarios (industrias, instalaciones públicas, etc...) para la estimación de los caudales y cargas contaminantes en tiempo seco.
- Datos meteorológicos e hidrológicos; serán necesarios para la estimación de los caudales de escorrentía que viertan directamente a los medios receptores, en los que introduce la contaminación denominada "difusa" por no proceder de una fuente concreta, y los que son recogidos por la red de saneamiento que condicionarán el diseño de los diferentes elementos de la red.
- Datos oceanográficos; que ayudarán a comprender las características que el medio marino receptor tiene para transportar y dispersar las cargas contaminantes, así como las condiciones que presenta para la realización de las obras necesarias.
- Datos físicos, químicos y biológicos; incluyen todos aquéllos que sean necesarios para determinar las características físico-químicas de la masa de agua receptora y sus fondos, así como de las comunidades biológicas.

SIG EMISARIOS SUBMARINOS

En los siguientes apartados se presentan los elementos más característicos del primer prototipo de SIG de emisarios submarinos desarrollado para su presentación en el Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA 10)

METODOLOGÍA DE ALMACENAMIENTO Y GESTIÓN

Se propone una respuesta eficiente al almacenamiento de la información del litoral sea cual sea su naturaleza, dimensión o formato. Se propone una estructuración temática en 20 categorías (tomando como base la Directiva Europea INSPIRE). Para ello se ha diseñado un sistema de gestión de información geográfica que se ha coordinado al modelo de almacenamiento y gestión de información temática.

ARQUITECTURA TECNOLÓGICA

Se ha diseñado una arquitectura tecnológica basada en la integración de tres servidores (servidor de bases de datos, servidor de ficheros, servidor de servicios cartográficos) que proporcionan acceso a la información geográfica a través de Internet e intranet a clientes ligeros y pesados. La tecnología escalable se ha desarrollado sobre los productos de la empresa ESRI (Environmental System Research Institute) e incluyen los programas ArcSDE, ArcIMS y ArcGIS Server.

La arquitectura del sistema contempla los siguientes elementos:

- Base de datos. Almacena y gestiona toda la información relativa a los metadatos, la información geográfica, la información alfanumérica asociada y otros tipos de información. Se han adaptado distintos modelos de datos geográficos publicados por la empresa ESRI para almacenar datos de las diferentes temáticas consideradas.
- Servidor GIS. Gestiona los Servicios cartográficos de WMS, WFS, WMS y KML.
- Clientes. Se establecen dos tipos de clientes:
 - Clientes pesados. Acceden directamente a la base de datos geográfica disponiendo de todas las capas de información de la Geodatabase para los que han sido habilitados por un administrador.

- Clientes ligeros. Acceden a los servicios cartográficos generados a través de un producto de SIG desktop al cual se le permitan este tipo de conexiones. También pueden acceder a través de un visor cartográfico propio.

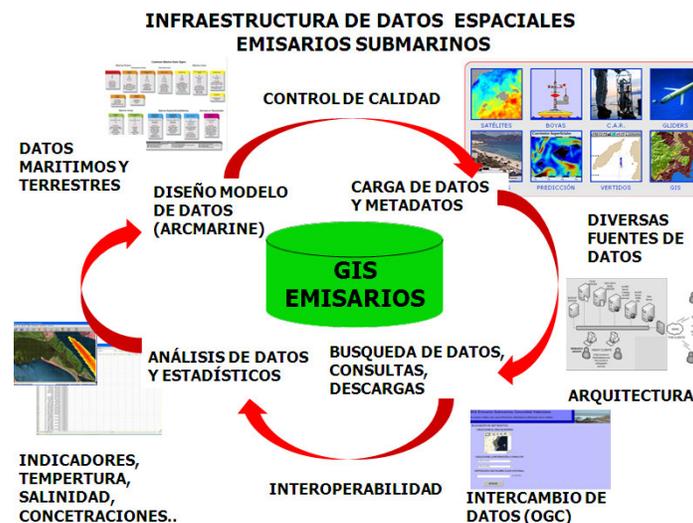


Figura 3. Esquema del flujo de trabajo propuesto

SERVICIOS CARTOGRÁFICOS

Se han diseñado diversos servicios cartográficos para proporcionar acceso a la información geográfica de la base de datos generada. Tales servicios son los que se exponen en los siguientes apartados.

CATÁLOGO DE METADATOS, CONSULTA Y DESCARGA DE INFORMACIÓN

Se adapta la interface del programa Metadata Explorer de ArcIms versión 9.3 para la búsqueda, consulta, visualización y descarga de datos.



Figura 4. Servicio de Metadatos

El usuario tiene diversas opciones para la búsqueda y descarga de documentos:

- Introducir la palabra clave a seleccionar, así obtendrá un listado de las capas de información y servicios que contienen dicha referencia.
- Navegar por la estructura de directorios hasta seleccionar la información que desee (geografía, proyectos, temática, servicios cartográficos, tablas..).
- Marcar en el mapa guía el ámbito geográfico sobre el que desea disponer de información.

Una vez seleccionada la información, se puede proceder a su descarga, para lo cual se le solicitará una clave de acceso.

SERVICIOS CARTOGRÁFICOS Y VISOR

A partir de la base de datos y haciendo uso de los productos ArcIMS y ArcGIS Server se ha procedido a la creación de diversos servicios cartográficos (WMS, KML, ArcGIS Services,..). Dichos servicios se estructuran en tres niveles:

- Proyectos. Contienen información geográfica de los proyectos junto a información de base.

- Áreas Temáticas. Presentan la información asociada a las veinte áreas temáticas definidas anteriormente; Base cartográfica, Imágenes, Topografía, Oceanografía...
- Áreas EMISARIOS. Se generan servicios cartográficos que combinan información de distintas fuentes proyectos/temáticas que hacen referencia a áreas de interés en el estudio de emisarios submarino; Variabilidad litoral, Morfodinámica Playas, Biodiversidad, Calidad Aguas y seguridad, Oceanografía Operacional, Población Economía y Patrimonio, Gobernanza.

El acceso de los servicios cartográficos se puede realizar de diversas formas:

- Conexión a los servicios cartográficos (WMS, ArcIms,..) desde un cliente ligero. Se trataría de un visor estándar que hace una llamada a los servicios cartográficos. Por ejemplo, acceso desde el visor de la Infraestructura Española de Datos Espaciales (www.ide.es).
- Conexión a los servicios a través de un cliente pesado. En este caso sería un programa de SIG que conectaría con los servicios creados. Por ejemplo, Arcgis, GVSIG, etc.



Figura 5. Conexiones de clientes pesados y ligeros.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VISOR CARTOGRÁFICO

Para la visualización de los servicios cartográficos generados se ha construido un servidor cartográfico sobre el entorno tecnológico de ArcIMS 9.3.

Se ha diseñado una interface sencilla para facilitar el acceso, consulta e impresión cartográfica. La pantalla principal del visor cuenta con varias áreas de trabajo:

- Carátula
- Barra Herramientas
- Capas de Información
- Mapa



Figura 6. Detalle del visor cartográfico

ADMINISTRADOR DE SERVICIOS

Para la administración de servicios cartográficos y gestionar el acceso al visor se ha desarrollado una aplicación informática específica el Administrador de servicios Emisarios. Dicha aplicación permite la documentación de los servicios cartográficos, su asignación a un proyecto y el establecimiento de roles de acceso a usuarios.

GEOPORTAL WEB

Finalmente se ha construido un GeoPortal Web que facilita el acceso a los distintos servicios de la IDE.



Figura 7. GeoPortal Web de acceso a los servicios cartográficos.

El GeoPortal incluye las siguientes opciones:

- Acceso al visor cartográfico
- Buscador de Metadatos
- Descripción estructura temàtica de la base de datos y acceso a metadatos.
- Descarga de datos en formato Google Earth
- Proyectos GIS : Aplicaciones Específicas
- Acceso al Gestor de Servicios Cartográficos
- Acceso al Administrador de Proyectos

CONCLUSIONES

Tras un exhaustivo estudio bibliográfico y un análisis minucioso de los requisitos exigidos para el estudio del impacto ambiental de emisarios submarinos, se concluye en este documento que, tanto la percepción remota, como los Sistemas de Información Geográfica, son herramientas de gran ayuda para el mismo.

Con este estudio también queda evidenciada la complejidad de los Sistemas de Información Geográfica costeros. La heterogeneidad del gran volumen de información a manejar es el primer factor a tener en cuenta. La coexistencia de datos geográficos y marinos es todavía un desafío y objeto de estudio. Cada proyecto, requiere una solución específica de compromiso entre ambas fuentes, pudiendo optarse por la definición de un modelo de datos que incorpore la información oceánica a los Sistemas de Información Geográfica o viceversa. Puesto que este prototipo se centra en el Diseño de un SIG, se ha optado por la primera opción, eligiendo para ello el modelo de datos Arc Marine de la empresa ESRI.

Por otro lado, el Diseño de este SIG piloto, con vistas a su expansión a una IDE de vertidos ha permitido vislumbrar la complejidad del asunto. La creación de la IDE exige una estrecha coordinación entre Administraciones en referencia al acceso de la información medioambiental. El acceso a dicha información es todavía un hándicap y cuando se consigue está incompleta, en numerosas ocasiones, no disponiéndose de metadatos desarrollados siguiendo los estándares propuestos por el núcleo español de metadatos coordinado por el Instituto Geográfico Nacional.

En cuanto al estudio llevado a cabo sobre la posible aplicación de las técnicas de percepción remota en la evaluación del impacto ambiental de los emisarios submarinos se concluye, que esta tecnología es indudablemente una buena herramienta de ayuda, cuyo empleo se ve respaldado por los grandes avances que están teniendo lugar en el campo de la teledetección operacional, gracias a los cuales, los esfuerzos destinados a la adquisición y procesamiento de los productos derivados de la misma han disminuido notablemente.

ECOSISTEMA DE REDES DE SENSORES

Noelia Miranda Santos y Cayetano Lluch Mesquida

Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación

Las tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs), y en particular las telecomunicaciones han demostrado tener un claro impacto en la Sociedad mejorando nuestra calidad de vida y favoreciendo la competitividad de nuestras empresas.

Las redes de sensores, WSN (Wireless Sensor Networks) como parte integrante de las TICs, han sido identificadas como una de las tecnologías más prometedoras del futuro, debido a la reciente aparición de pequeños sensores electromecánicos de bajo coste, a las ventajas frente a otras tecnologías de telemando y telemetría, y al amplio campo de aplicaciones identificado para esta tecnología.

Últimamente, la importancia de las redes de sensores ha aumentado al ser consideradas una parte de la evolución de Internet hacia el “Internet de las Cosas”.

Por ello, las redes sensores pueden convertirse en el aliado perfecto en el cuidado y protección del medioambiente, es decir, se presentan como tecnología al servicio de la Sociedad y del Planeta.

Las redes de sensores consisten en pequeños dispositivos electrónicos capaces de obtener medidas de diferentes variables del entorno, procesarlas y en actuar en consecuencia, es decir posibilitar el análisis del medio, identifican eventos y reaccionan en consecuencia.

Diferentes estudios de mercado y analistas ²muestran las redes como una de las tecnologías con más poder de expansión³. Harbour Research dice que *machine* que suponen un desafío tecnológico sin precedentes y las sitúa en la punta de lanza de una nueva era en la que personas, máquinas, sensores y empresas vivirán conectados y serán capaces de interactuar unos con otros. Sólo en España, según la nota mensual de la CMT (Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones) del

² Según la GSMA, para 2025 habrá más de 50.000 millones de máquinas conectadas.

³ Harbour Research dice de las *machine* que suponen un desafío tecnológico sin precedentes y las sitúa en la punta de lanza de una nueva era en la que personas, máquinas, sensores y empresas vivirán conectados y serán capaces de interactuar unos con otros

mes de octubre, hay más de 2 millones de líneas M2M, lo que representa el 3,8% del total de líneas móviles.

La infinidad de aplicaciones de las redes de sensores es tan amplia, no sólo en materia de medioambiente, que sus posibilidades van desde medir la calidad del agua, aire, hasta prevenir incendios forestales o crecidas de los ríos.

Existen en España empresas dedicadas al desarrollo y comercialización de redes de sensores, pero generalmente son redes específicas para clientes concretos, en general grandes clientes y la Administración. Se puede decir que no existe un ecosistema de muchas pequeñas empresas y profesionales que comercialicen muchísimas aplicaciones para también pequeñas empresas y profesionales. Sin embargo, parece existir el mercado y la tecnología necesaria para satisfacerlo.

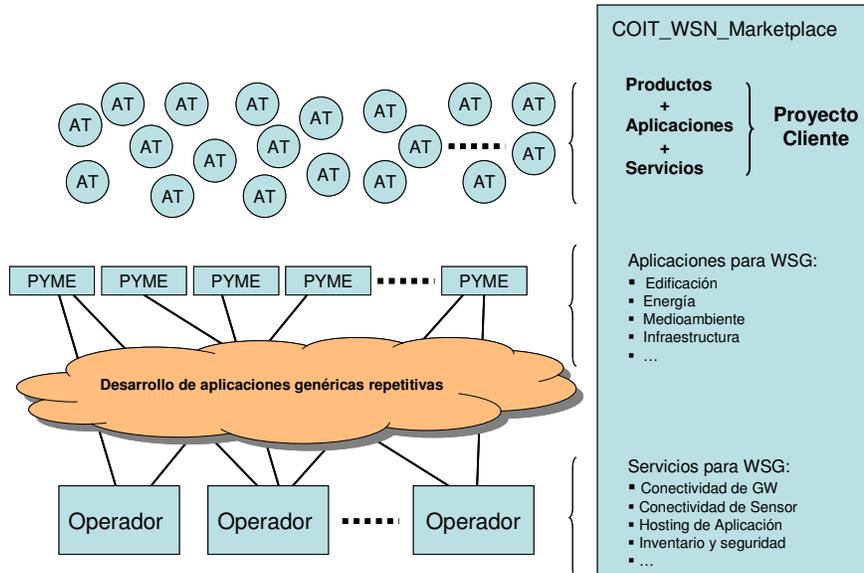
En este sentido, es posible desarrollar el mercado si se constituye un ecosistema que agrupe a los profesionales, autónomos o constituidos en pequeñas empresas (AT) distribuidos en toda España y en número suficiente, desarrollasen parte de su actividad proyectando e implantando redes de sensores.

Para ello, el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (COIT) ha reunido a todos los actores o agentes en un ecosistema WSN, relacionándonos entre sí mediante un mercado digital o emarketplace, como se indica en la Figura .

En este ecosistema se distinguen los agentes y elementos siguientes:

- AT: Profesional (ingeniero de telecomunicación), generalmente autónomo o constituido en pequeña empresa, que proyecta redes de sensores y certifica su instalación.
- PYME: Pequeña empresa que desarrolla aplicaciones genéricas repetitivas con redes de sensores, que comercializa a AT para proyectos.
- Operador: Operador de redes de telecomunicaciones fijas y/o móviles que disponen de una infraestructura de soporte para redes de sensores, sobre la que ofrece servicios de conectividad, alojamiento, etc.
- Aplicaciones genéricas repetitivas: son aquellas que, aun disponiendo de una arquitectura y elementos comunes, deben dimensionarse para cada cliente. Se trata p.ej. de redes de sensores para ayuntamientos, para edificios públicos (bibliotecas, museos, etc.) y privados (oficinas, polígonos, etc.), para granjas, agricultura de precisión y bosques, etc. Generalmente son muchas las aplicaciones y muchos más los potenciales clientes.

- COIT: Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, por medio del grupo NAP, que desarrolla y, facilita la coordinación del ecosistema y desarrolla el WSN_Marketplace, cuya implantación inicial puede verse en www.coit.es.



Parafraseando el manifiesto del Congreso “ahora más que nunca” la Sociedad debe implicarse en un proceso de cambio que necesita de todos: de líderes comprometidos, de profesionales capacitados, de empresas con visión de futuro y de agente sociales. Por eso el COIT pone a disposición de la Sociedad y para la protección del planeta a sus profesionales: los Ingenieros de Telecomunicación y crea este ecosistema para reunir a todos los agentes implicados para potenciar y desarrollar el sector de las redes de sensores.

PRODUCTOS URBANOS AVANZADOS A PARTIR DE INFORMACIÓN AEROESPACIAL

Victoriano Moreno Burgos, Marino Palacios Morera y Daniel Carrasco Díaz

Indra Espacio

Tradicionalmente el sector de generación de servicios y productos de valor añadido a partir de imágenes de satélite no se ha enfocado a temáticas urbanas de carácter ambiental. La toma de conciencia de la importancia de las ciudades, tanto por ser los territorios donde más población habita como por su influencia en su entorno así como en el medio ambiente global, está cambiando esta tendencia.

Los gestores de las ciudades están demandando cada vez más información sobre la realidad física de éstas (fotografías aéreas, imágenes de satélite, cartografía básica y temática, modelos digitales de elevaciones precisos, etc.); sobre los cambios que se producen en ellas (series de imágenes de satélite o fotografías aéreas; mapas de cambios o estadísticas); información territorial y ambiental básica (como son los mapas de ocupación del suelo y usos del suelo; inventarios de áreas verdes u otros espacios e indicadores asociados) o productos avanzados relacionados con la calidad del aire; el clima urbano; las áreas degradadas o la contaminación lumínica.

Los productos urbanos avanzados que se presentan en este artículo se corresponden con los trabajos desarrollados por INDRA para diversas instituciones (entre las que destaca el Ayuntamiento de Madrid, la Junta de Andalucía o la Agencia Espacial Europea) y los proyectos de investigación desarrollados a partir del Plan Aeroespacial de la Comunidad de Madrid.

Las imágenes de satélite tradicionalmente han completado a los vuelos aerofotogramétricos como instrumentos fundamentales para realizar cartografía urbana y para conocer la realidad física de las ciudades. A partir de series de imágenes de satélite se obtienen mapas de cambios y estadísticas asociadas que permiten disponer de información reciente para diversos usos como son la actualización cartográfica, detección de obra nueva y posibles obras ilegales, entre otros.

Los mapas de ocupación y/o uso del suelo son un producto tradicional obtenido a partir de imágenes de satélite, contando con ejemplos significativos como el proyecto de la Agencia Medioambiental Europea *Corine Land Cover* o el proyecto español SIOSE (*Sistema de Ocupación del Suelo de España*). Dentro del proyecto europeo GMES se ha desarrollado un producto de ocupación del suelo denominado *Atlas Urbano*. El Atlas Urbano cuenta con una leyenda de ocupación del suelo

adaptada a los entornos urbanos europeos, se ha realizado a partir de imágenes de satélite de alta y muy alta resolución y su escala de representación es 1:10.000. Este mapa se ha realizado para las 500 mayores ciudades europeas.

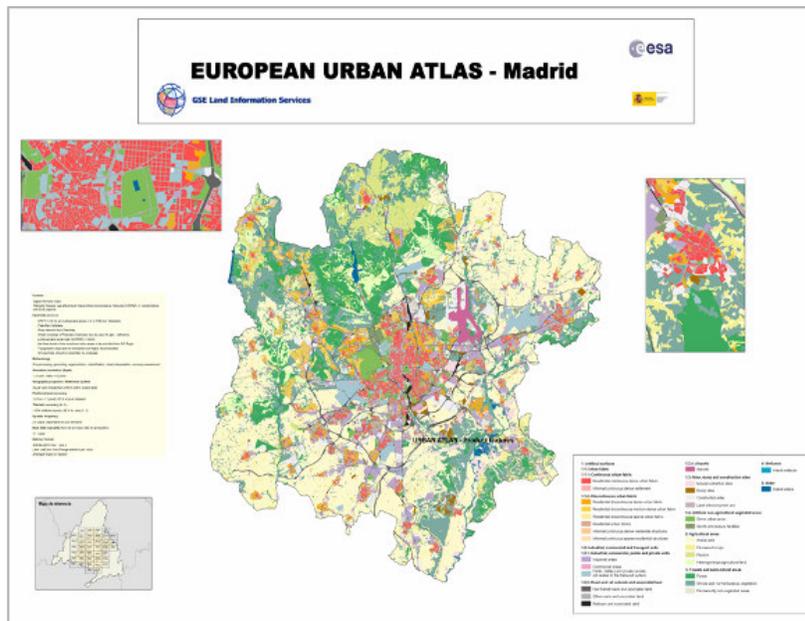


Figura 1: Ejemplo del Urban Atlas de Madrid. Fuente. INDRA/GSE Land

Las ciudades producen externalidades negativas en forma de residuos. Tradicionalmente mediante fotografía aérea e imágenes de satélite se han realizado inventarios de áreas degradadas (solares, escombreras, vertederos, áreas con productos potencialmente contaminantes, etc.). Como avance sobre esta metodología tradicional en la actualidad se están utilizando sensores hiperespectrales a bordo de aviones y satélites para el inventario y la caracterización inicial de éstas áreas. Los sensores hiperespectrales permiten una mayor discriminación de distintos tipos de materiales y se han utilizando ampliamente en caracterización de minerales. En los trabajos realizados por INDRA dentro del Plan Aeroespacial de la Comunidad de Madrid se ha demostrado la eficacia de este tipo de técnicas en la realización de mapas de probabilidad de presencia de asbestos en tejados, maquinaria, neumáticos, etc. Los sensores hiperespectrales presentan en la actualidad un desarrollo amplio en sistemas aeroportados y existen ya desarrollos a bordo de satélites, como son el sistema europeo Chris Proba y el norteamericano Hyperion.

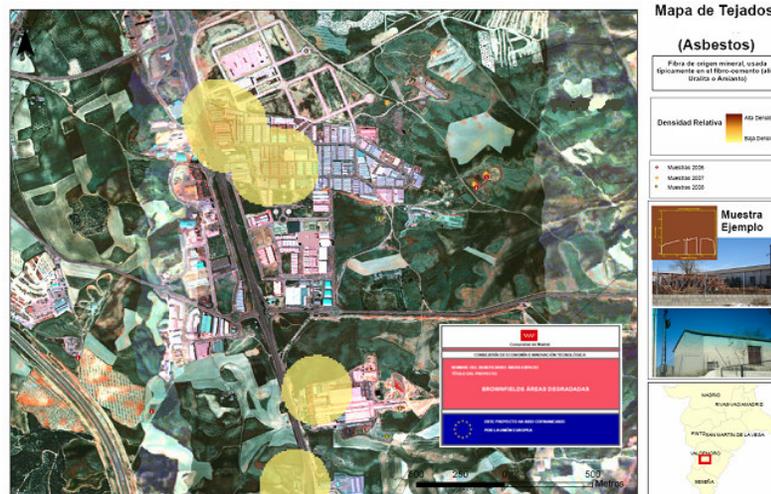


Figura 2: Mapa de probabilidad de presencia de asbestos a partir de datos hiperespectrales.
Fuente: INDRA/Plan Aeroespacial de la Comunidad de Madrid. Imagen: INTA

El consumo de agua en las ciudades es otro de los temas de interés para los gestores urbanos. Mediante técnicas de Observación de la Tierra es posible determinar aspectos como el estado de la vegetación en parques y jardines así como el inventario y la situación de los “pequeños embalses” que constituyen las piscinas privadas. Mediante la utilización de índices de vegetación (las imágenes de satélite son capaces de establecer el estado de verdor de la vegetación) es posible determinar el estado de la misma y establecer relaciones con su consumo de agua. Al mismo tiempo las imágenes de satélite permiten realizar inventarios de piscinas privadas, estimar el agua que contienen y determinar pautas relacionadas con su depuración o no, y el consumo de agua asociado, a partir del estado de agua y la presencia o no de actividad biológica.

Uno de los aspectos clave del medio ambiente urbano es la calidad del aire. Aunque si existen modelos e información sobre calidad del aire a escala continental realizados a partir de datos de sensores a bordo de satélite, no existe el mismo desarrollo cuando nos referimos a entornos urbanos.

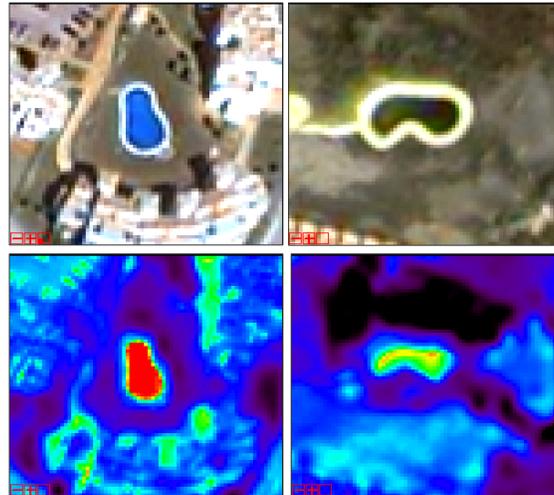


Figura 3: Ejemplo de piscina depurada (en rojo) y piscina sin depurar (en verde) obtenido a partir de técnicas de tratamiento digital de imágenes de satélite

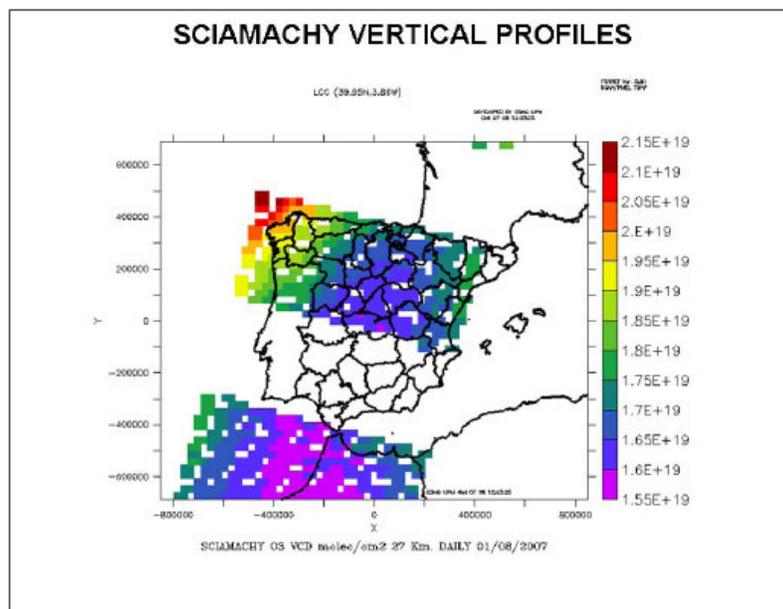


Figura 4: Representación de parámetros de calidad del aire obtenidos con el sensor de la ESA Sciamachy. Fuente: INDRA/GMSMA-UPM. Imagen original: ESA

A partir de imágenes de satélite es posible obtener datos relativos a diferentes partículas y mejorar los actuales modelos de calidad del aire urbano mediante productos de geo-información: mapas de altura de edificios; morfología urbana;

mapas de usos del suelo detallados, áreas verdes, etc. Estos datos pueden incluirse en modelos de cambio climático obteniéndose una mejora de los mismos.

Temas novedosos y de alto interés en relación al medio ambiente urbano son la contaminación lumínica y aspectos relacionados con el clima urbano, como el fenómeno de isla de calor.

Mediante sensores espaciales nocturnos (como es el caso del norteamericano DMSP con una resolución espacial de aproximadamente 1 Km.) o a través de vuelos fotogramétricos nocturnos es posible determinar la intensidad lumínica que generan las ciudades. El satélite DMSP permite obtener datos de intensidad lumínica todos los días por lo que es posible determinar cambios en la contaminación lumínica a escala regional. Este sensor no ofrece datos calibrados en origen, por lo que es necesario realizar medidas in situ.

En la actualidad para obtener datos de intensidad lumínica a escala urbana es necesario trabajar con imágenes obtenidas a partir de sensores aeroportados. Mediante el conocimiento de los espectros de las diferentes lámparas instaladas en el alumbrado urbano es posible determinar clasificaciones de las luces de las ciudades además de su intensidad.

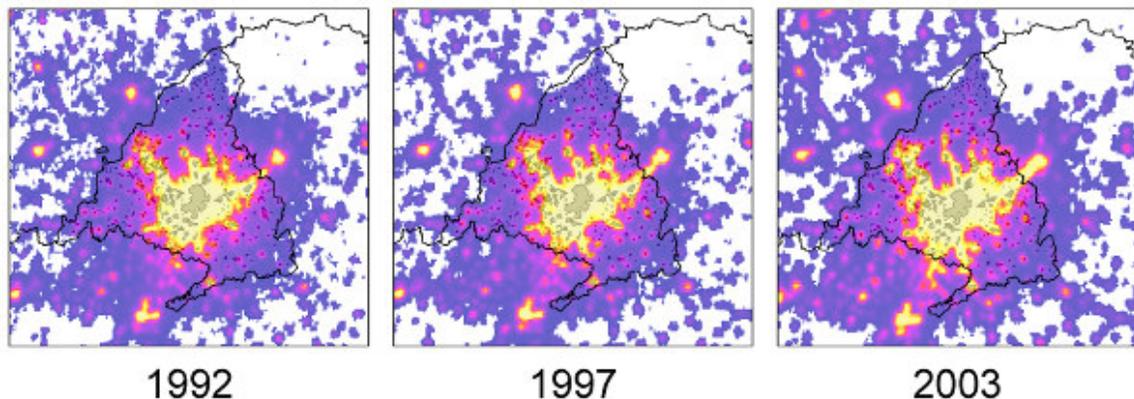


Figura 5: Mapa de intensidad lumínica aparente de la Comunidad de Madrid a partir de datos del sensor DMSP. Fuente: INDRA/Plan Aeroespacial de la Comunidad de Madrid. Imagen original: NOAA



Figura 6: Mapa de intensidad lumínica del centro de Madrid a partir de datos aeroportados.
 Fuente: INDRA/Plan Aeroespacial de la Comunidad de Madrid. Imagen original: INTA



Figura 7: Calle con arbolado de sombra en una zona residencial de Madrid

Tradicionalmente en las ciudades mediterráneas siempre se han utilizado diferentes soluciones para paliar el calor del verano y es clara la percepción de las diferencias de temperatura entre el centro de los entornos urbanos y las áreas rurales circundantes.

Desde mediados del siglo pasado a este fenómeno se le denomina como *isla de calor* y refleja la diferencia de temperatura entre el centro de las ciudades y las zonas metropolitanas, especialmente durante la noche. Los efectos de esta isla de calor son claros: efectos sobre la salud especialmente en ancianos y personas enfermas; sobre la calidad del aire (existe una clara relación entre aumento del ozono e incremento de la temperatura); eficiencia energética (los edificios del centro de las ciudades pueden necesitar más refrigeración en verano); planeamiento urbano (la morfología de las ciudades está profundamente relacionada con el clima urbano) o los efectos del clima urbano sobre el cambio climático mundial.

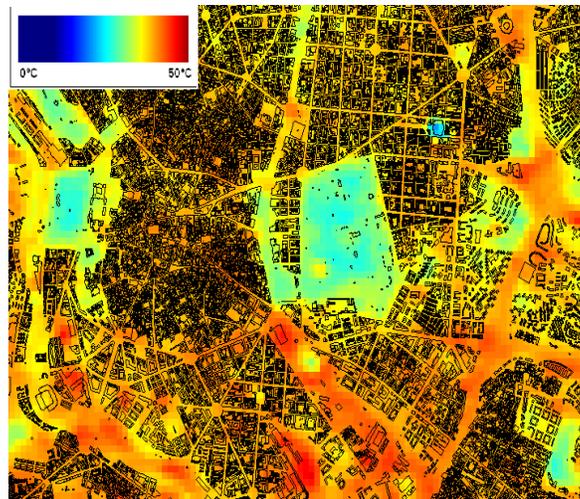


Figura 8: Mapa de temperatura del centro de Madrid a partir de una imagen de satélite. Fuente: INDRA/Plan Aeroespacial de la Comunidad de Madrid

A partir de imágenes que obtienen datos en el infrarrojo térmico y otros es posible realizar mapas de temperatura superficial y temperatura del aire. Estos datos son la base para realizar estimaciones de isla de calor e indicadores asociados.

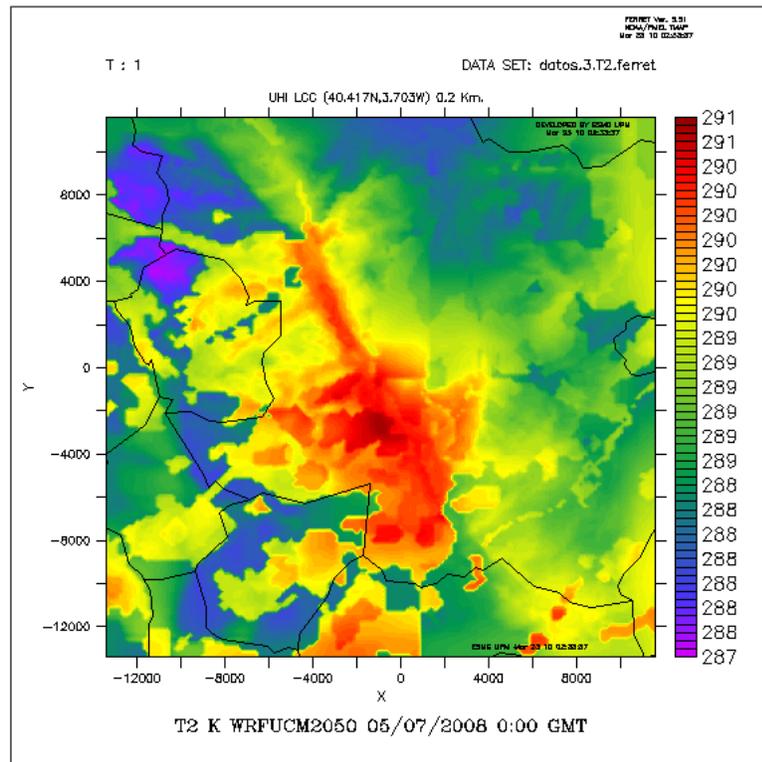


Figura 9: Modelo de diferencias de temperatura en el entorno urbano de Madrid. Fuente: INDRA/GMSMA-UPM/Plan Aeroespacial de la Comunidad de Madrid

A modo de conclusión a continuación se señalan las ventajas de la información obtenida sobre medio ambiente urbano a partir de imágenes de satélite.

Los mapas de usos del suelo, mapas de cambio e indicadores asociados realizados a partir de imágenes de satélite están ampliamente introducidos como fuente de información básica para los planificadores medioambientales. La información obtenida de satélites sobre áreas verdes y jardines y consumo de agua en piscinas se está introduciendo entre estos gestores y son productos cada vez más demandados.

La capacidad de los sensores hiperespectrales de obtener información sobre áreas degradadas así como las oportunidades en éste y otros campos de estas técnicas en el futuro inmediato son muy prometedoras.

Las imágenes de satélite nocturnas son en la actualidad la única manera de realizar mapas de contaminación lumínica aparente a escala regional. Los vuelos nocturnos han demostrado su capacidad para obtener información con más detalle y se convertirán en una fuente de información fundamental para este tipo de estudios.

Los datos sobre clima urbano son cada vez más demandados y las termografías obtenidas a partir de datos aeroportados o mediante sensores a bordo de satélites son una herramienta clave y cada vez son más demandados para entender la isla de calor de las ciudades y establecer medidas al respecto. En la actualidad se están llevando a cabo estudios para obtener datos de mejor resolución espacial a partir de misiones espaciales.

En relación a los modelos de calidad del aire urbano, los datos aportados por satélites y por otras fuentes de geo-información han demostrado que mejoran los modelos actuales.

En la actualidad, además del diseño y desarrollo de sensores cada vez más especializados, el objetivo en este tipo de estudios es seguir desarrollando productos avanzados que integren las necesidades reales de los usuarios con los datos provenientes de sensores remotos y sensores in situ.

NUEVOS SENSORES PARA LA MEDIDA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

Ramón Prats i Vime Adjunto a la Dirección General, Manel Farré i Torras Director de la División de Innovación y Jordi Cros i Herrero Director de I+D+i

Equipo I+D+i de ADASA SISTEMAS, Grupo COMSA-EMTE

1. INTRODUCCIÓN

El seguimiento de la calidad de las aguas residuales en todas sus posibilidades, (efluentes domésticos e industriales, colectores, influentes a estaciones depuradoras, sus efluentes y el control directo de vertidos al medio natural) es objeto de un creciente control por parte de las Administraciones competentes con el objetivo de preservar las aguas superficiales y las subterráneas por infiltración, de contaminantes presentes en los vertidos que pongan el peligro los objetivos de calidad planteados para cada masa definida.

En función del estado del medio receptor, la DMA¹ define los controles mínimos a efectuar en los vertidos al medio natural y los límites de los contenidos máximos para una serie de parámetros, que definen la capacidad reductora así como el contenido en nutrientes para los vertidos efectuados en zonas especialmente sensibles.

Uno de los componentes de más interés en estos controles es el contenido en “materia orgánica” (MO) de los vertidos por sus efectos negativos sobre el medio natural. Como MO, se entiende un conjunto de compuestos degradables en los tratamientos de las aguas residuales en procesos biológicos o en procesos químicos de oxidación-reducción entre los que pueden encontrarse ciertos nutrientes.

La determinación del contenido en MO se efectúa mediante medidas indirectas que cuantifican su capacidad de degradación por procesos biológicos (demanda biológica de oxígeno –DBO5-), de oxidación por procesos químicos (demanda química de oxígeno –DQO-) o de oxidación del carbón presente en toda MO (carbón orgánico total –COT- o carbón orgánico disuelto –COD-).

Estos procesos de medida albergan cierta dificultad en las determinaciones de laboratorio, dificultad que aumenta considerablemente si se pretende automatizar el análisis y efectuarlo en las condiciones típicas de campo.

¹ DMA: Directiva Marco del Agua. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Traspuesta mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre.

Vistas estas dificultades, desde hace algunos años se ha optado por aceptar una medida global de la MO más indirecta aún que las clásicas anunciadas. Nos referimos a la absorbancia óptica de algunos compuestos integrantes de la MO a los rayos con una longitud de onda de 254 nm.

Los compuestos que responden a esta longitud de onda (λ) son los que contienen enlaces insaturados de C dobles o triples y anillos aromáticos y por el contrario no responden a esta λ los azúcares, ácidos alifáticos simples, alcoholes, aminoácidos simples y los compuestos inorgánicos.

La medida se efectúa en unidades de Absorbancia/m y se expresa como Coeficiente Espectral de Absorbancia (SAC).

2. EL SAC

Como puede deducirse de lo que antecede, el SAC es un parámetro inespecífico que puede proporcionar cierto grado de correlación con las medidas clásicas que se utilizan como determinación de concentración de MO.

La ventaja que presenta el SAC es la sencillez de los equipos de medida, su robustez, la ausencia de reactivos, una calibración fácil, etc., que redundan en un coste relativamente bajo de la determinación.

Con esta medida indirecta se pretende obtener, por correlación, alguno de los parámetros indicados como determinantes de la medida o de algún aspecto del contenido en MO. La correlación sin embargo no es sencilla y se califica como de "site-specific", o sea válida para el punto en el que se ha determinado y mientras la composición de los contaminantes presentes en el agua no varíen de forma sustancial.

Durante un año hemos llevado a cabo la analítica y comparaciones adecuadas sobre las correlaciones entre el SAC y la DBO5, en el vertido de más de diez Estaciones de Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas (EDARU) y los resultados obtenidos no permiten dar una fórmula fija ni rígida, corroborando lo antedicho de que esta correlación es específica para cada punto y tratándose de salida de EDARU hay que tener en cuenta también la hora del día y si el día es festivo, etc., o sea los parámetros que determinan la composición de las AR urbanas.

La relación encontrada para DBO5/SAC oscila entre 1/3 y 2/3, siendo el valor más frecuente 1,72. Podemos por lo tanto concluir que el SAC, si bien no nos proporciona una composición, si que nos facilita de manera fácil y fiable una primera valoración de la MO contenida en una muestra.

3. LA SOLUCIÓN HABITUAL

Existen equipos de medida de la UV254, de dos tipos: los específicos para esta λ y los tipo Scan o barrido que efectúan una medida a lo largo de un espectro de λ 's relativamente amplio. Ambos funcionan perfectamente y para esta aplicación dan un resultado adecuado, aunque el medidor específico de UV254 con fuente de luz mediante lámpara de xenon pulsante, presenta unos límites de detección mejores, especificación que puede ser de alto interés para las aplicaciones más habituales. Ambos tipos de equipos están en el mercado desde hace bastante tiempo y se han utilizado para esta medida de forma satisfactoria, especialmente el específico.

4. LA SOLUCIÓN ALTERNATIVA

ADASA, en colaboración con la Universidad de Zaragoza y en el marco del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2005-2008, desarrollo el proyecto AQUAFRAME (2006-2008) con financiación y ayudas del CDTI, en el marco del cual se puso a punto la tecnología y se desarrolló una "sonda" capaz de efectuar la medida UV254, con características superiores a los equipos específicos y las ventajas propias de un formato sonda.

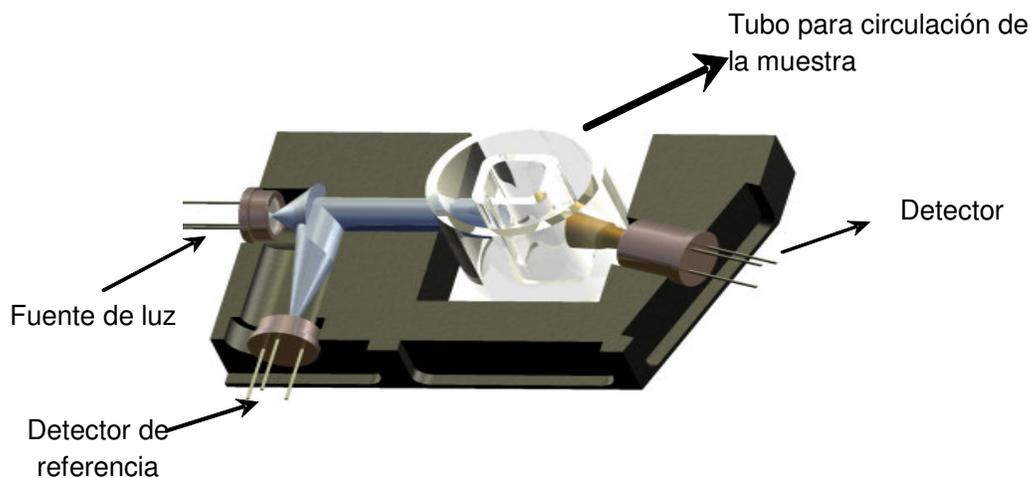


Fig. 1 Principio de funcionamiento de la sonda

Las condiciones impuestas en las especificaciones, incluían el que la sonda fuera integrable en un equipo multiparámetro y operara en condiciones equiparables a las sondas que se utilizan en este tipo de equipos.

Con estas premisas, se desarrolló una sonda con principio de medida como se muestra en la figura 1 a la que se dotó de cuatro canales de medida para absorbancia. La sonda presenta el aspecto físico que se muestra en las fotos:



Fig 2.- Foto 1 Interior de la Sonda mostrando la circuitería de los 4 canales, foto 2 Aspecto de la Sonda montada en su caja soporte, foto 3 La Sonda montada en el panel posterior del multiparámetro, foto 4 Aspecto del equipo multiparámetro con la medida de MO.

Las Especificaciones del módulo que contiene la sonda son:

Canales implementados en el módulo :	4
Utilización: Canal 1	medida SAC
Canal 2	Compensación por turbidez
Canal 3	Medida de la Turbidez en NTU
Canal 4	Previsto UV 280nm
Rango standard de medida SAC:	0 – 200 Unds abs/m
Alimentación:	± 15 Vcc
Medidas:	170 x 120 x 70 mm

El rango de medida del SAC de la sonda desarrollada es muy amplio y puede ampliarse por ajuste del camino óptico del haz de luz absorbida, pudiendo extenderse desde 0 a 100 hasta 0 a 1200 Uds abs/m.

La linealidad dentro de cada rango es perfecta y la parte que hay que compensar con más cuidado y a la vez la más limitante, es la presencia de turbidez propia de las muestras reales.

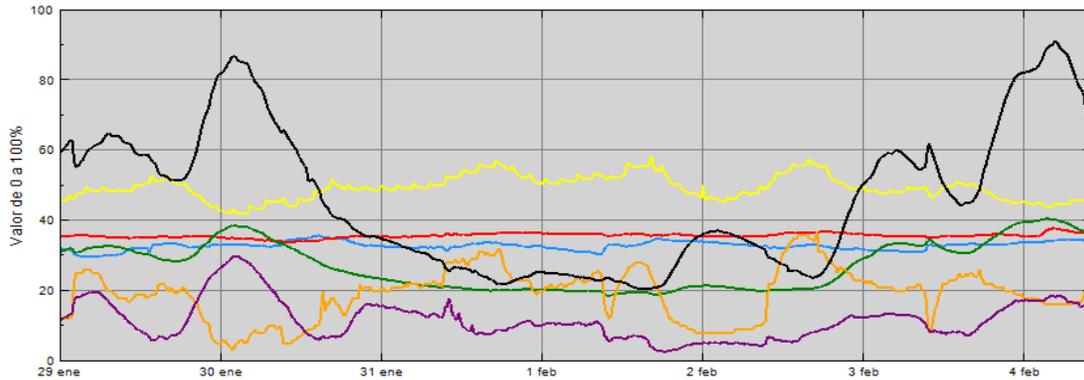
Los rangos de la sonda, generalmente se dan para muestra sintética y por tanto con turbidez 0 NTU, pero en las muestras reales y en especial en las de AR sin filtraje previo, la turbidez puede tener valores superiores a los 100 NTU, lo que limita el rango por saturación del canal de medida.

A nivel práctico el rango 0-400 de SAC se queda para un equipo de campo en 0-200, con posibilidad de compensar turbidez hasta unos 100 NTU.

5. LOS RESULTADOS OBTENIDOS

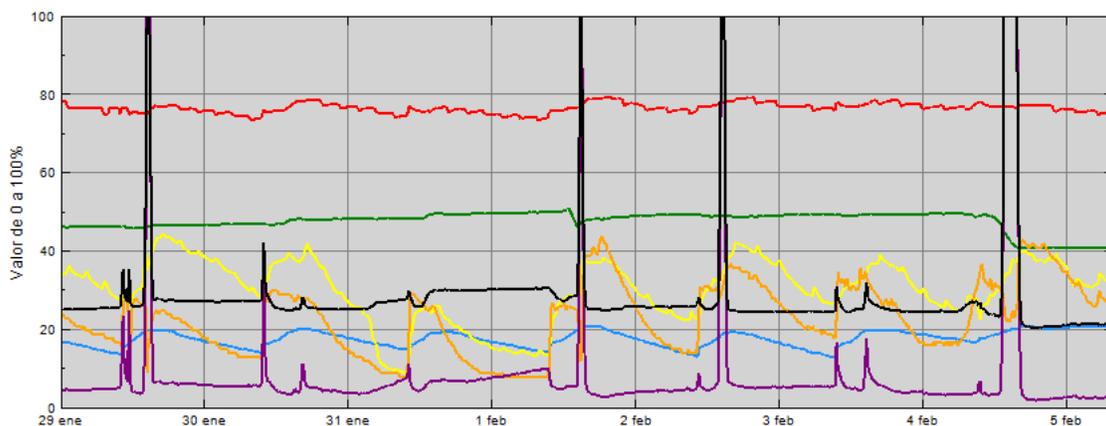
El sensor incorporado en un equipo multiparámetro proporciona un conjunto de medidas que prácticamente es suficiente para caracterizar la calidad del agua en varias aplicaciones. Las pruebas se han efectuado en el control de la calidad del

agua de salida de varias EDARU, aplicación en la que, como se puede observar en los resultados obtenidos, permite una caracterización perfecta del vertido.



Temperatura(0 - 40 °C)	Turbidez(0 - 300 NTU)
pH(4 - 14 UpH)	SAC(0 - 100 Abs/m)
Oxígeno(0 - 10 mg/l)	Redox(-500 - 500 mV)
Conductividad(0 - 8000 uS/cm)	

La gráfica es un ejemplo de probable llegada a la EDARU de agua mas cargada de MO y que la estación ha ido eliminando con el funcionamiento habitual, adaptándose a la mayor necesidad de O₂ disuelto en el biológico



Temperatura(0 - 40 °C)		Turbidez(0 - 300 NTU)	
pH(4 - 14 UpH)		SAC(0 - 100 Abs/m)	
Oxígeno(0 - 10 mg/l)		Redox(-500 - 500 mV)	
Conductividad(0 - 8000 uS/cm)			

Esta segunda gráfica sería un ejemplo de probable apertura del *by-pass* de la EDARU a horas fijas los días no festivos, a juzgar por la rapidez con que se producen tanto la subida como bajada del contenido en MO del vertido.

Podríamos dar ejemplos de situaciones muy diferentes pero con los expuestos vemos que el seguimiento del SAC es perfecto y homogéneo con el resto de parámetros propios de un equipo de este tipo (T, pH, REDOX, OD, Conductividad y Turbidez).

6. CONCLUSIONES.

El sensor UV254 para la medida del SAC, con compensación de turbidez que se ha obtenido, tiene dos características que le confieren un alto interés: por un lado la sencillez unida a una alta sensibilidad que se traduce en un muy buen límite de detección y dos décadas y media de rango y por el otro el formato adecuado para operar en las mismas condiciones que las sondas clásicas de los equipos multiparámetros.

Estas características permiten integrarlo sin problemas en un *multi* y disponer de un equipo muy robusto, fiable y económico suficiente para el seguimiento *on line* de la calidad de algunos tipos de aguas y en particular de las AR.

Cabe insistir en que no da una medida directa de la MO, sino por correlación como todos los equipos basados en esta tecnología, pero que es suficiente para la mayoría de aplicaciones en redes automáticas de control.

Debemos asimismo destacar que es un desarrollo 100 % nacional efectuado en el marco de los programas de ayuda a la I+D gestionados por el CDTI, que actualmente está ya en explotación con resultados excelentes en la aplicación que se ha expuesto y que puede competir con los equipos específicos del mercado en todos los campos tanto de especificación técnica como coste y resultados probados.

ANÁLISIS DE LÍQUIDOS POR MEDIO DE TÉCNICAS DE IMPACTO ACÚSTICO

*Juan Antonio Martínez Rojas, Álvaro Ramírez Rodríguez, Jesús Alpuente
Hermosilla y Pablo López Espí*

*Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones, Escuela Politécnica
Superior, Universidad de Alcalá*

INTRODUCCIÓN

El estudio no invasivo de líquidos tiene una importancia creciente en la industria y en la preservación del medio ambiente. Sin embargo, los países en vías de desarrollo no pueden permitirse el coste de las tecnologías punta generalmente empleadas en el estudio químico de líquidos, tales como espectrofotometría y cromatografía. En este trabajo se presenta una tecnología alternativa basada en las propiedades acústicas de las disoluciones, cuyas características principales son su coste extremadamente bajo, su gran robustez y la posibilidad de obtener resultados casi en tiempo real.

TIPOS DE MÉTODOS NO INVASIVOS EMPLEADOS EN EL ANÁLISIS DE LÍQUIDOS

La investigación activa en la monitorización en tiempo real de la calidad de las aguas, utilizando técnicas no destructivas, presentan una serie de ventajas, entre las que se encuentran la no alteración de las propiedades del líquido bajo ensayo, la rapidez del proceso y la no existencia de peligro de contaminación de la muestra.

Los métodos clásicos del análisis de líquidos precisan procesos de larga duración, al necesitarse tomar las muestras para su posterior preparación en laboratorio. La eliminación de los distintos pasos de este proceso y la consecución de análisis fiables in situ ha dado lugar a numerosos procedimientos, entre los que se encuentran la cromatografía, la cristalización fraccionada o la generación de reacciones químicas.

Los métodos de estudio no invasivos de materiales se pueden clasificar en función de su energía en dos grandes grupos: sistemas de baja energía (acústicos, ópticos o electromagnéticos) y sistemas de alta energía (electromagnéticos o nucleares).

Además, se puede establecer una clasificación de los métodos de análisis en función de su naturaleza: electromagnéticos, difusivos (líquidos y gases penetrantes), nucleares y acústicos. En el caso de los métodos acústicos se pueden utilizar técnicas de alta frecuencia (ultrasonidos), de frecuencias audibles o de baja frecuencia (infrasonidos).

En este trabajo el interés se centra en los métodos acústicos. La mayoría de las técnicas acústicas de estudio de materiales se centran en el margen ultrasónico del espectro de frecuencias. Las ventajas de usar ultrasonidos son una mayor resolución de la imagen (menor longitud de onda) en campo lejano y mayores potencias de emisión. Sin embargo, los ultrasonidos se atenúan muy rápidamente en aire, de modo que al estudiar materiales es necesario disponer de geles capaces de adaptar la impedancia acústica entre los emisores, el material y los sensores.

En este sentido, el uso de frecuencias más bajas, en el margen audible, permite trabajar con equipos de alta calidad a ínfimo coste y prácticamente eliminar el problema de la atenuación de las ondas sonoras en el aire. De este modo ya no es necesario usar adaptación de impedancias.

Sin embargo, el estudio de líquidos por medio de técnicas acústicas, menos aún audibles, no está muy desarrollado, debido a falta de interés en las posibilidades del método. Sólo los estudios que tienen una relevancia directa en el rendimiento de los sistemas sonar han recibido atención por parte de la comunidad científica. En general, los métodos acústicos utilizados en el estudio de líquidos (agua) nunca han alcanzado un grado de sofisticación cercano al de las técnicas clásicas, obteniéndose resultados significativos únicamente en el estudio de la influencia de la salinidad en la propagación de las señales de los sonar. En la actualidad, el uso de equipos de bajo coste permite el estudio en detalle de las propiedades acústicas de los líquidos.

Los métodos acústicos basados en el uso de frecuencias audibles, que utilizan instrumentación de bajo coste y fácilmente accesible, son métodos de muy baja energía que están relacionados directamente con el sentido de la audición, no necesitando la adaptación de la impedancia acústica entre el sensor y el material, si bien el almacenamiento de la información es menor que en otros métodos, aunque la calidad de las medidas es buena, a pesar de la simplicidad de los equipos.

SISTEMA EXPERIMENTAL

El sistema empleado en principio es muy simple, basándose en el análisis de la señal obtenida por impacto acústico, y consta de los siguientes elementos:

- Micrófono con un margen de frecuencias suficientemente amplio.

- Tarjeta de sonido.
- Ordenador tipo PC.
- Programa de procesado de sonido (Praat).

La idea consiste en golpear un recipiente de forma cilíndrica, lo más simple posible, con un pequeño péndulo y registrar la “firma acústica” del líquido contenido en dicho recipiente, que no es más que la onda correspondiente al sonido de impacto. Tanto el material del recipiente como el del péndulo influyen en la calidad de las medidas. En este caso un recipiente de vidrio, junto con un péndulo pequeño de plástico rígido, ofrecen los mejores resultados.

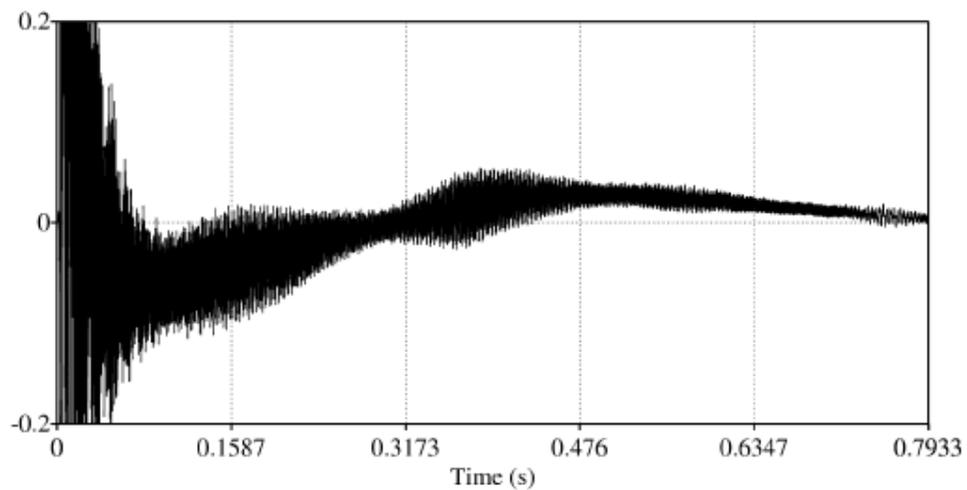


Figura 1. Firma acústica de agua de la red de abastecimiento.

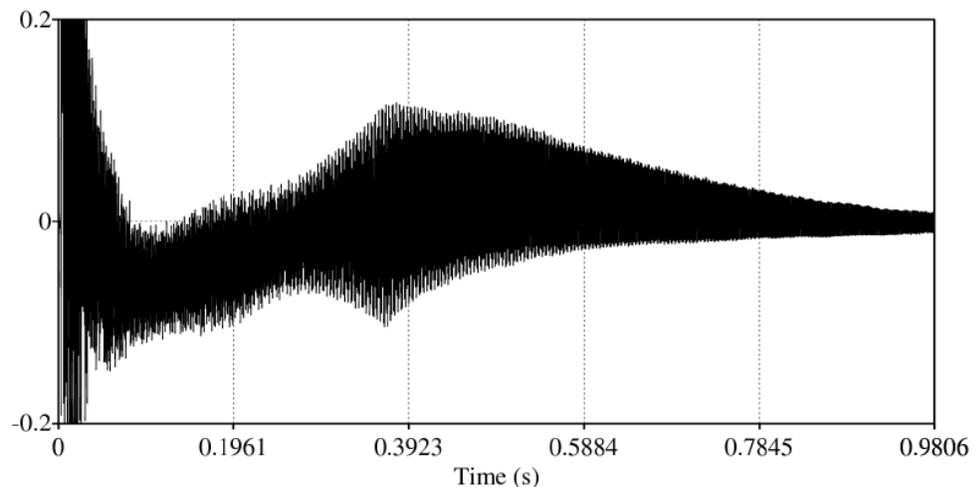


Figura 2. Firma acústica del agua destilada.

En las figuras 1 y 2 se muestran las firmas acústicas obtenidas cuando las muestras utilizadas se corresponden con agua de la red de abastecimiento y agua destilada.

Estos resultados se han obtenido en dominio del tiempo, estudiando sólo la forma de onda. Sin embargo, se pueden mejorar notablemente los resultados modificando ligeramente el sistema experimental de la siguiente forma:

1. En lugar de golpear el recipiente, se usan pulsos acústicos en forma de funciones de Bessel, para lo cual se sustituye el péndulo por un altavoz conectado a la tarjeta de sonido.
2. Se analiza la información de los ecos, recogidos por el micrófono, en el dominio de la frecuencia (análisis espectral).

La técnica así obtenida se denomina “ecoespectrometría acústica” en el margen audible. La utilización de esta técnica aporta las siguientes ventajas:

1. No hace falta golpear el recipiente, por tanto, las medidas son más reproducibles y aún menos invasivas.
2. El estudio matemático es mucho más simple, ya que se conoce la forma inicial de la onda incidente, si bien la dependencia de varias variables hace que el estudio físico de esta técnica sea muy complejo.
3. Se obtiene una gran precisión en las medidas, al disponerse de una gran cantidad de información útil.
4. La interpretación de los resultados es más directa y relacionada con el sentido del oído.

Además, esta técnica es muy apropiada para estudiar fluidos, ya que la potencia reflejada en los ecos es bastante buena, existiendo una buena profundidad de penetración en el líquido a las frecuencias audibles y siendo muy sensible a los cambios de concentración, viscosidad y temperatura en el líquido.

En este caso el recipiente puede ser simplemente de plástico (PET), muy comúnmente usado, que presenta excelentes propiedades y no supone apenas coste alguno.

El pulso generado desde el ordenador, que es emitido por el altavoz en dirección al recipiente, dada la imposibilidad de utilizar funciones delta de Dirac, es un pulso en forma de funciones de Bessel, cuya forma ideal se muestra en la figura 3, y que se ha elegido para su uso en los ensayos de espectrometría acústica realizados, dada

la mínima difractividad a que dan lugar, y teniendo en cuenta que su procesado permite obtener una gran información a partir del eco recogido por el micrófono.

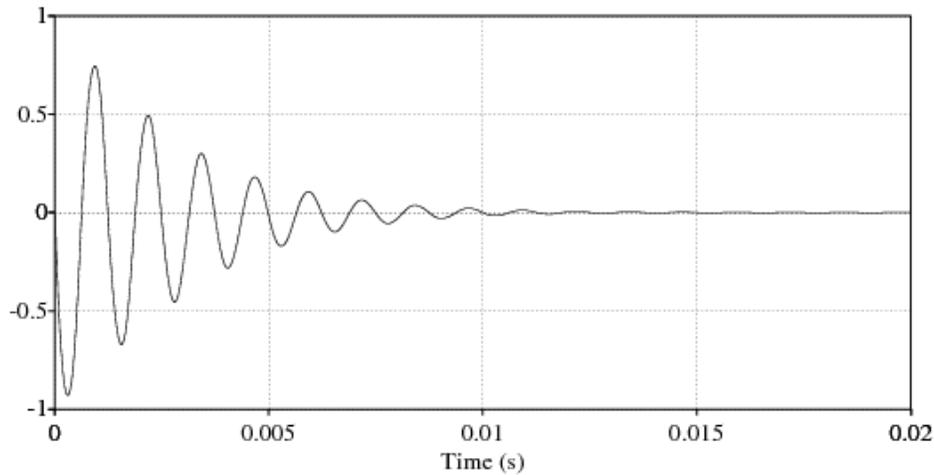


Figura 3. Forma ideal del pulso emitido por el altavoz.

En la figura 4 se muestra el espectro de frecuencias correspondiente al pulso ideal utilizado en la espectrometría de líquidos.

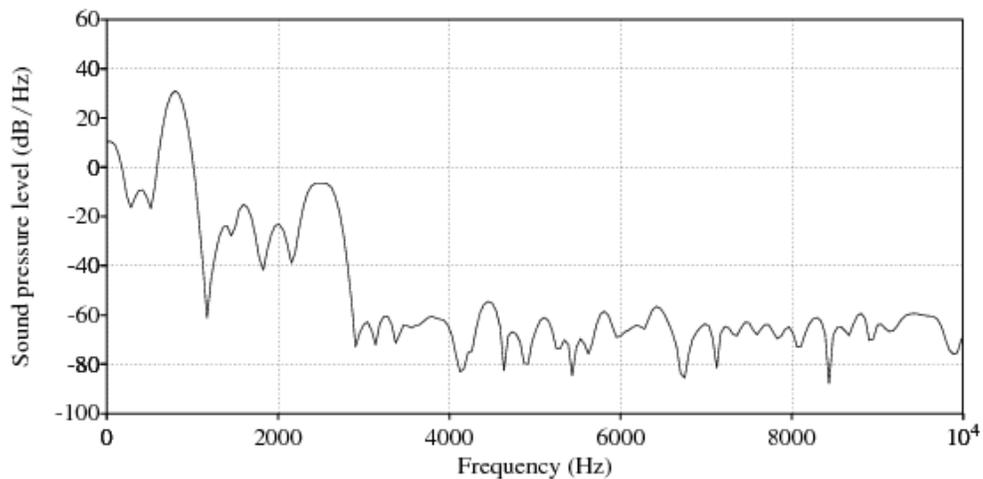


Figura 4. Espectro de frecuencias del pulso ideal usado en la espectrometría de líquidos.

Los ecoespectros o espectros de frecuencia correspondientes a los ecos sobre 300 ml de agua destilada o de agua destilada con sal común a saturación, utilizando en ambos casos un recipiente PET cilíndrico, se muestran en las figuras 5 y 6, respectivamente. En ambos casos se ha utilizado el pulso ideal comentado anteriormente.

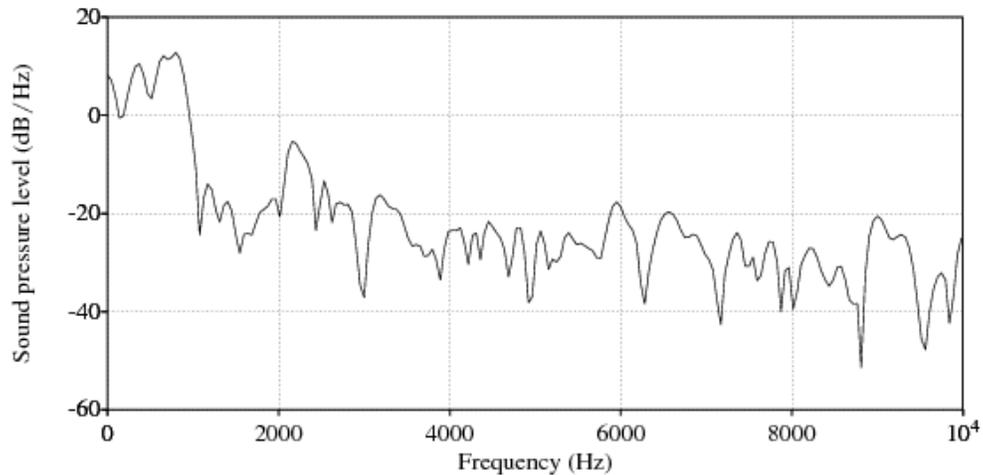


Figura 5. Ecoespectro de agua destilada.

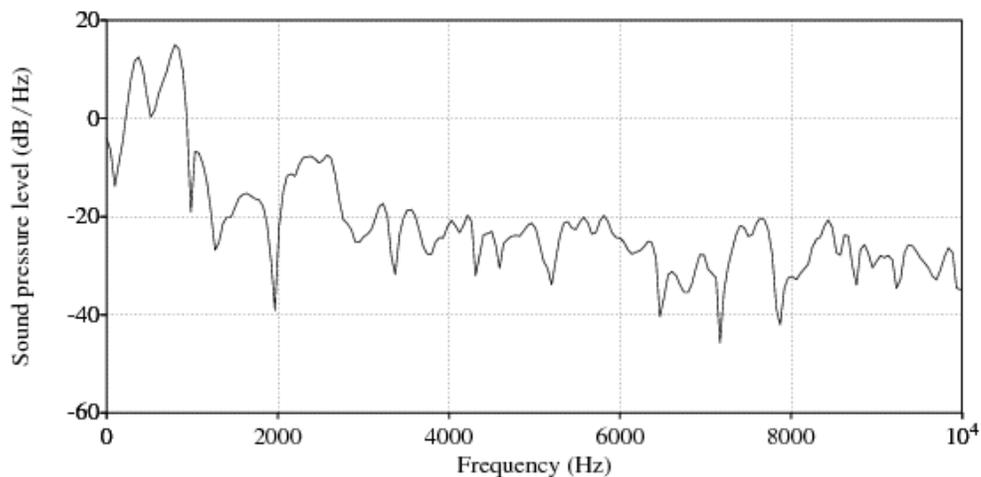


Figura 6. Ecoespectro de agua destilada con sal común a saturación.

El mero análisis visual de los resultados obtenidos en ambos casos, permite apreciar la diferencia en la forma entre los espectros, presentándose a modo de ejemplo la diferencia en el nivel de presión acústica a la frecuencia de 2000 Hz, así como las diferenciación clara de las formas antes y después de este mínimo o una en las altas frecuencias (a partir de 8000 Hz)

CONCLUSIONES

La ecoespectrometría y los métodos de impacto acústico se revelan como métodos eficientes y de muy bajo coste para el análisis de sustancias, la determinación de propiedades físicas de los líquidos, o la extracción de características que lleven al establecimiento de una base de datos que permita realizar una clasificación de los mismos por propiedades o parámetros de análisis. Su aplicación como tecnologías alternativas de detección en tiempo real de contaminantes parece, pues, prometedora.

DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE PLATAFORMAS INTEGRADAS DE VIGILANCIA BIOLÓGICA Y QUÍMICA OPTIMIZADAS ECONÓMICAMENTE (VIECO)

Miquel Molina Peralta y Ana Casas Infantes

AQUA AMBIENTE INGENIERÍA DE SISTEMAS. GRUPO AGBAR

La Directiva Marco del Agua (DMA) 2000/60/CE establece que todas las masas de agua deberán presentar un buen estado ecológico en 2015. Dicho estado ecológico se evalúa en base a criterios químicos y a parámetros ecológicos que, a su vez, se dividen en biológicos, hidromorfológicos y físico-químicos.

Con el fin de facilitar la implementación de la Directiva Marco del Agua ([DMA](#)) y poder asegurar el buen estado ecológico de todos los cuerpos del agua, un gran número de compuestos habrán de ser analizados. [El](#) objetivo principal del proyecto VIECO se basa en construir y validar una plataforma integrada de [bio-químico monitorización](#) de aguas superficiales integrando sensores químicos y biológicos capaces de detectar contaminantes químicos y los efectos que producen en los ecosistemas naturales. De esta forma se contribuirá a la mejora de la calidad del agua y se apoyará la implementación de la Directiva Marco del Agua (DMA).

Este objetivo se puede desglosar en los siguientes puntos:

- Proveer estrategias de detección y alarma rápida basadas en las medidas de parámetros generales, efectos biológicos globales, y contaminantes prioritarios y emergentes on-line y on-site.
- Validar el uso de medidas de toxicidad cuantitativas utilizando biotests in-vivo e in-vitro a fin de correlacionar los resultados con efectos en niveles superiores de la cadena biológica.
- Validar tests de sistemas de toxicidad metabólica basados en comunidades de biopelícula (biofilms).

- Validar una plataforma robusta, rentable y eficiente, con capacidad de ofrecer datos esenciales para los responsables de la toma de decisiones en el sector de la industria de potabilización de agua, agencias reguladoras y los diferentes actores implicados (“stakeholders”).
- La integración, a escala de cuenca, de diferentes parámetros medidos mediante sensores, métodos de análisis clásicos y [bioensayos](#), para establecer indicadores que permitan la evaluación del impacto y de los efectos ecológicos que son observados en el campo.
- Diseñar herramientas informáticas para la caracterización del medio.
- Desarrollar sistemas de comunicación de la calidad ambiental.

Caso de estudio: el río Llobregat

El río Llobregat junto con el Ter constituyen las principales fuentes de suministro de agua de la ciudad de Barcelona, y básicamente presentan problemas de la cantidad de agua (importantes sequías tienen lugar), de la calidad química del agua (por contaminación puntual y difusa) y de la calidad ecológica.

Cabe destacar que históricamente el río Llobregat ha sido un eje vertebrador de Cataluña, de modo que ha venido sufriendo importantes episodios de contaminación industrial y agrícola, a parte de una importante sobreexplotación. Además, se trata de un río con elevada salinidad de por sí. El clima mediterráneo acentúa los problemas con lluvias concentradas, y dificulta la explotación de EDARs y ETAPs (formación de trihalometanos por ejemplo).

Plataforma de vigilancia biológica y química

La plataforma desarrollada dentro del proyecto consta de los siguientes elementos:

- Dispositivos de muestreo pasivo existentes en el mercado, como herramientas de monitorización de los niveles en agua de contaminantes de tipo orgánico e inorgánico. Para los contaminantes orgánicos apolares se ha utilizado un captador integrativo desarrollado por uno de los socios del proyecto (Labaqua).



Figura 1: captador pasivo

- Análisis de contaminantes prioritarios (legislados) y emergentes (no legislados) que incluyen alrededor de 60 fármacos, 22 pesticidas y 3 nanomateriales mediante la toma de muestra puntuales.
- Equipo para la medida de DBO (Optasen de Interlab)
- Equipos para la medida de toxicidad in-situ y on-line
- Equipo multiparamétrico que permite medir el espectro completo UV/VIS
- Estudios de los efectos inducidos por la contaminación en comunidades de biopelícula.
- Medida de parámetros físico- químicos on-line y on-site

Para la monitorización de los parámetros físico-químicos se ha utilizado la estación de alerta de la captación de la Potabilizadora de Sant Joan Despí. En esta estación se ha integrado también un equipo de medida de DBO.



Figura 2: Estación de la captación de la Potabilizadora de Sant Joan Despí de Aguas de Barcelona.

Los parámetros indicativos de la calidad del agua de esta estación son: pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, amonio, DBO y carga orgánica (SAC).



Figura 3: sondas de medida de pH, SAC y oxígeno disuelto

Agradecimientos: Proyecto financiado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, **Nº de Expediente: 009/RN08/01.**

SISTEMA DE DETECCIÓN DE EMISIONES Y CONSUMOS DEL TRANSPORTE

Josefina de la Fuente Egido

Consejera Delegada TECHNET, Sostenibilidad en Transporte

1. ANTECEDENTES

El transporte es el sector que más contribuye en emisiones en España.

Está propulsado en un 70% por gasóleo. La tecnología diesel provoca la emisión de contaminantes más peligrosos para nuestra salud: NOx y PM (partículas) aunque el consumo disminuya generalmente un 15% frente a los vehículos gasolina.

A estos argumentos, se debe sumar el que las emisiones causadas por el transporte son emisiones difusas de las cuales no hay ni información ni control y, además han aumentado peligrosamente en los últimos años.

2. MÉTODOS DE MEDICIÓN ACTUALES

- ✓ Sistemas de medición con sonda con el vehículo parado y acelerado (*idle test*):

Igual que como se mide en ITV, al vehículo se le introduce una sonda por el tubo de escape y se mide su emisión en el momento puntual en el que el vehículo alcanza altas rpm.

Los grandes hándicaps de la medición en ITV son:

1. Se mide la emisión de manera irreal (vehículo parado)
 2. Sólo se mide CO para los que impulsan con gasolina y partículas para los diesel. No se tiene en cuenta la emisión global del vehículo.
- ✓ Sistemas de medición sobre dinamómetros que simulan un ciclo de conducción (CVS):

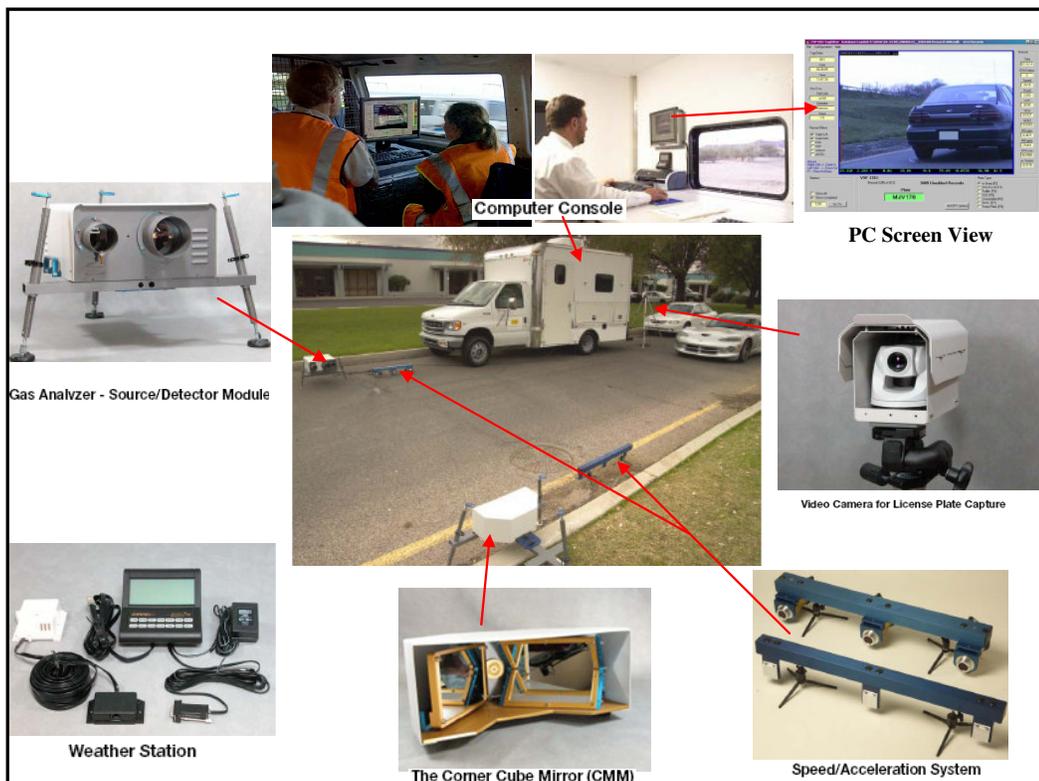
Sistema para homologar o certificar las emisiones del vehículo. Se recoge la emisión continua de un vehículo sobre un dinamómetro simulando la circunstancia real en movimiento del vehículo. Único sistema certificador.

✓ PEMS:

Sistemas a bordo de vehículo que recogen cada menos de un segundo todos los datos de emisión (HC, CO, PM, NO_x) y consumo (CO₂) del vehículo mientras recorre una distancia. Son muy utilizados en proyectos de investigación para conocer las emisiones a fuerza de proyectar los datos con el parque censado por territorio.

✓ RSD (Remote Sensing Device)

Sistemas que captan en menos de medio segundo y de manera no intrusiva todas las emisiones (HC, CO, PM, NO_x) y consumos (CO₂) de los vehículos. También capta las condiciones cinéticas (incorpora un tipo de radar de velocidad) del vehículo, su matrícula (cámara) y las condiciones meteorológicas.



3. LA TECNOLOGÍA RSD EN EL MUNDO

Esta tecnología está inventada en los Estados Unidos desde los años ochenta por la Universidad de Denver (Colorado), en particular por un equipo capitaneado por el Profesor Donald Stedman.

Desde entonces ha estado funcionando en Estados Unidos con tres aplicaciones básicas:

1. Caracterización del parque automovilístico en materia de emisiones.
2. Identificación de los vehículos más emisores para su reparación.
3. Identificación de los más limpios y evitar molestias de paso por su inspección periódica de emisiones (obligatoria en muchos Estados).

Han expandido la tecnología por América (Canadá, Méjico, Brasil, Chile, Argentina), Asia (Oriente Medio, Japón, China, Corea, India...) y Europa (a través de esta empresa española, Technet que tiene la exclusiva de explotación).

En España, se han realizado estudios de caracterización con administraciones destacadas:

- Ayuntamiento de Madrid
- Ayuntamiento de Barcelona
- Ayuntamiento de Valencia
- Junta de Andalucía
- DGT
- Consorcio Regional de Transporte de Madrid
- Ministerio de Medio Ambiente

Y auditoría a flotas de empresas privadas con la ambición de rebajar sus emisiones y consumos con base en reparaciones de los más emisores:

- Mahou
- Heineken

En estos momentos, lidera dos proyectos nacionales con socios estratégicos y soporte de las Administraciones centrales interesadas: Ministerio de Medio Ambiente, Industria y DGT.

1. Desarrollo de una plataforma on-line de emisiones del tráfico circulante: la administración a través de la introducción de un usuario y un password podrá conocer de manera continua las emisiones reales y los consumos de la flota de los vehículos que circulan. Estos datos saldrán por red GSM del CPU de

los equipos de medición empírica situados en diferentes emplazamientos estratégicos por la ciudad (al ser móviles son necesarios pocos sensores). Dirigida a todo tipo de administraciones públicas y empresas con flotas de transporte propio o subcontratado.

2. Creación de un sistema de medición de emisiones en vías con varios carriles: consiste en el desarrollo de un equipo RSD colocado en los pódicos. Se creará una integración entre equipos (sensores de emisiones, cámaras, sensores de velocidad..) y la creación de un software para la gestión integral del tráfico (sistema de velocidad variable, el cual permitirá no sólo velar por nuestra seguridad sino por una circulación más sostenible-menos emisiones, más eficiencia)

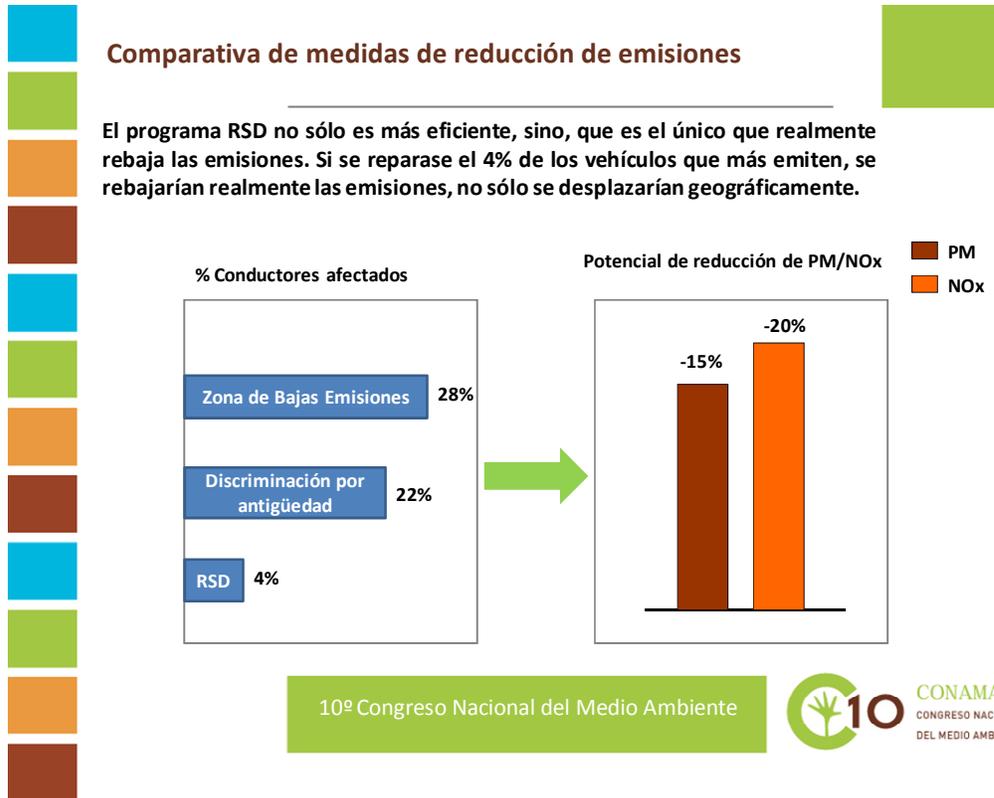
La tecnología RSD, se ha considerado en la Guía de buenas prácticas publicada y presentada por el Club de Excelencia en sostenibilidad ante el ministerio de Medio Ambiente como uno de los posibles proyectos domésticos para controlar y mitigar las emisiones difusas del transporte circulante.

4. CONCLUSIONES

Las conclusiones que más se repiten en cualquier estudio de caracterización son:

1. Muy pocos contribuyen con la mayoría de las emisiones. De media, podemos considerar que el 10% de los vehículos contribuye con:
 - 40% de partículas
 - 80% de CO
 - 65% de HC
 - 45% de NO_x
2. Cualquier vehículo es susceptible de ser un “high emitter”. Por ello, no es eficiente incorporar medidas genéricas, como prohibir la entrada a ciertas zonas de una ciudad en función de su edad, tipo o carburante.
3. Entonces, ¿Qué debemos hacer? ¿Esperar a que el paso del tiempo tienda a mejorar los niveles medios de emisión del parque móvil? La respuesta es NO.
 - En Los vehículos relativamente nuevos con cinco o seis años de antigüedad, Euro III, los valores medios de emisión de NO_x no han disminuido en los últimos 15 años (fraude o laxas exigencias por parte de la normativa Euro).

- La crisis económica no provoca el cambio periódico de vehículo. Estancamiento comercial.
- El eléctrico va a retrasar su aparición masiva
- Promoción de algunos carburantes que contaminan (gas natural-amonio) frente a otros que lo hacen menos, híbridos-gasolina.



5. VENTAJAS

✓ Institucionales

Posicionar España y las empresas españolas como líderes en la gestión de la movilidad sostenible en Europa: no hay ninguna otra tecnología que mida las emisiones difusas de manera tan masiva

Mejorar el cumplimiento de los objetivos de Kioto

✓ Ambientales

Rebaja de emisiones

Conocimiento continuo de la evolución del nivel de emisiones

✓ **Económicas**

Implantación con bajo presupuesto

Reducción significativa del gasto público (por ej. sanidad, limpieza)

Reducción del déficit de Kioto (>600 M€)

Posible fuente de ingresos (recaudación de tasas de los vehículos más emisores,
muchos de ellos, se calcula que 50%, fraudulentos al no haber pasado por
ITV)

✓ **Sociales**

Mejora de la calidad de vida

Concienciación y educación ambiental

✓ **Estratégicas**

Orientar la economía española hacia un modelo sostenible y eficiente en la
gestión de emisiones de tráfico

EL PROYECTO GMES DE SELLADO DE SUELO COMO EJEMPLO DE UNA FORMA DISTRIBUIDA Y COLABORATIVA DE ABORDAR PROYECTOS EUROPEOS DE TELEDETECCIÓN.

María del Rosario Escudero Barbero, Blanca Sánchez Hernández y Francisco Moral Mora

TRAGSATEC- Grupo TRAGSA

1. RESUMEN

El proyecto FTS Soil Sealing forma parte de los Servicios Fast Track (“mapeado rápido”) de la iniciativa GMES (Global Monitoring for Environment and Security) contratados por la AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente) para disponer de información geoespacial rápida y homogénea, obtenida a partir de datos de observación de la Tierra.

La AEMA emplea esta capa de información geoespacial, junto con otros datos, para las labores de gestión y la toma de decisiones en el cumplimiento de los nuevos mandatos medioambientales de la CE/2006, en especial: La Estrategia Temática del Medioambiente Urbano (Thematic Strategy on the Urban Environment) y La Estrategia Temática de Protección del Suelo (Thematic Strategy on Soil Protection).

Esta comunicación presenta la metodología básica y forma de trabajo distribuida, entre los distintos agentes implicados, con la que se ha abordado este proyecto GMES de innovación tecnológica, como muestra de una forma colaborativa de trabajar en proyectos de teledetección a escala europea.

Este servicio GMES se abordó por un consorcio de empresas europeas liderado por Infoterra GmB y en el que Tragsatec se encargó de la producción de España y Portugal.

Palabras clave: GMES; Land; FTS Soil Sealing; España; Portugal.

2. ANTECEDENTES

El desarrollo sostenible, dentro de una economía globalizada, está planteando a los estados el gran reto de hacer compatibles la modernización e impulso de las infraestructuras (transportes, energía, servicios, comunicaciones,...), con la atención prioritaria a las necesidades sociales (vivienda, equipamientos, desarrollo rural,...) y el cuidado y gestión de aspectos medioambientales como: el cumplimiento de los compromisos sobre reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Protocolo de Kyoto), gestión y uso del suelo y del agua, control de la contaminación, impulso de las energías renovables, etc. Por ello las administraciones públicas demandan, cada vez más, en el ejercicio de sus competencias, una información del

territorio con la exactitud y periodicidad adecuada, para el seguimiento y control de los cambios operados en el territorio.

Las imágenes de observación de la Tierra son sin duda la fuente de información geoespacial más importante desarrollada en las últimas décadas para el seguimiento (monitorización en el tiempo y en el espacio) de estos cambios. Por ello en los últimos años se han convertido en una parte cada vez más importante de la información geográfica y medioambiental y su provisión es en la actualidad objeto de regulación, estandarización y normalización por parte de las instituciones competentes.

Los satélites de observación de la Tierra suministran información sobre los sistemas físicos, químicos y biológicos del planeta y posibilitan hacer un seguimiento del entorno natural y la ocupación del suelo, controlar el estado de los océanos y la composición química de la atmósfera (dos factores esenciales del cambio climático) así como anticiparse y dar una respuesta rápida a los desastres de origen natural y humano.

En la Unión Europea es la AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente) el organismo encargado de la provisión, a los distintos departamentos de la Comisión Europea (CE), de información territorial de carácter independiente y relevante para la toma de decisiones en materia de política económica, teniendo en cuenta criterios medioambientales y de sostenibilidad. La Agencia coordina diferentes programas de suministro de información geoespacial, entre ellos los englobados en **GMES (Global Monitoring for Environment and Security)**.

En 2003, se pone en marcha GMES, como una iniciativa conjunta de la CE y la ESA (Agencia Espacial Europea) para la provisión de información geoespacial a escala europea. Convertido en el buque insignia de la política aeroespacial europea, GMES agrupa diferentes programas de observación de la Tierra utilizando plataformas de satélites, aerotransportadas y terrestres (*in situ*). Los datos recogidos por los satélites y las infraestructuras *in situ* son procesados para ofrecer **servicios** de información ideados con la finalidad de mejorar la gestión del medio ambiente y reforzar la seguridad de los ciudadanos.

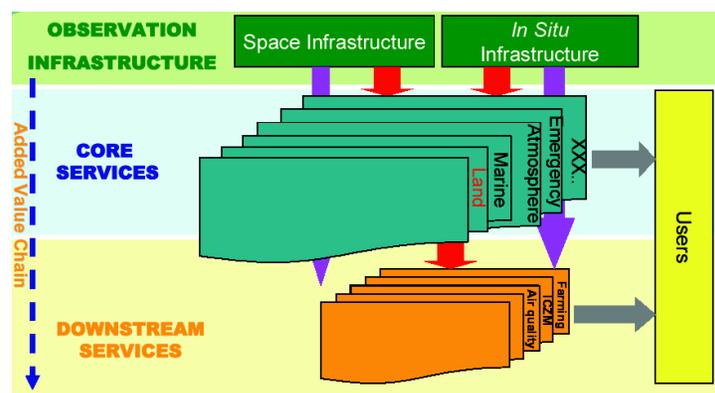


Figura 1: Elementos de los Servicios GMES

Los servicios que ofrece GMES se enmarcan dentro de seis áreas temáticas: tierra (land monitoring), agua, atmósfera, cambio climático, emergencias y seguridad.

En el desarrollo de los servicios de GMES participan consorcios empresariales europeos, la comunidad científica y las distintas administraciones públicas de los estados miembros, representadas en GMES como los usuarios de los servicios.

A partir de 2008 estos servicios se han empezado a utilizar de modo preoperacional dentro del Séptimo Programa Marco de la UE. En Junio de 2010 el Parlamento Europeo aprobó la propuesta de la CE para la regulación de la operación inicial del Programa GMES durante el periodo 2011-2013 COM(2009)0223. Esta reglamentación de GMES incluye los siguientes aspectos: el sistema de financiación, incrementado su presupuesto respecto al periodo 2007-2013; la organización por parte de la EC de las actividades del Programa GMES; la adecuación de los distintos servicios GMES a las necesidades de los usuarios (administraciones regionales, nacionales y europea); garantiza la concurrencia en la provisión de los servicios GMES por parte de los proveedores entre el conjunto de los distintos estados miembros y establece la política de datos.

De forma paralela la AEMA puso en marcha los **servicios GMES de mapeado rápido o “fast track services”**, entre los que se encuentra el mapa europeo de sellado de suelo, elaborado durante los años 2007-2008 a partir de imágenes de satélite del año 2006. Este proyecto se integra dentro del área temática de los land monitoring services de GMES y su objetivo es la generación de un mapa europeo de áreas construidas y no-construidas con información sobre el grado de sellado del territorio en escala porcentual. Engloba a píxeles total o parcialmente cubiertos por edificaciones de diversa naturaleza y uso (residencial, industrial, recreativo...), vías de comunicación y sus áreas asociadas, escombreras y vertederos (según glosario de la EEA)

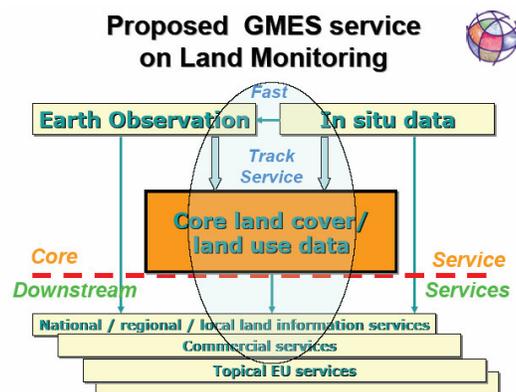


Figura2: Estructura de los Land Monitoring Services de GMES entre los que se encuentra el mapa de sellado de suelo

Por suelo sellado se entiende el que ha perdido su estructura natural como consecuencia de procesos de transformación de la superficie. La transformación sufrida con estos procesos hace que no resulte posible su recuperación para usos agrícolas o forestales por imposibilidad física o por no ser viable económicamente. En muchas ocasiones estos cambios conducen a la impermeabilización del terreno y los suelos de los alrededores se pueden ver influidos por el cambio en los flujos de agua o por fragmentación de sus hábitats.

El suelo es un recurso natural clave y complejo, al que hasta el momento actual no se ha prestado la atención requerida y que no goza de una protección equiparable a la del agua o el aire. La legislación comunitaria está en desarrollo («Estrategia temática para la protección del suelo» COM (2006) 231) y no recoge todas las amenazas que se ciernen sobre este recurso. Algunos estados miembros de la UE carecen incluso de legislación específica para su protección.

Sin embargo, la importancia de la conservación del suelo es notable si se tienen en cuenta las funciones que desempeña, entre otras: producción de biomasa, reserva de biodiversidad, filtro de agua, almacén de nutrientes, y retención del carbono orgánico.

A nivel europeo, los mayores impactos originados por el sellado del suelo se producen en zonas intensivamente urbanizadas como las correspondientes al centro de Europa, pero también en la región Mediterránea, en zonas de rápida urbanización de la costa. En la actualidad se prevé el crecimiento de la superficie de suelo sellado en países que han tenido generalmente niveles de urbanización bajos como Portugal, Finlandia o Irlanda, así como aumentos en la Europa Central u Oriental a consecuencia del desarrollo que ha provocado los cambios políticos y económicos de las últimas décadas.

También ha sido especialmente notable el aumento en la demanda de la construcción de vivienda en zonas periurbanas con las infraestructuras asociadas que lleva este tipo de desarrollo.

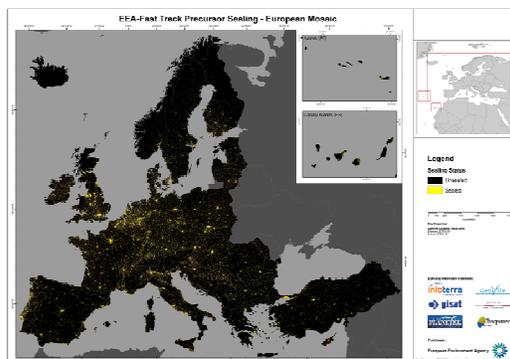


Figura 3. Visualización del mapa de sellado de los 38 países europeos participantes en el proyecto FTS Soil Sealing. En amarillo, el suelo con un grado de sellado superior al 20 %.

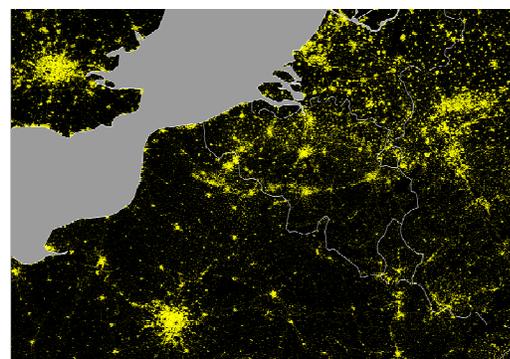


Figura 4. Detalle de la cobertura europea de las áreas metropolitanas de Londres y París, área densamente poblada de los Países Bajos, Bélgica y zona occidental de la cuenca del Rhine-Ruhr.

Las estrategias de planificación espacial tienen que tomar en consideración criterios medioambientales para reducir los efectos de la expansión urbana no controlada y hacer un uso sostenible de los recursos del suelo (por ejemplo, posibles medidas políticas alternativas al consumo del recurso suelo son favorecer la rehabilitación de edificios y reutilizar el suelo construido abandonado o infrutilizado).

3. EL PROYECTO GMES PARA LA GENERACIÓN DEL MAPA EUROPEO DE SUELO SELLADO.

La AEMA adjudicó el concurso para la ejecución del mapa europeo de suelo sellado a un consorcio de empresas liderado por **Infoterra (DE)**, quien coordinó sus distintas fases y realizó el control de calidad de los productos finales. El resto de empresas del consorcio europeo fueron: **Geoville (AT)**, **GISAT (CZ)**, **Metria (SE)**, **Planetek (IT)** y **Tragsatec (ES)** quienes se encargaron de desarrollar los distintos componentes de la metodología y de abordar la producción en lotes de los 38 países europeos. Los plazos de ejecución del proyecto fueron inferiores a un año.

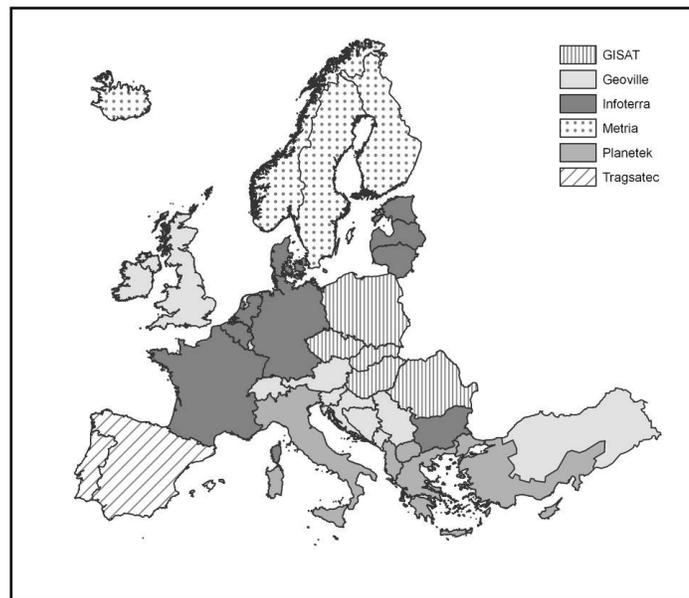


Figura 5: Lotes de países por empresa del consorcio para la producción del mapa europeo de sellado de suelo

Los datos de partida fueron suministrados por la ESA y consistieron en una cobertura de imágenes Spot 4 y 5 e IRSS del año 2006 +/- 1 año, cubriendo dos fechas anuales para todo el área objeto del estudio. Las imágenes estaban remuestreadas a 20 metros, con bandas verde, roja, NIR y MIR. Se pedía una

cobertura territorial libre de nubes en al menos el 95 % de la superficie. Metria se encargó de la preparación de estas imágenes según unidades de trabajo y de su suministro a las empresas encargadas de la producción de cada país. Las unidades de trabajo evitaban solapes innecesarios y nubes de forma que se redujesen los tiempos de proceso.

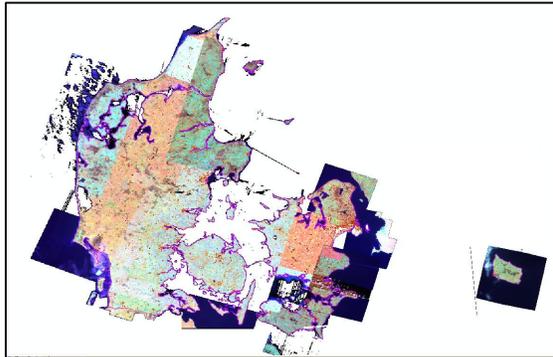


Figura 6: Unidades de trabajo de partida utilizadas para la producción de Dinamarca

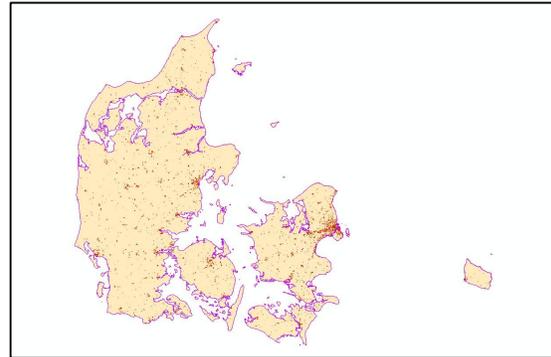


Figura 7: Resultado del mapa de sellado de Dinamarca

La metodología seguida para la discriminación de áreas selladas se fundamentó en procesos de clasificación automática píxel a píxel de las dos fechas de imágenes disponibles. Esta metodología fue seleccionada frente al uso de clasificadores orientados a objetos, con parámetros texturales, ya que ambos ofrecían resultados similares y sin embargo este último tenía unos costes de producción mucho más elevados, como consecuencia del precio del software y del mayor tiempo de procesado.

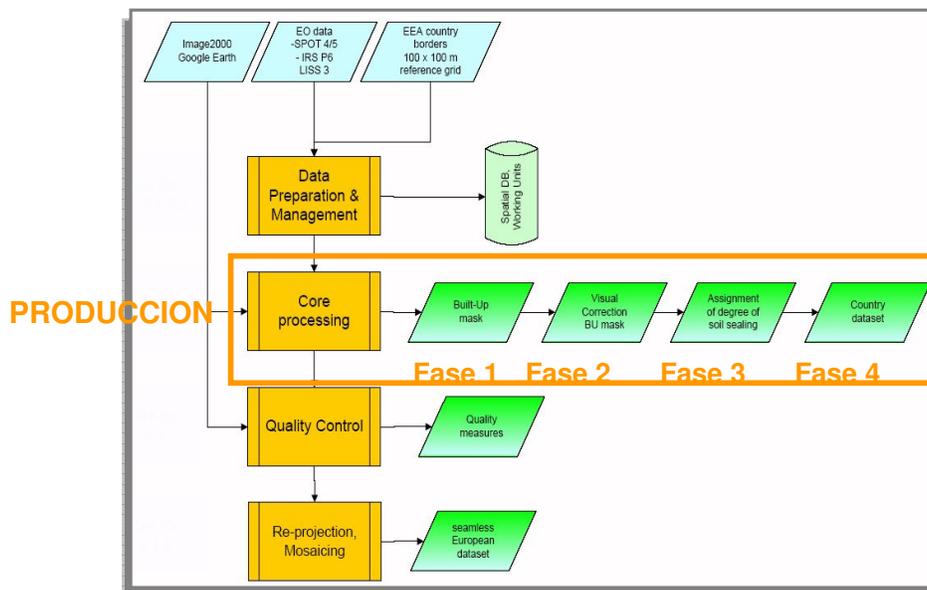


Figura 8: Metodología del proyecto de generación del mapa europeo de suelo sellado.

El proceso de producción constaba de una primera fase de Clasificación semiautomática híbrida sobre la unidad de trabajo que combinaba técnicas de clasificación no supervisada y supervisada y que estaba enfocada a obtener, para cada unidad, una máscara con las áreas no-construidas y construidas.

En la siguiente fase tenía lugar una edición manual de la unidad clasificada para depurar los errores y obtener un producto con una buena apariencia visual (depuración de píxeles de ruido y continuidad de las estructuras lineales) y con una precisión temática mayor o igual al 85%. Esta fase conducía a la obtención de una máscara de construido/no construido depurada.

Por último, tenía lugar la tercera fase del proceso consistente en la derivación del grado de sellado para las áreas clasificadas como construidas. Esta fase se basaba en los valores del Índice de Vegetación Normalizado (NDVI). El resultado era la obtención de una capa ráster con los grados de sellado formada por el mosaico de las unidades del país.

El NDVI es un índice indicativo del vigor vegetativo. Debido a la resolución de las imágenes de partida (400 m² por píxel) existen píxeles sin rastro de vegetación y otros con mezcla de vegetación-superficie artificial (ej. bulevares, zonas residenciales...) El NDVI permite diferenciar estos dos tipos de píxeles. Los primeros se clasifican como áreas totalmente selladas y en los segundos existe una gradación del sellado en función de la mezcla de vegetación en cada uno.

La metodología seguida para la obtención de los grados de sellado partía de la máscara construido/no construido y calculaba el NDVI sobre la escena con mayor vigor vegetativo (de las dos disponibles) en la clase construido. Sobre este NDVI escalado y normalizado se hacía una clasificación no supervisada agrupando los píxeles en clases, se parametrizaban los valores del NDVI y se reescalaban de 0 a 100 los valores de sellado.

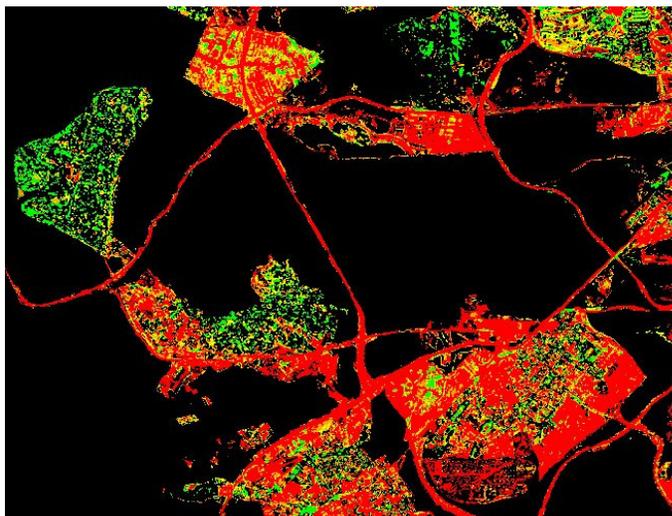
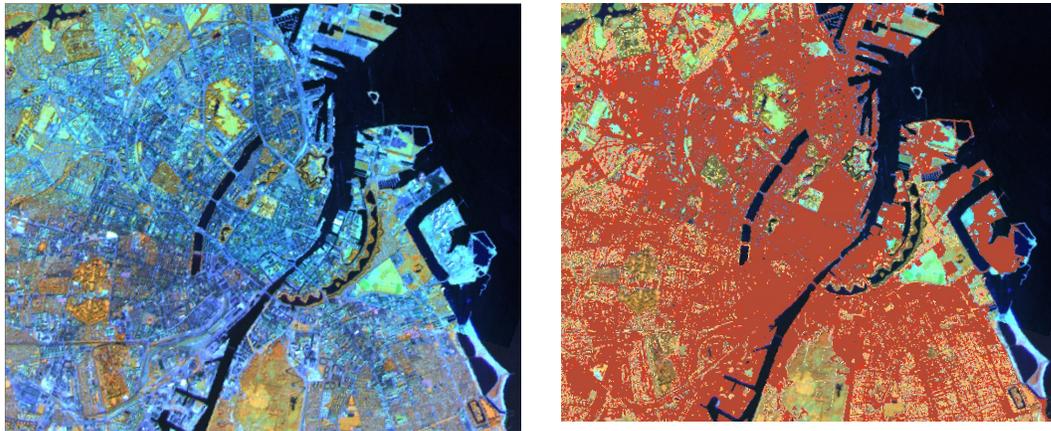


Figura 9. Mapa con los grados de sellado (de menor: verde, a mayor: rojo).

Infoterra asumió, dentro de su labor de coordinación, el control de calidad de los mosaicos nacionales de superficie construida y grado de sellado. Este se realizó a partir del análisis de muestras distribuidas aleatoriamente sobre la imagen. Las muestras de validación se extrajeron de imágenes VHR y/o ortofotos disponibles en Google Earth con fecha similar a la de los datos de observación de la Tierra de partida. Estas imágenes tenían habitualmente una resolución espacial mayor a los datos de referencia. La precisión global de la máscara de construido, tras esta validación, debía ser mayor al 85 %. La precisión obtenida para la máscara de construido en Portugal fue de un 87 % y en España de un 92.5 %.

Los productos finales pasaron además un control de calidad externo por parte de la AEMA, quien lo derivó a los centros cartográficos de los distintos estados miembros, en España el IGN. Este control consistió en la revisión de apariencia visual del producto y la validación de las áreas construidas (definido como superficies con un nivel de sellado entre 80-100%) mediante la selección de muestras distribuidas, aleatoriamente sobre la imagen, y comparadas visualmente con ortofotos.



Figuras 10 y 11. Imagen original y resultado de la capa de sellado en zona urbana.

Tras completarse los controles de calidad, se procedió a la generación de un único mosaico a nivel europeo en proyección ETRS89.

Los resultados del proyecto se encuentran a disposición de los usuarios vía web en el Geoportal de GMES www.land.eu/portal.

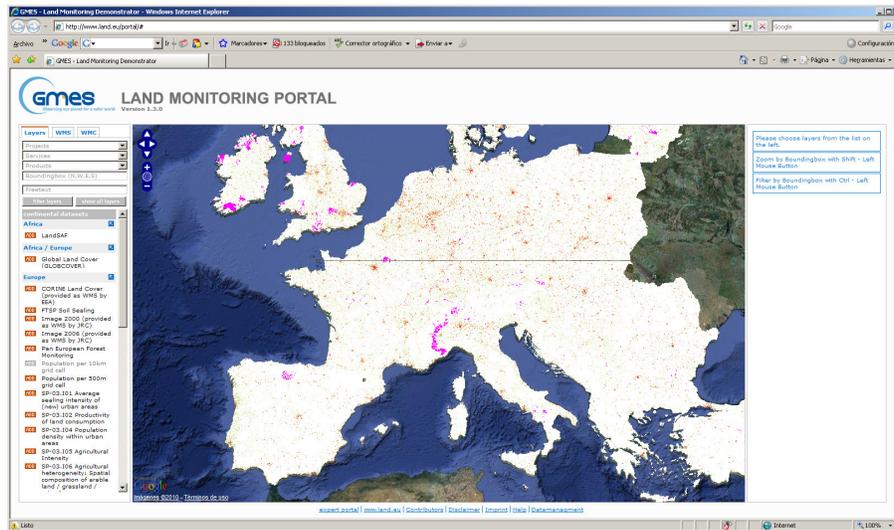


Figura 12: Página web del Geoportal de GMES

4. CONCLUSIONES

La extensión y rápido crecimiento del suelo sellado, como consecuencia del importante crecimiento urbano de la última década en Europa, es un indicador valioso de posibles problemas ambientales. Este proyecto es un ejemplo del empleo por parte de las Administraciones Públicas de la teledetección para la monitorización (variación espacial y temporal) de los indicadores ambientales. Es precisamente la disponibilidad de datos de observación de la Tierra lo que permitió abordar este proyecto de forma operativa en menos de un año.

La participación en el servicio FTS Soil Sealing para la producción del mapa europeo de suelo sellado exigió asumir unos requisitos de producción masiva de datos en un periodo muy corto de tiempo. Se definió un protocolo de trabajo cerrado que fue consensuado por los productores al inicio del proyecto. La metodología desarrollada y soluciones tecnológicas adoptadas apostaron por: la automatización de procesos, la gestión controlada del flujo de trabajo y el desarrollo de herramientas de trabajo personalizadas, para cumplir objetivos y plazos.

GMES está impulsando una nueva forma de abordar los proyectos de suministro de servicios de información geoespacial a la UE a través de consorcios de empresas europeas que ejecutan la totalidad del proyecto de forma colaborativa y descentralizada, con unas especificaciones técnicas comunes, unos controles de calidad exigentes y cortos plazos de entrega.

El desarrollo de los programas espaciales de la ESA al horizonte 2013 (Sentinels, Pleyades, etc) permitirá a los servicios GMES de la UE seguir profundizando en esta línea al garantizar el suministro y disponibilidad de imágenes de observación de la Tierra. Se espera de ellas que tengan las características técnicas adecuadas y la frecuencia requerida para el seguimiento de la amplia gama de fenómenos ambientales y de aspectos de seguridad abordados por la UE en los distintos proyectos

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE REDES WIFI Y WIMAX

José Javier Martínez Vázquez

Comité de Ingeniería y Desarrollo Sostenible. Instituto de la Ingeniería de España

1. INTRODUCCIÓN

Los llamados sistemas de acceso rápido son aquellos que responden a las características descritas en los conjuntos de normas IEEE 802.11 e IEEE 802.16. Con carácter general, podríamos decir que se trata de una conexión vía radio a redes existentes, comprendiendo redes de área local en el caso de los estándares 802.11, mientras que la familia 802.16 se ocupa de redes de área más amplia. Ambos sistemas están diseñados con arquitectura de dos únicas capas y con protocolos de acceso y conexión basados en el modo IP.

Ante el denso despliegue de las redes de telefonía móvil y el servicio de conexión a Internet que prestan sus operadores, cabe preguntarse qué opciones tienen otros sistemas de acceso a la red. De hecho, la telefonía móvil actual no sólo permite conectarse a Internet sino además, el desplazamiento a gran velocidad de los terminales y equipos de abonado. Sin embargo, las tecnologías GSM y UMTS contemplan en sus especificaciones tasas de transmisión de datos muy bajas a costa de anchos de banda relativamente grandes.

Por otra parte, la telefonía móvil está pensada para comunicaciones de voz y utiliza los denominados terminales de mano o de bolsillo, mientras que el empleo de los métodos de acceso rápido está orientado a la transmisión de datos y por tanto al uso de equipos portátiles de ordenador y PDA's.

A esto hay que añadir que las mencionadas redes de telefonía móvil parten de un concepto tradicional de transmisión basado en lo que se ha dado en llamar modo circuito, hasta ahora de uso habitual en los sistemas de comunicación de voz, y el aumento de la velocidad en el trasiego de datos se hace sobre una migración hacia formas de funcionamiento en modo IP que hace crecer drásticamente el precio de los equipos, debido sobre todo al alto nivel de complejidad técnica que conlleva su diseño. Buen ejemplo de ello son la tecnología de acceso múltiple TDMA de la telefonía móvil GSM, y la CDMA asociada al equipamiento UMTS, ambas orientadas al modo circuito y muy diferentes al multiplexado y acceso múltiple OFDM / OFDMA orientados al modo IP de los equipos Wifi y Wimax.

Con todo y con ello, los sistemas de acceso rápido no sólo compiten con la telefonía móvil sino que también pueden complementarse con ella. La normativa hiperLAN2 generada por el ETSI y paralela a la IEEE 802.11, incluye la conexión inalámbrica a redes ATM, IP y UMTS, con tasas de transmisión elevadas. Conviene señalar que es una opinión generalizada, tanto entre el personal técnico como entre los usuarios, que el ámbito de aplicación de hiperLAN2 está sobradamente cubierto por la normativa IEEE 802.11.

La familia de estándares 802.11, es también denominada **Wifi** (Wireless Fidelity) o WLAN (Wireless LAN) concepto este último, que surgió a principios de los años 90. Entre sus aplicaciones, la más conocida es la conexión a Internet, ya que hoy en día la mayoría de los ordenadores portátiles están equipados con sistemas de radio WLAN y son muchas las zonas en las que pueden ser utilizados, estando actualmente en pleno auge y expansión su implantación de forma gratuita en áreas urbanas como plazas, parques, etc., lo que ha popularizado enormemente estos sistemas. Las zonas de utilización, denominadas áreas Wifi, aunque pueden ser de índole muy diversa: empresas, campus universitarios, estaciones de ferrocarril, etc. se conocen técnicamente por el término genérico de **hot spots** o puntos de acceso público, en los que podría concentrarse un número elevado de usuarios, en el caso que nos ocupa, usuarios de la red. Los estándares 802.11a y 802.11g especifican velocidades de transmisión de hasta 54 Mbps empleando 20 MHz de ancho de banda, mientras que el estándar 802.11n describe los mecanismos para alcanzar los 600 Mbps con un ancho de banda de 40 MHz. Dado que se trata de redes de área local, el vano de transmisión típico de este tipo de sistemas se sitúa en torno a los 100 metros.

El conjunto de normas 802.16, es igualmente designado bajo la denominación **Wimax** (Worldwide interoperability for microwave access). Si, como acabamos de reseñar, el equipamiento Wifi presta un servicio de carácter puntual, Wimax podría definirse como un sistema celular, de forma que su funcionamiento abarca zonas geográficas mucho más amplias. Hay que añadir que el estándar 802.16 e, llamado también Wimax móvil, introduce la movilidad de los terminales de usuario hasta una velocidad de 120 kmph. Además, esta norma estipula tasas de transmisión de 45 Mbps en el enlace descendente y de 12 Mbps en el enlace ascendente utilizando anchos de banda de 10 MHz. Al tratarse de un sistema celular, el interfaz radio se implementa por medio de una serie de estaciones base que dan cobertura a celdas con un radio típico de 100 metros en el caso de las picoceldas, 400 metros para las microceldas y mayores de 1km para las macroceldas.

Sobre la utilización de redes Wifi y Wimax en un futuro más o menos próximo, podría apuntarse aquí que los estándares 802.11 n y 802.16 m determinan tasas de transmisión suficientemente elevadas como para que estos sistemas entren en

competencia directa con la cuarta generación de telefonía móvil, conocida como Long Term Evolution (**LTE**). Es más, ya que LTE abarca todo un conjunto de nuevas tecnologías, el estándar Wimax móvil podría incluso llegar a ser considerado parte integrante de la telefonía móvil 4G.

2. OBJETIVOS

En este trabajo se pretende evaluar el funcionamiento de los llamados **Sistemas de Acceso Rápido** a la red desde el punto de vista de nuestra regulación ambiental. Básicamente, como ya se hizo en el congreso anterior con la telefonía móvil, se considera el interfaz radio como el punto de contacto entre el sistema y el medio ambiente, y éste es, en consecuencia, el eje central de nuestro análisis.

Se elige como criterio para elaborar el estudio, el nivel de referencia de la densidad de potencia radiada, por su fácil evaluación a partir de la potencia equivalente radiada isotrópicamente (PIRE) por las antenas o sistemas radiantes situados en las estaciones base de Wimax y puntos de acceso de Wifi, así como en los correspondientes equipos de abonado y terminales móviles.

Se define el nivel de referencia como el valor que asegura el cumplimiento de los límites básicos de exposición a los campos electromagnéticos. En nuestro país, los niveles de referencia vienen regulados por el **Reglamento que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas**, a partir del que se determinarán, para las frecuencias de utilización de las normas 802.11 y 802.16, los límites de densidad de potencia a aplicar en cada caso.

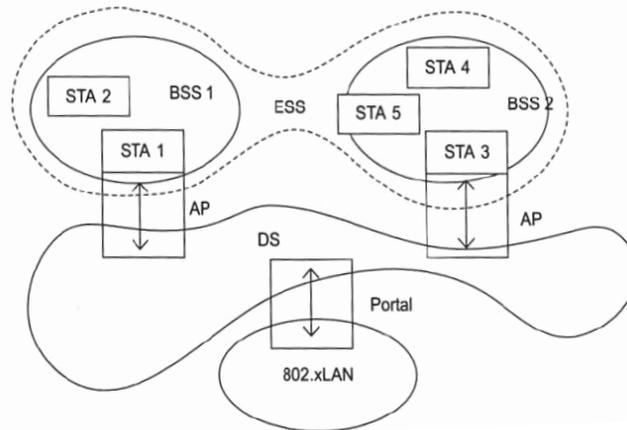
También, se tienen en cuenta otros criterios de sostenibilidad para el análisis ambiental de estos sistemas, como los mecanismos de control de potencia y el funcionamiento en estado de reposo.

3. WIFI: BREVE DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO

La red más elemental de tipo WLAN IEEE 802.11 se conoce con la denominación de conjunto básico de servicio (*basic service set* o **BSS**). Está formada por un punto de acceso (**AP**) que actúa como interfaz entre el enlace radio, y el resto de la infraestructura, y los terminales móviles (**STA**) asociados a dicho punto de acceso. Un terminal móvil es cualquier dispositivo dotado de un equipamiento radio que cumpla las especificaciones WLAN IEEE 802.11. El vano de transmisión de un punto

de acceso conforma un área de funcionamiento denominada Área Básica de Servicio (**BSA**) asociada a su correspondiente BSS.

Inicialmente, los terminales móviles integrados en un BSS sólo podían comunicarse través de su punto de acceso, no obstante, a partir del estándar IEEE 802.11e. 2005 ya es posible la interconexión directa entre estaciones dentro de una BSA.



Un solo punto de acceso puede dar cobertura radio a pequeños hot spots, sin embargo, lo habitual es desplegar varios puntos de acceso para prestar servicio en áreas mayores, como puede ser el caso de redes de empresas o grandes hot spot. En estas situaciones pueden unirse varios puntos de acceso a través de un Sistema de Distribución (**DS**) creando un Conjunto Ampliado de Servicio (Extended Service Set **ESS**). El sistema de distribución puede ser entendido como una red de interconexión que puede implementarse con distintos medios físicos de transmisión (**DSM**). El estándar 802.11s especifica la creación de un sistema de distribución vía radio empleando las tecnologías 802.11. Una particularidad de los sistemas de distribución la constituyen los llamados **portales** o puntos de conexión de una red 802.11 con otras redes cableadas de área local basadas en estándares diferentes.

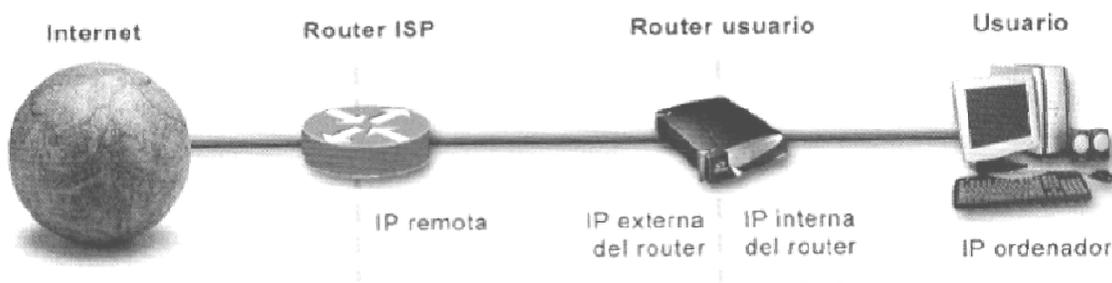
Las redes Wifi parten de la dificultad que tienen los usuarios de ordenadores portátiles para trasladarse de un lugar a otro pero contemplan un cierto grado de movilidad, por ejemplo un abonado de una ESS paseando puede cambiar de punto de acceso sin que su terminal tenga que interrumpir las tareas que esté llevando a cabo.

En los sistemas que trabajan en modo IP, la velocidad de transmisión en el enlace ascendente es siempre menor que en el enlace descendente, por lo que no tiene sentido un enlace simétrico con el mismo ancho de banda en ambos sentidos de transmisión. Además, todas las estaciones de una BSS, incluido el punto de acceso, trabajan en la misma banda de frecuencias por lo que el canal de radio sólo puede

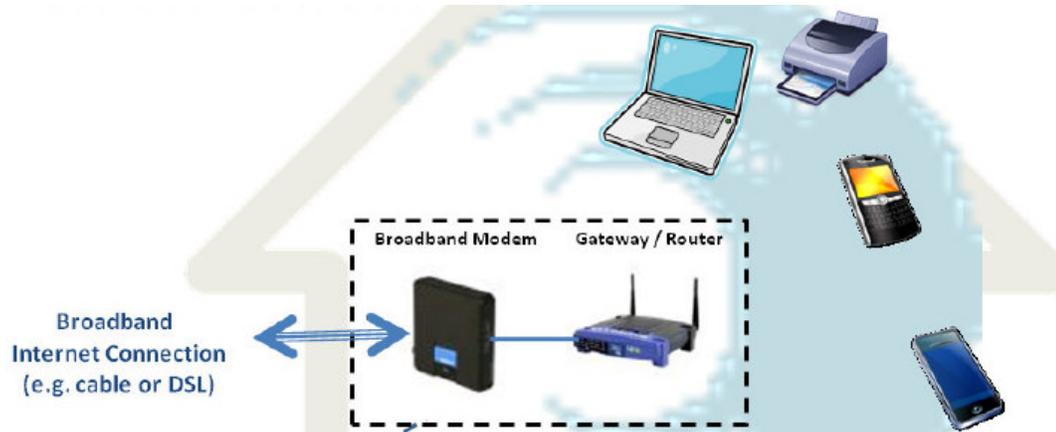
ser compartido temporalmente. En consecuencia, el duplexado implementado en el interfaz radio es del tipo TDD.

La capa física de los sistemas 802.11 ha evolucionado de manera muy rápida. La norma IEEE 802.11.1999 definía tres protocolos para la capa física: 1. Ensanchamiento espectral por secuencia directa (**DSSS**). 2. Ensanchamiento espectral por salto de frecuencias (**FHSS**). 3. Infrarrojos (**IR**). Estos tres protocolos permitían alcanzar hasta 2 Mbps. La utilización de las técnicas **OFDM** permitió que los sistemas 802.11**a-g** aumentaran su tasa de transmisión hasta los 54 Mbps. Para los sistemas 802.11**b**, aplicando técnicas de manipulación mediante código complementario (**CCK**), se llegó a los 11Mbps. Ambos pueden utilizar el modo de transmisión IP basado en la Codificación Compleja de Paquetes Binarios (**PBCC**).

Otro tipo de conjuntos BSS reciben el nombre de independientes o **IBSS**, no tienen punto de acceso y la comunicación entre estaciones es de tipo **ad hoc**, formándose redes **P2P**. La arquitectura IBSS supone que cada una de las estaciones está dentro del alcance de las demás, por lo que pueden entrar en comunicación con el resto.



La conexión a Internet se establece a través del punto de acceso, que además engloba las funciones de puente entre redes BSS, router y pasarela, incluida la aplicación Network Address Translation (**NAT**) necesaria para traducir las direcciones IP privadas a públicas y viceversa. El punto de acceso enlaza con el router del proveedor de servicios de Internet (**ISP**), que encamina la transmisión de la información hacia la red. En el caso de los usuarios domésticos suele ser habitual la instalación de un modem DSL a la salida del router inalámbrico, con el fin de mejorar las tasas de transmisión, sobre todo en sentido descendente, así como los tiempos de establecimiento de conexión a las diferentes direcciones de la red.



3.1. INTERFAZ RADIO EN REDES WIFI: FRECUENCIAS Y POTENCIAS UTILIZADAS.

Las redes 802.11 funcionan en las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz. Concretamente, los sistemas 802.11 **a** utilizan la banda de los 5 GHz y el resto, la de 2.4 GHz. El estándar más popular es el 802.11 **g** debido a sus elevadas tasas de transmisión y a su bajo coste de implementación, y a pesar de que la banda de los 2.4 GHz está, por decirlo coloquialmente, mucho más concurrida que la de 5 GHz.

La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del año 2003, WRC 2003, aprobó la utilización de la banda de frecuencias localizada entre los 5.15 y los 5.725 GHz por las WLAN de tipo 802.11 **a**. No obstante, dado que en esa zona del espectro radioeléctrico ya había usuarios antes de la aparición de las redes WLAN, concretamente sistemas radar de aplicación tanto civil como militar, de navegación aérea y marítima, así como equipos embarcados en satélites, se actualizó la normativa relativa a estos sistemas imponiéndoles nuevos requisitos de índole funcional: 1. Detección de señales radar. 2. Supresión de cualquier tipo de interferencia con el funcionamiento de los sistemas radar. 3. Distribución uniforme del funcionamiento entre todos los canales utilizables. 4. Regulación al mínimo de la potencia total de salida. La Unión Europea ya había adoptado este tipo de medidas incluso antes de 2003. En Europa el funcionamiento de estos dispositivos se regula en la especificación ETSI EN 301 893, donde se utiliza el término Radio LAN para referirse a las redes WLAN de tipo 802.11 **a**.

	ESTÁNDAR	f (GHz)	POT. MÁXIMA	OBSERVACIONES
Europa	802.11b, g	2.4 – 2.4835	100 mW	ISM
España	802.11b, g	2.445 – 2.475	100 mW	ISM
Europa	802.11a, hl2	5.15 – 5.25	200 mW (PIRE)	SÓLO INTERIORES
Europa	802.11a, hl2	5.25 – 5.35	200 mW (PIRE)	TPC Y DFS
Europa	802.11a, hl2	5.47 – 5.725	1 W (PIRE)	TPC Y DFS

El comité 802.11 editó en el año 2003, la norma 802.11 **h** que define la gestión del espectro de frecuencias y de la potencia transmitida, incluyendo el Control de la Potencia Transmitida (TPC) y la Selección Dinámica de Frecuencias (DFS) que pueden ser utilizadas para minimizar la interferencia con otros usuarios de esa banda de frecuencias.

Una WLAN emplea la selección dinámica de frecuencias para detectar la interferencia con otros sistemas y eliminar el funcionamiento en el mismo canal que aquellos, como ya se ha indicado generalmente suele tratarse de sistemas de radar, y además para utilizar de forma uniforme todo el ancho espectral disponible. El punto de acceso puede detectar señales radar a través de la función Radar Interference Detection, de esta forma, antes de crearse una red BSS, se lleva a cabo un chequeo del canal para cerciorarse que no hay sistemas radar operando en esa frecuencia. Durante el funcionamiento de la red, el punto de acceso también comprueba que no hay señales de radar interferentes en su canal de trabajo. Si ocurriera lo contrario, en un tiempo máximo de diez segundos abandona el canal durante al menos 30 minutos y envía orden de abandonar a todos los terminales de usuario asociados a él, que no pueden transmitir sin autorización previa del punto de acceso.

3.2. ANÁLISIS AMBIENTAL DEL INTERFAZ RADIO WIFI.

El **Reglamento que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas**, para frecuencias entre los 2 y los 300 GHz, limita de densidad de potencia de emisión a 10 vatios por metro cuadrado o lo que es igual 1 milivatio por centímetro cuadrado.

Para el estándar 802.11 **a** con bandas de trabajo entre los 5.15 y los 5.35 GHz, que tienen especificada una potencia máxima de 200 milivatios de PIRE, el nivel de

referencia se alcanza para distancias del emisor menores de 4 centímetros aproximadamente.

Para el estándar 802.11 **a** con bandas de trabajo entre los 5.45 y los 5.725 GHz, que tienen especificada una potencia máxima de 1 vatio de PIRE, el nivel de referencia se alcanza para distancias del emisor menores de 9 centímetros aproximadamente.

Para los estándares 802.11 **b** y **g** con bandas de trabajo entre los 2.4 y los 2.4835 GHz, que tienen especificada una potencia máxima de 100 milivatios, el nivel de referencia se alcanza para distancias del emisor menores de 3 cm aproximadamente. No obstante, en este caso como los valores de potencia especificados no son PIRE, pueden suponerse, de forma razonable, ganancias de antena de 3 dBi's y de 6 dBi's. Para 3 dBi's, las distancias a las que se alcanza el nivel de referencia son de 4 centímetros y para 6 dBi's de 5.5 centímetros, aproximadamente.

Cabe concluir que para los usuarios de terminales de ordenador portátiles, desde el punto de vista medioambiental de exposición a emisiones radioeléctricas, no supone ningún riesgo el hecho de trabajar dentro de un área Wifi.

3.2.1. AHORRO ENERGÉTICO EN WIFI.

Uno de los aspectos más relevantes del funcionamiento de los terminales móviles es el ahorro de energía, crucial sobre todo para los terminales portátiles. El consumo de energía es generalmente, mayor en transmisión que en recepción. No obstante, el consumo en recepción no es mucho menor que el consumo en transmisión.

La familia de estándares 802.11 define un modo de funcionamiento Power Saving Mode (**PSM**), en el que el terminal de usuario conmuta de un estado activo a uno de reposo. En estado de reposo el consumo de energía es mínimo, mientras que en estado activo el terminal tiene un consumo elevado aunque no esté transmitiendo o recibiendo información ya que tiene que escuchar el canal. Así pues es necesario que, siempre que sea posible, el equipo de usuario se configure en estado de reposo. En el modo PSM los terminales escuchan periódicamente la información transmitida por el punto de acceso, donde ha sido previamente almacenada. Si no hay novedad vuelven al estado de reposo. El propio equipo de usuario configura el tiempo durante el cual está en modo PSM, es decir el terminal no necesita recibir todas las salvas del punto de acceso y por tanto existe una relación directa entre el ahorro de energía conseguido y el retardo en la recepción de la información. Con esto se pretende ahorrar energía cuando no exista tráfico a cursar o este sea de

carácter periódico, de forma que el punto de acceso registra el periodo de funcionamiento de cada uno de los terminales de usuario.

En las redes IBSS no existe punto de acceso, por lo que el mecanismo de ahorro de energía debe ser diferente. En este caso cada terminal debe conocer el modo de funcionamiento del resto. Las tramas con destino a un equipo en modo PSM son almacenadas, mientras que el terminal en modo PSM debe pasar a estado activo periódicamente.

Si el tráfico a cursar es periódico, y el periodo es menor que el intervalo de tiempo que transcurre entre dos transmisiones del punto de acceso, es prácticamente imposible el funcionamiento en modo PSM. La norma 802.11 e mejora el ahorro de energía describiendo una forma de funcionamiento denominado Automatic Power Save Delivery (**APSD**) que permite a un terminal de usuario ahorrar energía al independizar el tiempo que pueda estar en cualquiera de los estados, reposo o activo, del periodo de exploración del punto de acceso. La norma 802.11 e diferencia entre dos clases de APSD, dependiendo de la forma en que se acceda al canal, pudiendo ser temporizado o no temporizado. El APSD no temporizado se utiliza para servicios multimedia, como VoWLAN o video. En estos casos el funcionamiento no puede ser de tipo temporizado ya que existen diferentes niveles de prioridad para el acceso al canal por el procedimiento Enhanced Distributed Channel Access (**EDCA**). Para el resto de los servicios se utiliza el APSD temporizado.

3.2.2. CONTROL DE POTENCIA EN WIFI

La IEEE 802.11h describe mecanismos para el control de la potencia transmitida. Dado que las bandas de 5GHz donde operan los dispositivos 802.11a son utilizadas por diferentes equipos radar, los dispositivos de Control de la Potencia Transmitida (**TPC**) pretenden minimizar el efecto de las WLAN sobre aquellos sistemas.

La implementación del control dinámico de la potencia transmitida no es de obligado cumplimiento, sino que la normativa contempla un nivel de potencia transmitida suficientemente bajo, de forma que si no se sobrepasa ese nivel, no es necesaria la utilización de TPC. Para dispositivos sin TPC, la imposición consiste en radiar con potencias 3 dB por debajo de los valores de la tabla reseñada en el punto 3.1.1.

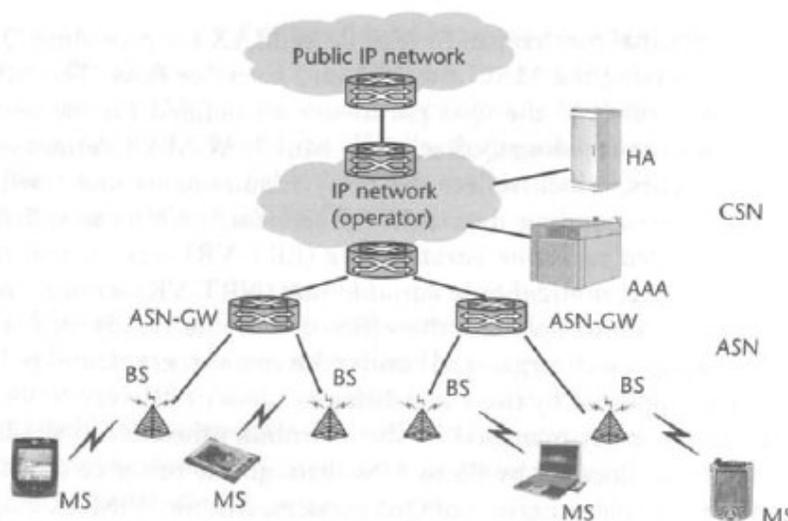
La IEEE 802.11h también especifica que los equipos de abonado puedan seleccionar o adaptar su potencia de emisión para cada trama a transmitir, siempre que esté por debajo del nivel máximo permitido. En orden a determinar cuál es la potencia óptima, el terminal transmisor necesita conocer la condición del enlace entre transmisor y receptor. Para conseguir una estimación de la condición del enlace, el terminal receptor determina el margen de enlace entre ambos usuarios,

que se define como el cociente entre la potencia recibida y el nivel mínimo de potencia deseado por el receptor. Este último envía una trama de respuesta con el margen del enlace y su potencia de emisión. La condición del enlace se revisa periódicamente intercambiando información entre el punto de acceso y los terminales asociados a su BSS.

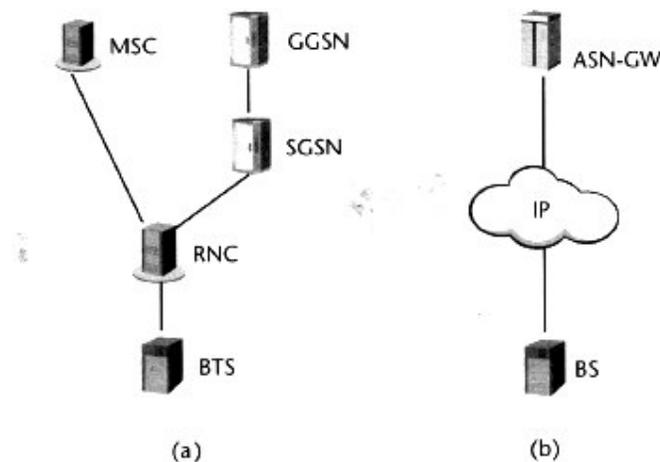
4. WIMAX: BREVE DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO.

La normativa IEEE 802.16 surgió de la necesidad de implementar un medio de acceso vía radio a redes de área amplia y abarca tres aspectos esenciales de estos sistemas inalámbricos: Utilización de banda ancha, transmisión en modo IP y movilidad de los terminales de usuario.

Como ya se ha reseñado, la arquitectura Wimax consta de dos capas. La primera, el acceso a la red de servicios (**ASN**), la componen los terminales de usuario, las estaciones base que configuran el interfaz radio y la pasarela hacia la red de servicios. La segunda es el núcleo de la red o la conexión con la red de servicios (**CSN**) y está formada por diversos servidores, routers y switches. La pasarela de acceso a la red de servicios conecta las estaciones base con el núcleo de la red, permitiendo que la información en modo paquete enviada por los terminales móviles llegue al núcleo de la red, donde se encamina hacia un determinado proveedor de servicios de Internet. De esta forma la red Wimax puede ofrecer a los usuarios distintos servicios de Internet, incluido VoIP, a bajo coste.



El estándar de acceso fijo, 802.16 **d**, en el que se establece un enlace radio entre la estación base y un terminal situado en el domicilio del usuario, fija velocidades teóricas máximas de 70 Mbps con un ancho de banda de 20 MHz. El estándar Wimax móvil, 802.16 **e**, permite el desplazamiento del usuario de un modo similar al que se puede dar en GSM/UMTS y por tanto ahonda en la estructura celular de la red, mientras que la transmisión en modo IP simplifica el número de equipos necesarios tanto en el subsistema radio como en el subsistema de red y conmutación.



En la figura puede observarse una red de telefonía móvil GSM y otra red Wimax. La red GSM necesita, para migrar al modo IP, la implantación de un nodo GPRS con su correspondiente servidor **SGSN** y pasarela de acceso **GGSN**. Así pues, puede decirse en primer lugar que los costes de construcción de una red Wimax son más bajos que los correspondientes a una red GSM. Por otra parte es conveniente resaltar que las velocidades de transmisión conseguidas en GSM utilizando GPRS están en proporción directa con el número de canales del transceptor empleados para la transmisión de datos: a mayor velocidad mayor número de canales ocupados.

Otra característica reseñable de los sistemas Wifi es la posibilidad de implementar las redes con un factor de reutilización de frecuencias unitario con lo que se rebajan los costes de implantación y se alcanza una elevada eficiencia espectral. La interferencia entre celdas se resuelve con tecnología de codificación y modulación adaptativa (**AMC**). AMC permite que los terminales móviles utilicen modulaciones y códigos más complejos asociados a grandes anchos de banda en las proximidades de las fronteras entre celdas, mientras que cerca de las estaciones base se emplean modulaciones y codificaciones más sencillas con mejor rendimiento espectral.

4.1. INTERFAZ RADIO EN REDES WIMAX: FRECUENCIAS Y POTENCIAS UTILIZADAS.

La normativa 802.16 contempla cuatro tipos de capa física para su funcionamiento:

1. Modulación con una sola portadora en un interfaz radio de 10 a 66 GHz para conexión a redes metropolitanas inalámbricas (**MAN SC**).
2. Sistemas con el mismo tipo de modulación y aplicación pero trabajando en la banda 2 a 11 GHz (**MAN SCa**).
3. Multiplexado por división de frecuencias ortogonales para su funcionamiento en redes metropolitanas inalámbricas (**MAN OFDM**) trabajando en la banda 2 a 11 GHz.
4. Acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales para operar en redes metropolitanas inalámbricas (**MAN OFDMA**) trabajando en la banda 2 a 11 GHz.

Adicionalmente, se especifica otro tipo de capa física denominado High speed Unlicensed MAN (**HUMAN**) para la banda de 5 a 6 GHz con acceso OFDMA.

Para redes móviles Wimax, se especifica una capa física OFDMA trabajando en la banda 2 a 11 GHz. Con duplexado temporal TDD y anchos de banda de 10 MHz, se consiguen velocidades de transmisión entre 20 y 40 Mbps aproximadamente en el enlace descendente y entre 5 y 10 Mbps en el ascendente. Durante la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del año 2007, WRC 2007, se definieron las bandas comunes para la 4G, 450-470 MHz y 2.3 – 2.4 GHz, donde es posible que se incluya el Wimax móvil.

La característica diferencial más importante entre los interfaces radio de la banda de frecuencias 10-66 GHz y la de 2-11 GHz estriba en la necesidad de visión directa en los enlaces radio (**LOS**) para la banda de frecuencias más altas: 10 – 66 GHz.

WMAN	WMAN	WMAN	WMAN	HUMAN	MÓVIL
10 – 66 GHz	2 – 11 GHz	2 – 11 GHz	2 – 11 GHz	5-6 GHz	2 – 11 GHz
SC	SCa	OFDM	OFDMA	OFDM,OFDMA	OFDMA

Tanto para los sistemas **WMAN-SC**, que tienen anchos de banda por canal entre 25 y 28 MHz, y que trabajan a frecuencias entre 10 y 66 GHz, como para los sistemas **WMAN-SCa**, que también tienen anchos de banda por canal entre 25 y 28 MHz, y que trabajan a frecuencias entre 2 y 11 GHz, se especifican potencias de transmisión mayores de 15 dBm en los equipos de usuario. Sin embargo, también se indican valores máximos de densidades espectrales de potencia (PIRE) de 28 dBm/MHz para las estacione base y de 39,5 dBm/MHz para los terminales de usuario.

Para los sistemas **WMAN-OFDM**, que tienen anchos de banda por canal entre 1,75 y 7 MHz, y **HUMAN- OFDM** con anchos de banda por canal de 10 MHz, se

especifican las siguientes potencias máximas de transmisión en los equipos de usuario:

$P_{TX, max} < 14 \text{ dBm}$
$14 \text{ dBm} < P_{TX, max} < 17 \text{ dBm}$
$17 \text{ dBm} < P_{TX, max} < 20 \text{ dBm}$
$20 \text{ dBm} < P_{TX, max} < 23 \text{ dBm}$
$P_{TX, max} > 23 \text{ dBm}$

Para los sistemas **WMAN-OFDMA**, que tienen anchos de banda por canal entre 1,25 y 28 MHz, y **HUMAN- OFDMA** con anchos de banda por canal de 10 y 20 MHz, se especifican las siguientes potencias máximas de transmisión tanto en los equipos de usuario como estaciones base:

$17 \text{ dBm} < P_{TX, max} < 20 \text{ dBm}$
$20 \text{ dBm} < P_{TX, max} < 23 \text{ dBm}$
$23 \text{ dBm} < P_{TX, max} < 30 \text{ dBm}$
$P_{TX, max} > 30 \text{ dBm}$

En España, la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones ha concedido licencias de sistemas 802.11 e en las bandas que se indican a continuación:

ESPAÑA	3.4 – 3.6 GHz	2.3 - 2.5 GHz	5.8 - GHz
---------------	----------------------	----------------------	------------------

Estos sistemas se encuentran funcionando en el noroeste de la península en el occidente de Asturias y Galicia, también en Castilla –La Mancha y gran parte de la geografía andaluza.

4.2. ANÁLISIS AMBIENTAL DEL INTERFAZ RADIO WIMAX.

Como ya se indicó en el caso de las redes Wifi, el **Reglamento que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a**

emisiones radioeléctricas, para frecuencias entre los 2 y los 300 GHz, regula que el límite de densidad de potencia de emisión está situado en 10 vatios por metro cuadrado o lo que es igual 1 milivatio por centímetro cuadrado.

De acuerdo con lo visto en el apartado anterior, las potencias fijadas por el estándar IEEE 802.16.2009 pueden resumirse en la siguiente tabla:

WMAN	WMAN	WMAN/HUMAN	WMAN/HUMAN	MÓVIL
10–66 GHz	2–11 GHz	2–11/ 5-6 GHz	2–11 / 5-6 GHz	2–11
SC	SCa	OFDM	OFDMA	OFDMA
$P_T > 15$ dBm	$P_T > 15$ dBm	$14\text{dBm} < P_T > 23$ dBm	$17\text{dBm} < P_T > 30$ dBm	$17\text{dBm} < P_T >$ 30 dBm

Como se ha reseñado en el apartado anterior, tanto para los sistemas **WMAN-SC**, que tienen anchos de banda por canal entre 20 y 28 MHz, y que trabajan a frecuencias entre 10 y 66 GHz, como para los sistemas **WMAN-SCa**, que tienen igualmente anchos de banda por canal entre 20 y 28 MHz, y que trabajan a frecuencias entre 2 y 11 GHz, se especifican potencias de transmisión mayores de 15 dBm en los equipos de usuario. Para estos valores de potencia los niveles de referencia se alcanzan a distancias de los terminales de 1,5 centímetros aproximadamente, supuesto que los citados valores de potencia considerados son PIRE.

También se establecen valores máximos de densidades espectrales de potencia (PIRE) de 28 dBm/MHz para las estaciones base y de 39,5 dBm/MHz para los terminales de usuario. En este caso, podemos hablar para las estaciones base de valores de potencia PIRE, con canales de 25 a 28 MHz, situados entre 12 y 18 vatios y para los terminales de usuario entre 180 y 252 vatios. Los niveles de referencia se alcanzan ahora para distancias menores de 30-40 centímetros para el entorno de las estaciones base y de 1,2 - 1,4 metros medidos desde los terminales de usuario.

Para los sistemas **WMAN-OFDM**, que tienen anchos de banda por canal entre 1,75 y 7 MHz, y **HUMAN- OFDM** con anchos de banda por canal de 10 MHz, se reseñan las siguientes potencias máximas de transmisión en los equipos de usuario:

$P_{TX, max} < 14 \text{ dBm}$
$14 \text{ dBm} < P_{TX, max} < 17 \text{ dBm}$
$17 \text{ dBm} < P_{TX, max} < 20 \text{ dBm}$
$20 \text{ dBm} < P_{TX, max} < 23 \text{ dBm}$
$P_{TX, max} > 23 \text{ dBm}$

También, se especifica que para equipos con antena integrada, la ganancia de ésta debe considerarse nula por lo que, para terminales de usuario, se considera que se trata de valores de potencia PIRE. Para la cota mínima de 23 dBm, el nivel de referencia se alcanzaría a unos 4 centímetros aproximadamente de los terminales portátiles.

Para los sistemas **WMAN-OFDMA**, que tienen anchos de banda por canal entre 1,25 y 28 MHz, y **HUMAN- OFDMA** con anchos de banda por canal de 10 y 20 MHz, se especifican las siguientes potencias máximas de transmisión tanto en los equipos de usuario como estaciones base:

$17 \text{ dBm} < P_{TX, max} < 20 \text{ dBm}$
$20 \text{ dBm} < P_{TX, max} < 23 \text{ dBm}$
$23 \text{ dBm} < P_{TX, max} < 30 \text{ dBm}$
$P_{TX, max} > 30 \text{ dBm}$

Al igual que en el caso anterior, se especifica que para equipos con antena integrada, la ganancia de ésta debe considerarse nula por lo que, para terminales de usuario, se considera que se trata, como en el caso anterior, de potencias PIRE. Para la cota mínima de 30 dBm, el nivel de referencia se alcanzaría a unos 9 centímetros aproximadamente de los equipos de usuario.

Cabe concluir, en este caso, que para los usuarios de terminales de ordenador portátiles, desde el punto de vista medioambiental de exposición a emisiones radioeléctricas, no supone ningún riesgo el hecho de trabajar bajo cobertura de sistemas Wimax, salvo en el caso de redes tipo WMAN – SC/SCa, que manejan niveles de potencia tales que los niveles de referencia se alcanzan a distancias mayores de un metro.

4.2.1. AHORRO ENERGÉTICO EN WIMAX

Como ya se ha apuntado al hablar del estándar Wifi, la movilidad de los terminales o equipos de abonado hace que el consumo de energía sea uno de los parámetros más importantes del diseño de los equipos. En este orden de cosas, la norma IEEE 802.16 e especifica dos modos de funcionamiento con bajo consumo: El llamado modo durmiente y el modo reposo. Un terminal de usuario puede volver al modo activo desde cualquiera de estos dos modos siempre que sea necesario. De esta forma no sólo se consigue ahorrar energía en el terminal sino que también se liberan recursos en el interfaz radio.

El modo de funcionamiento denominado durmiente permite que un terminal este desconectado del interfaz radio de su estación base durante periodos de tiempo predeterminados. Dependiendo del tipo de tráfico a cursar existen tres clases de modo durmiente. La **clase I** está recomendada para tráficos de tipo **NRT-VR**, transmisión con velocidad variable y en tiempo diferido. La **clase II** se recomienda en el caso de tráficos de tipo **RT-VR**, transmisión con velocidad variable y en tiempo real. Por último, **la clase III** está reservada para llamadas de grupo y operaciones de mantenimiento incluido el **ranging** periódico y tráficos **DSx**.

El modo de funcionamiento en reposo consiste en la conexión periódica del terminal de usuario con el interfaz radio de cualquier estación base aunque el terminal no se encuentre registrado en la misma. Se pretende que el móvil esté en reposo el mayor tiempo posible pero que, al moverse dentro de un área más o menos grande de cobertura Wimax, escuche periódicamente el enlace descendente de una estación base. El terminal optimiza el rendimiento de sus recursos energéticos y la red libera tráfico de señalización y control en los interfaces radio.

4.2.2. CONTROL DE POTENCIA EN WIMAX

Al igual que en las redes de telefonía móvil, existen sistemas de control de potencia en bucle cerrado y en bucle abierto. La condición de cerrado o abierto la da el hecho de que intervengan tanto el terminal móvil como la estación base o solamente uno de ellos respectivamente. Está especificado sólo para redes WMAN-OFDM/OFDMA, las WMAN-SC carecen de esta prestación, siendo el control en bucle abierto opcional.

En el control en bucle cerrado, el terminal de abonado envía información a la estación base sobre la potencia máxima disponible y la potencia transmitida. La estación base asigna, en base a estos datos, los esquemas de codificación y modulación adecuados para el enlace. El nivel de calidad de la señal recibida en la

estación base es diferente para cada tipo de señal transmitida y depende de los tipos de modulación y codificación empleados.

En el caso abierto, y esto es válido para todos los sistemas TDD, el terminal móvil transmite suponiendo que las pérdidas en el enlace ascendente son las mismas que en el descendente. El control de potencia, tanto durante la calibración inicial como en el ajuste periódico, se aplica en el enlace ascendente a todos los canales y tráficos: mensajes de datos o de mantenimiento, información sobre la condición del enlace, códigos de *ranging*, etc. Puede ser de tipo pasivo, cuando el terminal móvil utiliza los mismos niveles de potencia que en la última transmisión en bucle cerrado, o activo, en este caso el terminal puede variar los niveles de potencia transmitida dentro de unos márgenes, que vienen fijados por la recepción de la trama de reconocimiento o confirmación enviada desde la estación base.

El objetivo principal de estos dispositivos es que las potencias recibidas en la estación base desde múltiples terminales de usuario localizados en diferentes puntos geográficos y por tanto con diferentes condiciones de enlace radio, sean similares unas a otras tratando de conseguir el nivel óptimo de señal para el receptor con el mínimo consumo en el terminal de usuario.

5. CONCLUSIONES.

1. Para los usuarios de terminales de ordenador portátiles, desde el punto de vista medioambiental, de acuerdo con el ***Reglamento que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas***, el hecho de trabajar dentro de un área Wifi no entraña riesgo alguno.
2. Para los usuarios de terminales de ordenador portátiles, desde el punto de vista medioambiental, de acuerdo con el ***Reglamento que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas***, no supone ningún riesgo trabajar bajo cobertura de sistemas Wimax, salvo en el caso de redes tipo ***WMAN – SC/SCa***, que manejan valores de potencia tales que los niveles de referencia se alcanzan a distancias del orden de un metro.
3. La familia de estándares 802.11 (***Wifi***) define un modo de funcionamiento Power Saving Mode (***PSM***), en el que el terminal de usuario conmuta de un

- estado activo a uno de reposo en el que el consumo de energía es mínimo. Además, la norma 802.11 e mejora el ahorro de energía describiendo una forma de funcionamiento denominado Automatic Power Save Delivery (**APSD**) que permite a un terminal de usuario ahorrar energía al independizar el tiempo que pueda estar en cualquiera de los estados, reposo o activo, del periodo de exploración del punto de acceso.
4. Dado que las bandas de 5GHz donde operan los dispositivos 802.11a son utilizadas por diferentes equipos radar, el estándar IEEE 802.11h describe mecanismos para el control de la potencia transmitida. Los dispositivos de Control de la Potencia Transmitida (**TPC**) pretenden minimizar el efecto de las WLAN sobre aquellos sistemas. La implementación del control dinámico de la potencia transmitida no es de obligado cumplimiento, sino que la normativa contempla un nivel de potencia transmitida suficientemente bajo, de forma que si no se sobrepasa ese nivel, no es necesaria la utilización de TPC. Para dispositivos sin TPC, la imposición consiste en radiar con potencias 3 dB por debajo de los valores de la tabla reseñada en el punto 3.1.1.
 5. La norma IEEE 802.16 e especifica dos modos de funcionamiento con bajo consumo: El llamado modo durmiente y el modo reposo. El modo de durmiente permite que un terminal esté desconectado del interfaz radio de su estación base durante determinados periodos de tiempo. El modo de funcionamiento en reposo consiste en la conexión periódica del terminal de usuario con el interfaz radio de cualquier estación base aunque el terminal no se encuentre registrado en la misma. Se pretende que el móvil esté en reposo el mayor tiempo posible pero que, al moverse dentro de un área más o menos grande de cobertura Wimax, escuche periódicamente el enlace descendente de una estación base. Con la utilización de estos modos de funcionamiento en bajo consumo los terminales optimizan el rendimiento de sus recursos energéticos y la red libera tráfico de señalización y control en los interfaces radio.
 6. Al igual que en las redes de telefonía móvil, existen sistemas de control de potencia en bucle cerrado y en bucle abierto. Están especificados sólo para redes WMAN-OFDM/OFDMA siendo el control en bucle abierto opcional. Las redes WMAN-SC/SCa carecen de esta prestación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1]. **IEEE 802.16. 2009.** Air Interface for Broadband Wireless Access Systems
- [2]. Gi, B. y Choi, S. **Broadband wireless access and local networks.** Artech House 2008.
- [3]. **IEEE 802.11. 2007.** WLAN MAC and PHY Specifications.
- [4]. Huidobro, J.M. y Roldán, D. **Tecnología VoIP y Telefonía IP.** Ed. CC. 2006
- [5]. Reid, N. y Seide, R. 802.11. **Manual de Redes Inalámbricas.** M Graw Hill. 2003
- [6]. Carballar, J.A. **WIFI.** RA-MA. 2004
- [7]. www.wi-fi.org

CONCLUSIONES DEL GRUPO DE TRABAJO
TELEDETECCIÓN Y SENSORES MEDIOAMBIENTALES

CONCLUSIONES

SISTEMAS Y APLICACIONES DE LA TELEDETECCIÓN

1. En el período de intrusión intensiva de cenizas procedentes del volcán Eyjafjalla sobre la Península Ibérica entre el 5 y el 8 de Mayo de 2010, la red SPALINET realizó observaciones de las que se deduce que:
 - Las capas formadas por cenizas procedentes del Eyjafjalla llegaron a la Península Ibérica de manera casi continua entre el 5 y el 18 de Mayo de 2010.
 - Las capas se situaban entre la capa límite planetaria y una altura máxima de 7.5 km.
 - El grosor de las capas era inferior a 1 km de altura.
 - El espesor óptico era inferior a 0.1.
 - Sobre la Península Ibérica se observó que el transporte de oeste a este venía asociado a un efecto de hundimiento rápido.

2. Tras un exhaustivo estudio bibliográfico y un análisis minucioso de los requisitos exigidos para el estudio del impacto ambiental de emisarios submarinos, se concluye en este documento que, tanto la percepción remota, como los Sistemas de Información Geográfica, son herramientas de gran ayuda para el mismo.

Con este estudio también queda evidenciada la complejidad de los Sistemas de Información Geográfica costeros. La heterogeneidad del gran volumen de información a manejar es el primer factor a tener en cuenta. La coexistencia de datos geográficos y marinos es todavía un desafío y objeto de estudio. Cada proyecto, requiere una solución específica de compromiso entre ambas fuentes, pudiendo optarse por la definición de un modelo de datos que incorpore la información oceánica a los Sistemas de Información Geográfica o viceversa. Puesto que este prototipo se centra

en el Diseño de un SIG, se ha optado por la primera opción, eligiendo para ello el modelo de datos Arc Marine de la empresa ESRI.

Por otro lado, el Diseño de este SIG piloto, con vistas a su expansión a una IDE de vertidos ha permitido vislumbrar la complejidad del asunto. La creación de la IDE exige una estrecha coordinación entre Administraciones en referencia al acceso de la información medioambiental. El acceso a dicha información es todavía un hándicap y cuando se consigue está incompleta, en numerosas ocasiones, no disponiéndose de metadatos desarrollados siguiendo los estándares propuestos por el núcleo español de metadatos coordinado por el Instituto Geográfico Nacional.

En cuanto al estudio llevado a cabo sobre la posible aplicación de las técnicas de percepción remota en la evaluación del impacto ambiental de los emisarios submarinos se concluye, que esta tecnología es indudablemente una buena herramienta de ayuda, cuyo empleo se ve respaldado por los grandes avances que están teniendo lugar en el campo de la teledetección operacional, gracias a los cuales, los esfuerzos destinados a la adquisición y procesamiento de los productos derivados de la misma han disminuido notablemente.

3. Los mapas de usos del suelo, mapas de cambio e indicadores asociados realizados a partir de imágenes de satélite están ampliamente introducidos como fuente de información básica para los planificadores medioambientales. La información obtenida de satélites sobre áreas verdes y jardines y consumo de agua en piscinas se están introduciendo entre estos gestores y son productos cada vez más demandados.

La capacidad de los sensores hiperspectrales de obtener información sobre áreas degradadas así como las oportunidades en éste y otros campos de estas técnicas en el futuro inmediato son muy prometedoras.

Las imágenes de satélite nocturnas son en la actualidad la única manera de realizar mapas de contaminación lumínica aparente a escala regional. Los vuelos nocturnos han demostrado su capacidad para obtener información con más detalle y se convertirán en una fuente de información fundamental para este tipo de estudios.

Los datos sobre clima urbano son cada vez más demandados y las termografías obtenidas a partir de datos aeroportados o mediante sensores a bordo de satélites son una herramienta clave y cada vez son más demandados para entender la isla de calor de las ciudades y establecer medidas al respecto. En la actualidad se están llevando a cabo estudios para obtener datos de mejor resolución espacial a partir de misiones espaciales.

En relación a los modelos de calidad del aire urbano, los datos aportados por satélites y por otras fuentes de geo-información han demostrado que mejoran los modelos actuales.

4. La tecnología RSD está inventada en los Estados Unidos desde los años ochenta por la Universidad de Denver (Colorado). Desde entonces ha estado funcionando en Estados Unidos con tres aplicaciones básicas:
 1. Caracterización del parque automovilístico en materia de emisiones.
 2. Identificación de los vehículos más emisores para su reparación.
 3. Identificación de los más limpios y evitar molestias de paso por su inspección periódica de emisiones (obligatoria en muchos Estados).

Podemos considerar que el 10% de los vehículos contribuye con:

- 40% de partículas
- 80% de CO
- 65% de HC
- 45% de NO_x

Cualquier vehículo es susceptible de ser un “high emitter”. Por ello, no es eficiente incorporar medidas genéricas, como prohibir la entrada a ciertas zonas de una ciudad en función de su edad, tipo o carburante.

Entonces, ¿Qué debemos hacer? ¿Esperar a que el paso del tiempo tienda a mejorar los niveles medios de emisión del parque móvil? La respuesta es NO.

- En Los vehículos relativamente nuevos con cinco o seis años de antigüedad, Euro III, los valores medios de emisión de NOx no han disminuido en los últimos 15 años (fraude o laxas exigencias por parte de la normativa Euro).
 - La crisis económica no provoca el cambio periódico de vehículo. Estancamiento comercial.
 - El eléctrico va a retrasar su aparición masiva
 - Promoción de algunos carburantes que contaminan (gas natural-amonio) frente a otros que lo hacen menos, híbridos-gasolina.
5. La extensión y rápido crecimiento del suelo sellado, como consecuencia del importante crecimiento urbano de la última década en Europa, es un indicador valioso de posibles problemas ambientales. Este proyecto es un ejemplo del empleo por parte de las Administraciones Públicas de la teledetección para la monitorización (variación espacial y temporal) de los indicadores ambientales. Es precisamente la disponibilidad de datos de observación de la Tierra lo que permitió abordar este proyecto de forma operativa en menos de un año.

La participación en el servicio FTS Soil Sealing para la producción del mapa europeo de suelo sellado exigió asumir unos requisitos de producción masiva de datos en un periodo muy corto de tiempo. Se definió un protocolo de trabajo cerrado que fue consensuado por los productores al inicio del proyecto La metodología desarrollada y

soluciones tecnológicas adoptadas apostaron por: la automatización de procesos, la gestión controlada del flujo de trabajo y el desarrollo de herramientas de trabajo personalizadas, para cumplir objetivos y plazos.

GMES está impulsando una nueva forma de abordar los proyectos de suministro de servicios de información geoespacial a la UE a través de consorcios de empresas europeas que ejecutan la totalidad del proyecto de forma colaborativa y descentralizada, con unas especificaciones técnicas comunes, unos controles de calidad exigentes y cortos plazos de entrega.

El desarrollo de los programas espaciales de la ESA al horizonte 2013 (Sentinels, Pleyades, etc) permitirá a los servicios GMES de la UE seguir profundizando en esta línea al garantizar el suministro y disponibilidad de imágenes de observación de la Tierra. Se espera de ellas que tengan las características técnicas adecuadas y la frecuencia requerida para el seguimiento de la amplia gama de fenómenos ambientales y de aspectos de seguridad abordados por la UE en los distintos proyectos.

En la actualidad, además del diseño y desarrollo de sensores cada vez más especializados, el objetivo en este tipo de estudios es seguir desarrollando productos avanzados que integren las necesidades reales de los usuarios con los datos provenientes de sensores remotos y sensores in situ.

CONCLUSIONES

SENSORES Y REDES DE SENSORES

1. Las redes sensores pueden convertirse en el aliado perfecto en el cuidado y protección del medioambiente, es decir, se presentan como tecnología al servicio de la Sociedad y del Planeta.
2. Las redes de sensores, WSN (Wireless sensor networks), han sido identificadas como una de las tecnologías más prometedoras del futuro, debido a la reciente aparición de pequeños sensores electromecánicos de bajo coste, a las ventajas frente a otras tecnologías de telemando y telemetría, y al amplio campo de aplicaciones identificado para esta tecnología. La tecnología de comunicación entre sensores y nodos es muy diversa y en muchas ocasiones se trata de tecnología propietaria, si bien se están consolidando tecnologías estándar como las de ZigBee, Bluetooth, Wi-Fi, etc. Se puede decir que no existe un ecosistema de muchas pequeñas empresas y profesionales que comercialicen muchísimas aplicaciones para también pequeñas empresas y profesionales. Sin embargo, parece existir el mercado y la tecnología necesaria para satisfacerlo. En este sentido, el **Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación** considera que es posible desarrollar el mercado si se constituye un ecosistema que agrupe a los profesionales, autónomos o constituidos en pequeñas empresas, AT, distribuidos en toda España y en número suficiente, desarrollasen parte de su actividad proyectando e implantando redes de sensores. Para ello, es necesario incluir a todos los actores o agentes de un ecosistema WSN y relacionarlos entre sí mediante un mercado digital como se indica y se describe en Conama 10, más concretamente en este GT 21.
3. Parafraseando el manifiesto del Congreso “ahora más que nunca” la Sociedad debe implicarse en un proceso de cambio que necesita de todos: de líderes comprometidos, de profesionales capacitados, de empresas con visión de futuro y de agente sociales. Por eso el COIT pone a disposición de la Sociedad y para la protección del planeta a sus profesionales: los Ingenieros de Telecomunicación y crea un ecosistema para reunir a todos los agentes implicados para potenciar y desarrollar el sector de las redes de sensores.
4. El sensor UV254 para la medida del SAC, con compensación de turbidez que se ha obtenido, tiene dos características que le confieren un alto interés: por un lado la sencillez unida a una alta sensibilidad que se traduce en un muy buen límite de detección y dos décadas y media de rango y por el otro el formato adecuado para operar en las mismas condiciones que las sondas clásicas de los equipos multiparámetros.

Estas características permiten integrarlo sin problemas en un *multi* y disponer de un equipo muy robusto, fiable y económico suficiente para el seguimiento *on line* de la calidad de algunos tipos de aguas y en particular de las AR.

Cabe insistir en que no da una medida directa de la MO, sino por correlación como todos los equipos basados en esta tecnología, pero que es suficiente para la mayoría de aplicaciones en redes automáticas de control.

Debemos asimismo destacar que es un desarrollo 100 % nacional efectuado en el marco de los programas de ayuda a la I+D gestionados por el CDTI, que actualmente está ya en explotación con resultados excelentes en la aplicación que se ha expuesto y que puede competir con los equipos específicos del mercado en todos los campos tanto de especificación técnica como coste y resultados probados.

5. La ecoespectrometría y los métodos de impacto acústico se revelan como métodos eficientes y de muy bajo coste para el análisis de sustancias, la determinación de propiedades físicas de los líquidos, o la extracción de características que lleven al establecimiento de una base de datos que permita realizar una clasificación de los mismos por propiedades o parámetros de análisis. Su aplicación como tecnologías alternativas de detección en tiempo real de contaminantes parece, pues, prometedora.

6. Actualmente se construyen plataformas integradas de [bio-químico monitorización](#) de aguas superficiales integrando sensores químicos y biológicos capaces de detectar contaminantes químicos y los efectos que producen en los ecosistemas naturales. En la planta potabilizadora de Sant Joan Despí en las proximidades de Barcelona, se ha llevado a cabo el diseño, la ingeniería de detalle y la construcción de una estación de alerta. El diseño de la estación incluye la elección de la instrumentación para la medición de parámetros físico/ químicos, la integración del equipo de DBO de aguas superficiales, la captación del agua del río, la implantación de un circuito hidráulico y eléctrico, sistema de limpieza, sistema de telecontrol (PLC) y comunicaciones, adquisición de datos y SCADA. Los parámetros indicativos de la calidad del agua son: pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, amonio, DBO y carga orgánica (SAC).

7. Para los usuarios de terminales de ordenador portátiles, desde el punto de vista medioambiental, de acuerdo con el **Reglamento que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas**, el hecho de trabajar dentro de un área Wifi, o bajo cobertura de sistemas Wimax, no entraña riesgo alguno salvo en el caso de redes tipo **WMAN – SC/SCa**, que manejan valores de potencia tales que los niveles de referencia se alcanzan a distancias del orden de un metro.

8. La familia de estándares 802.11 (**Wifi**) define un modo de funcionamiento Power Saving Mode (**PSM**), en el que el terminal de usuario conmuta de un estado activo a uno de reposo en el que el consumo de energía es mínimo. Además, la norma 802.11 **e** mejora el ahorro de energía describiendo una forma de funcionamiento denominado Automatic Power Save Delivery (**APSD**) que permite a un terminal de usuario ahorrar energía al independizar el tiempo que pueda estar en cualquiera de los estados, reposo o activo, del periodo de exploración del punto de acceso. Dado que las bandas de 5GHz donde operan los dispositivos 802.11**a** son utilizadas por diferentes equipos radar, el estándar IEEE 802.11**h** describe mecanismos para el control de la potencia transmitida. Los dispositivos de Control de la Potencia Transmitida (**TPC**) pretenden minimizar el efecto de las WLAN sobre aquellos sistemas. La implementación del control dinámico de la potencia transmitida no es de obligado cumplimiento, sino que la normativa contempla un nivel de potencia transmitida suficientemente bajo, de forma que si no se sobrepasa ese nivel, no es necesaria la utilización de TPC. Para dispositivos sin TPC, la imposición consiste en radiar con potencias 3 dB por debajo de los valores de la tabla reseñada en el punto 3.1.1.

9. La norma IEEE 802.16 **e** especifica dos modos de funcionamiento con bajo consumo: El llamado modo durmiente y el modo reposo. El modo de durmiente permite que un terminal esté desconectado del interfaz radio de su estación base durante determinados periodos de tiempo. El modo de funcionamiento en reposo consiste en la conexión periódica del terminal de usuario con el interfaz radio de cualquier estación base aunque el terminal no se encuentre registrado en la misma. Se pretende que el móvil esté en reposo el mayor tiempo posible pero que, al moverse dentro de un área más o menos grande de cobertura Wimax, escuche periódicamente el enlace descendente de una estación base. Con la utilización de estos modos de funcionamiento

en bajo consumo los terminales optimizan el rendimiento de sus recursos energéticos y la red libera tráfico de señalización y control en los interfaces radio. Al igual que en las redes de telefonía móvil, existen sistemas de control de potencia en bucle cerrado y en bucle abierto. Están especificados sólo para redes WMAN-OFDM/OFDMA siendo el control en bucle abierto opcional. Las redes WMAN-SC/SCa carecen de esta prestación.