

Smart technologies en la gestión medioambiental y paisajística: Scatol8® para la sostenibilidad

Riccardo Beltramo, Sergio Margarita¹
Departamento de Ciencias Mercantiles, Universidad de Turín
Corso Unione Sovietica 218 bis, 10134 Torino TO
beltramo@econ.unito.it

¹*Departamento de Estadística y Matemática Aplicada, Universidad de Turín*
Corso Unione Sovietica 218 bis, 10134 Torino TO
margarita@econ.unito.it

Para la aplicación eficiente y eficaz de un sistema de gestión medioambiental es requisito indispensable examinar los aspectos ambientales más relevantes, pero este control presenta ciertos puntos críticos. El sistema de detección remota de datos **Scatol8®**, descrito en el siguiente documento, se propone resolverlos.

1. Introducción

La implementación de instrumentos de gestión medioambiental (SGMA: Sistema de Gestión Medioambiental) ha llevado a la revisión de las condiciones de aplicación en realidades organizativas variadas, evidenciando algunos puntos críticos en la detección y control de las variables medioambientales más relevantes. La recogida de datos puede interferir con la operatividad cotidiana especialmente en Pequeñas y Medianas Empresas, además si se realiza en modo irregular muestra una imagen fragmentada del perfil medioambiental, hasta el punto de poner en discusión la posibilidad de gestionar objetivamente éstas variables y de evaluar la eficiencia y la eficacia del SGMA. Para compensar esas lagunas se ha puesto en marcha un sistema de detección remota de variables medioambientales y paisajísticas, llamado **Scatol8®** que, basándose en hardware y software de Código Abierto (Open Source), se presenta como intermediario entre la estructura organizativa y el sistema de gestión, automatizando la recolección y elaboración de datos.

2. La gestión medioambiental y paisajística.

La gestión medioambiental ha sido implantada a nivel internacional a través de las normativas EMAS e ISO14001 y hace referencia a todas las organizaciones económicas. Tratándose de instrumentos encaminados a mejorar la eficiencia y la eficacia en el uso de los recursos naturales y económicos de las organizaciones, se han llevado a cabo

actividades experimentales con el fin de verificar su utilidad en contextos varios. Las actividades, realizadas por el Departamento de Ciencias Mercantiles, incluyeron a organizaciones económicas de distinto tipo, desde Pequeñas y Medianas Empresas manufactureras hasta escenarios de recepción turística, y tuvieron como objetivo verificar las condiciones para la aplicación de los SGMA en realidades organizativas y territoriales diferentes, además de revisar la posibilidad de examinar otras variables aparte de aquellas exclusivamente medioambientales.

En 2005 se ha formado un grupo multidisciplinario para afrontar la expansión de los aspectos medioambientales a aquellos paisajísticos y establecer de este modo directivas para la gestión medioambiental y paisajística, útiles para la proyección e implantación por parte de entes territoriales de un Sistema de Gestión medioambiental y paisajístico (SGMAP)¹. La propuesta metodológica para la integración del Reglamento Comunitario de Ecogestión y Ecoauditoría (EMAS) con el Convenio Europeo del Paisaje (CEP), ha sido madurada dentro del “Progetto per la realizzazione e la registrazione di un sistema di gestione ambiental-paesaggistica per l’Unione di Comuni Colline di Langa e del Barolo” (Proyecto para la realización y registro de un sistema de gestión medioambiental y paisajístico en la Unión de Ayuntamientos “Colinas de Langa y Barolo”) financiado durante el período 2005-2009 por el Departamento de Medio Ambiente de la Región de Piemonte.

La herramienta EMAS ofrece una estructura formal para la individualización y gestión de aspectos medioambientales significativos ligados a las actividades de una organización. Tal estructura, que se demostró válida en lo referente a la calidad ambiental, ha sido utilizada, con las variaciones oportunas, para gestionar los aspectos paisajísticos relevantes, ligados asimismo a las actividades desarrolladas por el ente público.

La posibilidad de medir la calidad medioambiental y paisajística, y en consecuencia controlar su evolución en el tiempo, está condicionada por la elección de indicadores apropiados. Mientras que la calidad medioambiental se expresa a través de parámetros químicos, físicos y biológicos consolidados, la paisajística se ve afectada por la subjetividad del observador. En la configuración de la investigación se ha trabajado para identificar indicadores objetivos o con baja subjetividad, relativos a variables vinculadas a la actividad de la Administración Pública, y para integrarlos en el modelo de gestión previsto en el Reglamento EMAS. Esta actividad ha sido propedéutica en el primer momento de fusión del EMAS y el CEP en el SGMAP, es decir, el momento de creación del Análisis Medioambiental y Paisajístico. Se trata de una amplia y detallada investigación sobre el contexto y actividades del ente capaz de influenciar sobre variables ambientales y paisajísticas, teniendo en cuenta las normativas nacionales, regionales y municipales pertinentes.

En esta fase inicial se han manifestado carencias cognitivas significativas debido a la falta de una recogida de datos sistemática y la escasa distribución de los datos entre los diferentes sujetos. Para gestionar de la mejor forma posible los aspectos ligados a la sostenibilidad medioambiental y paisajística, no obstante, no se puede prescindir de un conocimiento directo, preciso y actualizado de los elementos medioambientales y paisajísticos relevantes para cada entidad, pero los métodos de recopilación de datos

1 Beltramo R., Duglio S., Quarta M., *Sistema di Gestione Ambientale-Paesaggistico – SGAP: Una metodologia per la gestione integrata dell’Ambiente e del Paesaggio*, (Roma, 2011)

clásicos pueden entorpecer el trabajo de las organizaciones, ya bastante ocupadas tratando múltiples aspectos de la actividad cotidiana. Consideraciones análogas son aplicables también a las Pequeñas y Medianas Empresas, de hecho los experimentos han resaltado la importancia del control, o lo que es lo mismo, la medición de las variables en el tiempo, destacando al mismo tiempo que esto se trata de una fase crítica, particularmente en las pequeñas realidades económicas. De esta constatación surgió la idea de realizar un dispositivo para la monitorización de variables medioambientales y paisajísticas, útiles para el desarrollo de las siguientes actividades:

- Recuperación de datos;
- representación de perfiles medioambientales y paisajísticos;
- simulación de escenarios alternativos;
- intercambio de conocimiento;
- aplicación del sistema.

El proyecto resultante, llamado **Scatol8®**, propone materializar un sistema de detección remoto de variables medioambientales, paisajísticas y de gestión y ha sido impulsado gracias al Proyecto Interregional (2007-2013) “V.E.T.T.A., Valorizzazione delle Esperienze e dei prodotti Turistici Transfrontalieri delle medie e Alte quote” (Valorización de las Experiencias y de los productos Turísticos Transfronterizos de las medias y altas cumbres), dentro del cual ha sido perfeccionado y testado con la colaboración de refugios alpinos. Estos alojamientos presentan aspectos medioambientales comunes a las organizaciones más frecuentes, incluso a la realidad doméstica, y aspectos paisajísticos de excelencia, que contribuyen a hacerlos atractivos a un número creciente de turistas.

La elección del nombre **Scatol8®** (que en español podría traducirse como “pequeña caja”) transmite la idea de un dispositivo amistoso, artesanal, fácil de comprender y manejar, y por tanto accesible. **Scatol8®** constituye la base de un proceso (véase Fig.1), que se desarrolla con dispositivos hardware y software de Código Abierto fuertemente integrados en red.

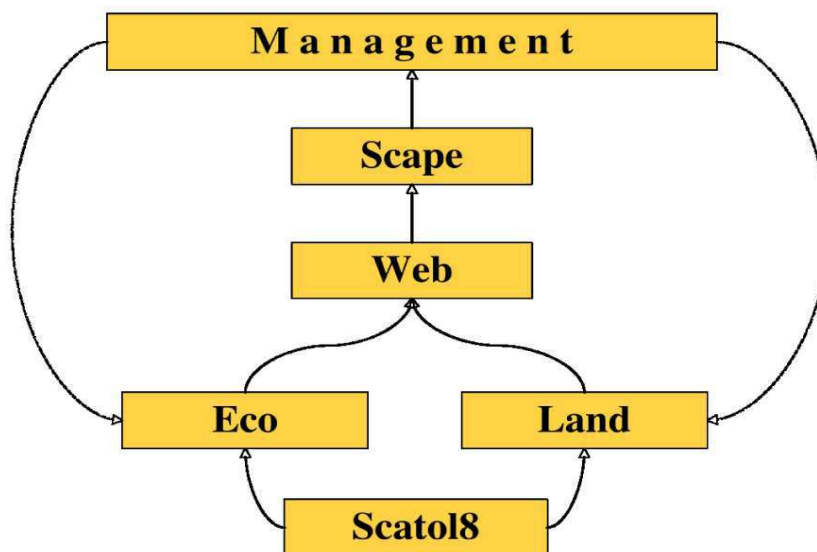


Fig. 1 - Scatol8® y la Gestión Medioambiental y Paisajística

La red es la plataforma que permite visualizar mapas de calidad medioambiental y paisajística, archivar datos que permitan el estudio de las dinámicas complejas, compartir los resultados, sensibilizar, formar y gestionar las transformaciones, todo a través de una actividad de comunicación organizada. El paisaje real, junto a las transformaciones territoriales y medioambientales, dan lugar a un escenario en Internet, donde los aspectos cuantitativos, perceptivos y de gestión se reúnen y comunican entre sí, favoreciendo un camino común con el objetivo de obtener una continua mejora, gracias a la utilización de modelos dinámicos que, partiendo de la realidad, permiten simular escenarios futuros. Un kit completo, compuesto por instrumentos para la recogida de datos, conectados en red a través de un software de gestión, e instrumentos de simulación dinámica dan consistencia a la idea. Al término del proyecto se prevé la integración entre las variables detectadas y los instrumentos opcionales de gestión más comunes, hasta formalizar una **Relación de sostenibilidad** (véase Fig. 2).

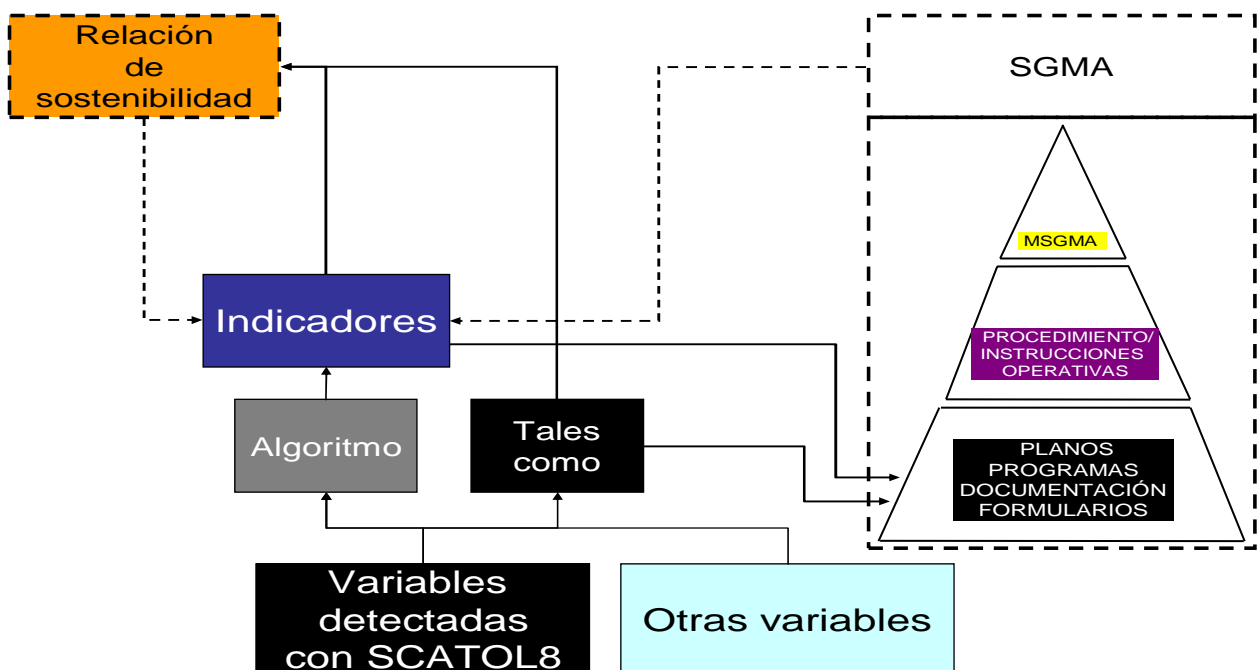


Fig. 2 – Scatol8® y Relación de sostenibilidad

Scatol8® consiste en una red (cableada o inalámbrica) formada por microcontroladores y múltiples sensores remotos. El sistema es modular, puede ser desarrollado y potenciado con posterioridad (aumentando el número de indicadores o la precisión de algunas mediciones), con una incidencia mínima en el costo adicional. Los datos recogidos son memorizados en una base de datos instalada en el ordenador y/o enviados a través de Internet, para permitir la realización de mediciones *in situ* y desde lugares remotos al mismo tiempo, considerando la importancia de ambos tipos de observación.

La decisión de orientarse hacia hardware y software de código abierto va ligada al requisito de accesibilidad del sistema **Scatol8®** que se ha querido comunicar incluso a través de la reutilización de envases y componentes recuperados.

El sistema **Scatol8®** y la adopción de códigos abiertos están relacionados con otras dos líneas de actividad desarrolladas por el Departamento de Mercadotecnia de la Universidad de Turín en el ámbito del Proyecto V.E.T.T.A., concordantes entre sí: el análisis de la oferta turística en las medias y altas cumbres del territorio de Verbano Cusio Ossola (VCO), con especial atención a los refugios alpinos, y la definición de un Certificado de Calidad para los refugios alpinos y de excursionismo.

2.1 Análisis de la oferta

Se ha trabajado a través de modalidades diferentes según los turistas y la tipología de estructura receptiva, para entender la percepción de la oferta turística por parte del huésped en el “territorio piloto”, los valles de Verbano Cusio Ossola (VCO), a través de la entrega de un cuestionario que incluyó a casi 400 entrevistados en la estación estival de 2010 y otros tantos en 2011, con preguntas referentes tanto a la estructura que los hospedaba, como al valle en el cual se localizaba. Además, se evaluó la recepción de la actividad turística en el territorio y su importancia sobre el total de las actividades económicas, y más profundamente en los refugios alpinos.

Durante la temporada de 2010 fueron visitados 26 refugios y entrevistados otros tantos administradores a través de una lista tecnológica y de gestión que contenía aproximadamente 150 preguntas, distribuidas en 5 secciones diferentes, que hacían referencia a aspectos estructurales inherentes a la edificación e inserción en el ambiente, aspectos de las instalaciones (recogida y tratamiento de aguas, producción de energía eléctrica y térmica, gestión de residuos, etc.) y aspectos que caractericen la modalidad de equipamiento de la oferta turística (por ejemplo el uso de productos alimentarios tradicionales del territorio, la oferta de actividades de apoyo al recibimiento, etc.). Las respuestas y consideraciones de los administradores fueron inseridas en una base de datos realizada con software a código abierto. En verano de 2011 la actividad se repitió en otras 26 estructuras. Hoy, la metodología ideada viene propuesta por la Región Piemonte a los otros socios, a través del Proyecto V.E.T.T.A., como estándar para evaluar las instalaciones y la modalidad administrativa de los refugios situados en el arco alpino. La misma base de datos incluye las entrevistas realizadas a los huéspedes, asociadas a la estructura en la cual se recogieron los datos, haciendo de este modo correlaciones entre eficacia de las instalaciones y la percepción de los huéspedes.

Las informaciones contenidas en la base de datos cumplen una función direccional para las políticas regionales hacia un turismo sostenible, sugiriendo al legislador intervenciones que ayuden a mejorar la compatibilidad medioambiental y paisajística de las diferentes estructuras. Los datos recogidos permiten formular valoraciones de costo-beneficio, económicas y medioambientales, destinadas a orientar políticas que, incidiendo en la eficiencia de las estructuras e instalaciones, eleven la calidad de la oferta turística.

2.2 Certificado de calidad.

Se ha trabajado para definir una herramienta, el **Certificado de Calidad**, capaz de calificar las estructuras bajo un perfil medioambiental, revalorizar el territorio y la cultura, y acercar el turista a la montaña. Las áreas temáticas conciernen aspectos ligados a la

acogida, al uso de productos locales, a las características estructurales, de seguridad e higiene, de accesibilidad y utilidad, y sostenibilidad medioambiental. El argumento del Certificado de Calidad, por tanto, está vinculado al análisis de la oferta de los refugios definida en el punto precedente y se basa, en parte, en variables consideradas y detectadas con **Scatol8®**.

En verano de 2011, los criterios individuados por el Certificado de Calidad fueron adoptados por el Instituto Nacional de Investigaciones Turísticas (ISNART) para la formulación del distintivo “Ospitalità italiana per refugi escursionisti ed alpini” (Hospitalidad italiana para refugios de excursionismo y alpinismo) y se efectuaron las primeras visitas para la entrega del distintivo a refugios de las zonas de VCO, Biella y Cuneo.

3. La detección remota de variables medioambientales

Las variables medioambientales fueron individuadas durante un análisis ambiental basado en las distintas relaciones entre la organización y el ambiente:

- El Ambiente Externo, entendido como proveedor de materias primas, caracterizado con parámetros capaces de expresar calidad (AE);
- relación entre Ambiente Externo e Interno, es decir, la extracción de los recursos que alimentan la organización, divididos por categorías y medidos en unidades físicas (AEI);
- Ambiente Interno, o mejor dicho, la transformación de los recursos en productos semielaborados o finales, de los cuales derivan desechos, residuos líquidos, emisiones gaseosas y pérdidas energéticas que se deben tratar antes de su emisión en el ambiente (AI);
- relación entre Ambiente Interno y Externo, o sea, la emisión de agentes contaminantes en el ambiente (AIE).

Las variables consideradas por **Scatol8®** se listan en la siguiente tabla (tab. 1):

AE	AEI	AI	AIE
Temperatura	Productos	Presencia humo	Calidad humo
Nevadas	Nivel agua	Calidad aire	Nivel fosa séptica
Precipitaciones	Nivel gasóleo	Consumo agua	Calidad desechos
Velocidad del viento	Gas	Consumo gasóleo	Cantidad residuos
Dirección del viento	Energía eléctrica	Temperatura	
Radiación solar		Humedad	
Humedad			
Webcam			

Tab. 1 - Las variables gestionadas por Scatol8®

El desarrollo de los análisis tuvo lugar primero en el laboratorio y después *in situ*. Para la detección de las variables, fueron seleccionados algunos sensores a raíz de una

evaluación comparativa de las prestaciones. Sucesivamente, las actividades se centraron en la configuración de las conexiones de red cableada e inalámbrica, la conexión con el ordenador y la transmisión de datos a través de Internet al servidor central.

4. Hardware y software: la elección de Código Abierto

Como el sistema que se pretende desarrollar presenta significativas similitudes con la domótica, la actividad comenzó con un análisis de los principales sistemas disponibles en el mercado, para poder entender la idoneidad en relación a las exigencias de proyecto. Esta investigación comparativa ha mostrado que los sistemas disponibles satisfacen en modo parcial los requisitos impuestos, visto que:

- En la mayor parte de los casos, se descuidan los parámetros relevantes para la gestión medioambiental de las organizaciones;
- las aplicaciones de tipo doméstico no prevén controles sobre el suministro y gestión del almacén ni sobre los accesos, aspectos que son en cambio muy importantes para una actividad de receptiva;
- prevén la conexión permanente a la red eléctrica, están basados en una tecnología de propiedad que implica en la casi totalidad de los casos el intercambio entre periféricas del mismo productor;
- generalmente son costosos.

Para evitar al máximo los límites expuestos con anterioridad, el interés se orientó hacia los sistemas de código abierto para el *physical computing*: Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard, Arduino y otros, que ofrecen funcionalidad similar. Todos tienen en común la característica de encerrar en un mismo paquete *user friendly* los aspectos técnicos complejos referentes a la programación. En un principio, se eligió Arduino, por las notables ventajas en cuanto a economía, la posibilidad de funcionamiento en entornos Windows, Mac OS X y Linux, la disponibilidad de un desarrollo sencillo, la extensión a través de librerías de software y hardware de código abierto y el "Made in Italy".

5. Aspectos tecnológicos

El paso de la fase prototipo a las pruebas de campo, trajo problemas difíciles de afrontar con Arduino en su configuración básica. Entre los límites que se encontraron, podemos citar, por ejemplo, el número de puertas, la velocidad de comunicación entre los microcontroladores y el ordenador, la capacidad limitada de memoria local. Por este motivo, dentro de las evoluciones de Arduino nos hemos ido orientando hacia Seeduino, que añade a Arduino algunas funciones importantes, como la posibilidad de almacenar los datos a través de la memoria Flash presente en la tarjeta del microprocesador. La arquitectura del sistema está representada en la Figura 3, que ilustra la articulación del sistema de detección.

6. La acción sobre el terreno

La actividad desarrollada por el Departamento se orientó a la realización de una red inalámbrica compuesta de distintos nodos periféricos constituidos por microcontroladores, sensores, placas para la transmisión de datos y un nodo central al cual son enviados los valores para su archivo. El objetivo principal de la fase de experimentación fue tratar de manifestar los problemas de hardware y software a propósito de la instalación *in situ*.

Desde el 1 de junio al 31 de agosto del 2011 las actividades del sistema de detección remota de variables medioambientales comenzaron a funcionar en vivo, con la instalación y la experimentación de los nodos periféricos en los refugios, su conexión con el nodo central, la transmisión de datos de éste a un ordenador y finalmente la transmisión por Internet.

Los problemas encontrados una vez sobre el terreno que no se habían visto en el laboratorio fueron relativos a problemas logísticos de instalación, a la propagación en el caso de la comunicación inalámbrica (así como la instalación de los cables de conexión en las instalaciones cableadas), la estabilidad y la operatividad de los sensores en el caso de condiciones operativas extremas.

Arquitectura del sistema – red inalámbrica

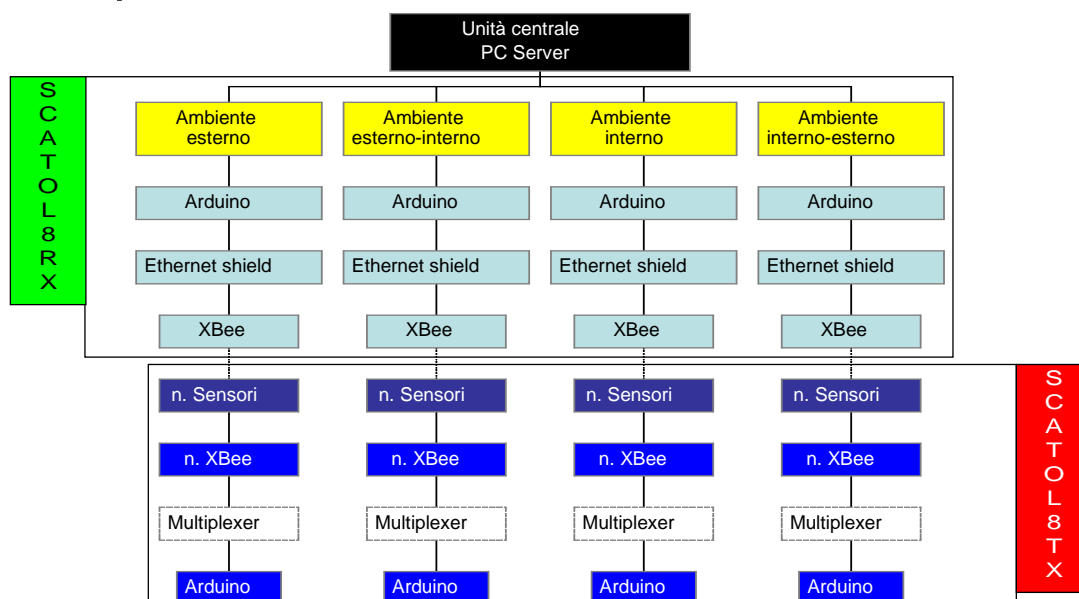


Fig. 3 – La arquitectura del sistema de detección de datos

La elección de los refugios en los cuales se desarrollaron los experimentos se basó en cuatro criterios:

- Posibilidad de conexión a Internet;
- accesibilidad;
- la representación en cuestión de variables medioambientales y la categoría (excursionismo/alpinismo);
- las dificultades objetivas vinculadas a los materiales que constituyen la estructura y distribución de los locales.

7. Puntos críticos y resultados obtenidos

En el primer año de actividad del proyecto, basándose en un listado tecnológico y de gestión, se hizo un catastro de los distintos refugios que llevó a la creación de una base de datos. A partir de esta información, se eligieron tres estructuras: el Refugio Città di Novara, el Refugio Andolla y el Refugio Castiglioni, en los cuales se realizaron las experiencias descritas en este documento. Se muestran (véase Tab. 2) los sensores testados en los tres refugios, indicando el nodo periférico, el instrumento o parámetro detectado y la colocación al externo (E) o al interno (I) del refugio.

Refugio Città di Novara			Refugio Andolla			Refugio Castiglioni		
Nodo	Sensor	E/I	Nodo	Sensor	E/I	Nodo	Sensor	E/I
1	Nivel líquidos o nieve	E	1	Producción solar	E	1	Intrusión	I
2	Anemómetro	E	1	Luminosidad	E	2	Consumo eléctrico	I
2	Dirección viento	E	1	Temperatura	E	2	Gas mq2	I
2	Pluviómetro	E	1	Humedad	E	3	Temperatura	I
3	Temperatura	I	2	Consumo eléctrico	I	3	Temperatura	I
3	Humedad	I	2	Temperatura	I	3	Temperatura	I
3	Gas mq2	I	2	Humedad	I	4	Luminosidad	I
4	Flujo de líquidos	I	3	Temperatura	I	4	Humedad	I
			3	Temperatura	I	5	Flujo de líquidos	E
			3	Temperatura	I	5	Temperatura	E
			4	Producción residuos	I	5	Humedad	E
			4	Gas mq2	I			
			4	Temperatura	I			
			4	Humedad	I			
			5	Flujo de líquidos	I			

Tab. 2 - Los sensores testados en los refugios

Los aspectos que han presentado puntos más críticos fueron aquellos relacionados a la transmisión inalámbrica, la fiabilidad de las comunicaciones entre los nodos y la necesidad de funciones de redundancia y seguridad para gestionar el posible mal funcionamiento de los componentes. Para reducir los problemas concernientes a tales puntos críticos, se eligió un sistema muy modular, en particular para la transmisión de datos, distribuyendo las funciones de seguridad y redundancia, y de este modo aumentando la fiabilidad del sistema en su totalidad. En caso que el nodo central no esté disponible, los nodos periféricos almacenarán localmente todas las informaciones recogidas, y en caso que no esté disponible el ordenador el nodo central operará del mismo modo. A su vez, el ordenador envía la información al servidor central de un modo anacrónico, según la disponibilidad de la conexión a Internet. En el servidor central hay a disposición un tablero de instrumentos que, delineando en la base de datos las variables recogidas, proporciona su representación gráfica y la señalización de eventuales anomalías o puntos críticos.

8. Conclusiones y desarrollo futuro

Scatol8® se utiliza actualmente para nutrir un archivo de registros útil para la gestión medioambiental y paisajística proporcionando elementos apropiados para desarrollar una campaña de sensibilización para la sostenibilidad. Las directrices seguidas durante el desarrollo del proyecto (económico, reutilización de los componentes recuperados, envases recuperados) permiten poner el acento sobre la sostenibilidad y formular una oferta de formación y consulta orientadas hacia la misma: experimentación, didáctica y gestión como momentos de integración de diferentes profesiones, orientadas a divulgar y promover el concepto de sostenibilidad.

Cuando el medio ambiente sufre transformaciones después de la intervención humana se convierte en un territorio; cuando el territorio es observado y filtrado por la experiencia individual, se convierte en paisaje. Los futuros avances del proyecto prevén el uso de **Scatol8®** para monitorizar y, en la medida de lo posible, controlar las transformaciones de este paisaje. Por lo tanto, puede actuar como observador capaz de situarse en diferentes puntos para poder abarcar un espacio amplio, y realizar de este modo una monitorización a gran escala, o en un espacio circunscrito, realizando una monitorización a nivel micro.

Más concretamente para aspectos paisajísticos, utilizando otros dispositivos como la máquina fotográfica y la cámara web e integrándolos con sistemas de elaboración, **Scatol8®**:

- Interviene en la fase de obtención de fotografías, proporcionando las coordenadas geográficas, la altitud y controlando la orientación de la cámara de fotos, para luego emplazar las imágenes en mapas;
- actúa en la fase de monitorización del territorio, recogiendo periódicamente desde Google Earth mapas de interés del territorio o permitiendo una navegación facilitada por intermediarios, por ejemplo a través de palancas de mando, para la observación de paisajes, monitorización de eventos y supervisión;
- dirige el intercambio de archivos ente aplicaciones, a través de la interoperabilidad de sistemas de Geoprocesamiento OGC (Open Geospatial Consortium);
- ocupa un rol de vigilancia en situaciones de emergencia real o potencial (terrenos sujetos a riesgo de derrumbes, etc) asociando posición, hora en que los sensores tomaron los datos, imágenes y datos recogidos.

9. Referencias bibliográficas

[Beltramo, 2010] The Scatol8™: an innovation for shifting from Environmental and Landscape Management System (ELMS) to the Eco-Land-Scape Management System (ELWSMS), Romanian Distribution Committee Magazine, 2,2,2010, 16-23, <http://www.distribution-magazine.ro/magazine2/>

[Beltramo et al, 2011] Beltramo R., Duglio S., Quarta M., "Sistema di Gestione Ambientale-Paesagistico – SGAP: Una metodologia per la gestione integrata dell’Ambiente e del Paesaggio", Arance Editrice, Roma, 2011

Traducción: Sabela Rodríguez Valín