

URBANIZACIONES RESIDENCIALES SOSTENIBLES: EL CASO DE ISLA CORBÁN

En este artículo se expone la remodelación de una urbanización ya existente en Corbán (Cantabria), con el objetivo de transformar ésta en un lugar en el que se aprovechan al máximo posible todos los recursos energéticos disponibles, y lograr así una urbanización sostenible y autosuficiente en base a los propios elementos que la forman. Este proyecto presenta una mayor complejidad que una urbanización que haya sido concebida desde el principio con estos criterios, debido a que nos tenemos que ajustar a los espacios libres en la misma. Así, podemos decir, que en la realización de este proyecto se han empleado todo tipo de técnicas para el aprovechamiento de los recursos energéticos potencialmente limpios, mediante sistemas híbridos de módulos fotovoltaicos y eólicos, captadores térmicos, pilas de combustible, así como balsas de recogida de aguas y pavimentos drenantes.

María Antonia Pérez Hernando, Ángel Vega Zamanillo, María Carmen Ruiz Puente y Ofelia Robles Cieza, Profesores del Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos (Universidad de Cantabria)

En la construcción de viviendas, siempre ha sido un objetivo primordial del proyectista el conseguir una vivienda confortable con el mínimo consumo energético. Hasta la llegada de la Revolución Industrial, se aprovechaban esencialmente los materiales y recursos disponibles de cada zona y el resultado era una vivienda no tan confortable como las actuales, pero sí más respetuosa con el medio ambiente.

En la actualidad, el importante crecimiento del consumo energético en las ciudades y su alta dependencia de los combustibles fósiles, está provocando graves problemas económicos y de contaminación atmosférica que afectan a la calidad ambiental y la salud de las personas. La mayor parte de las fuentes de energía renovables no producen gases de efecto invernadero ni otras emisiones peligrosas, contrariamente a lo que ocurre con los combustibles, sean fósiles o renovables. Incluso algunas fuentes renovables no emiten dióxido de carbono adicional y tampoco presentan ningún riesgo suplementario, tales como el riesgo nuclear. Ante esta situación, es necesario impulsar la construcción sostenible y las fuentes de energía renovables como estrategia clave para reducir la contaminación atmosférica y asegurar el abastecimiento energético futuro. Una forma de fomentar el autoabasteci-

miento energético de una urbanización es mediante el empleo de módulos fotovoltaicos o paneles solares. Éstos están formados por un conjunto de celdas fotovoltaicas que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. En general, las celdas se componen por cristales de silicio y cada célula fotovoltaica está compuesta de dos láminas delgadas de silicio, P y N, separadas por un semiconductor. Los fotones procedentes de la fuente luminosa inciden sobre la superficie de la capa P, y permiten liberar electrones de los átomos de silicio los cuales, en movimiento, atraviesan la capa de semiconductor, pero no pueden volver. La capa N adquiere una diferencia de potencial respecto a la capa P, y conectados unos conductores eléctricos a ambas capas, que a su vez se unen a un dispositivo o elemento eléctrico consumidor de energía, se iniciará una corriente eléctrica continua.

Otro medio de aprovisionamiento energético que permite autoabastecer una urbanización son los aereogeneradores, ya sean de aplicación eléctrica o de bombeo de agua, mediante el aprovechamiento y transformación de energía eólica en energía mecánica. El aerogenerador o generador eólico produce electricidad al recibir la fuerza del viento. Al mismo tiempo, la envía hacia el sistema de baterías donde se almacenará para su uso en el momento

necesario. Entre ambos componentes, se intercalará un regulador, el cual automatiza y garantiza el correcto funcionamiento del sistema. El inversor convierte la corriente continua almacenada en las baterías en alterna a 220V, con lo que puede funcionar cualquier aparato de potencias acorde a la del inversor.

Para una correcta evacuación del agua y controlar el drenaje sobre la infraestructura viaria de una urbanización, se pueden disponer firmes drenantes o porosos. Esta técnica se viene desarrollando en carreteras desde finales de los años 80 con un doble motivo: mantener la seguridad de circulación de los vehículos, evitando que no disminuya el coeficiente de rozamiento entre la superficie del pavimento y la rueda del vehículo para no causar deslizamientos; y segundo, para controlar y evacuar adecuadamente el movimiento del agua a través de las capas del firme, dirigiéndolo hacia dispositivos de eliminación, balsas, piscinas o regeneradores de agua.

ANTECEDENES DE VIVIENDAS SOSTENIBLES EN CANTABRIA

En Cantabria tenemos varios ejemplos de aquella antigua construcción sostenible, como es la cabaña pasiega; sistemas de calefacción precursores del aprovecha-



Foto nº 1: cabaña pasiega

miento de la biomasa, como son las Glorias; o sistemas pasivos de aprovechamiento de energía solar, como es el muro Trombe y la galería.

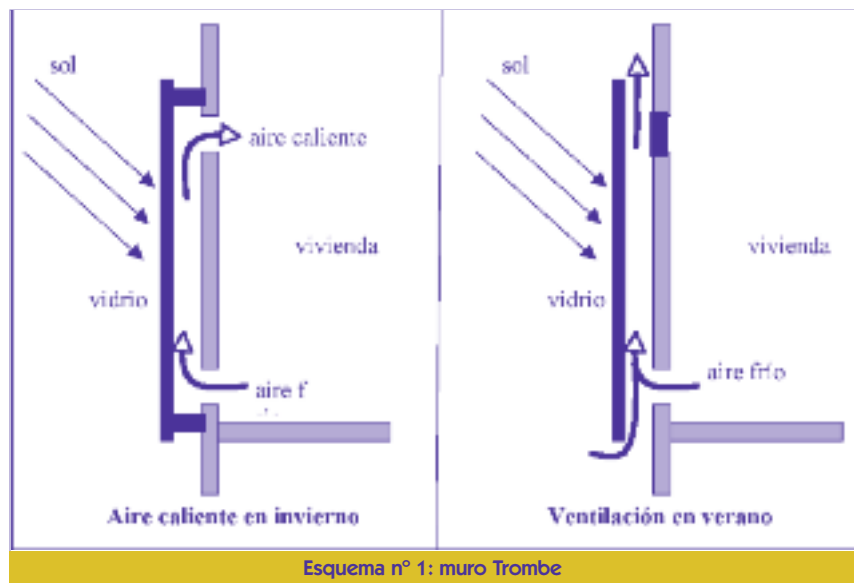
La cabaña pasiega es un modelo de construcción sostenible: gruesas paredes de piedra y arcilla, vigas y suelos de madera de roble, y tejado de losas de pizarra. Todos estos materiales se encuentran en la zona del valle del río Pas, su uso no genera residuos, y el resultado es una cabaña sólida y duradera. En el aspecto energético la construcción era a brazo o con caballerías, y mancomunada, es decir, para construir una cabaña ayudaban todos los vecinos, con lo que se conseguía una construcción rápida y sencilla.

La calefacción en la cabaña pasiega aprovecha un sistema que es común a otras construcciones rurales de Cantabria, y que se puede denominar calefacción animal. El establo ocupa toda la parte inferior de la cabaña, mientras que en la planta superior está el granero y la vivienda de las personas, que generalmente es de reducidas dimensiones. De esta forma, el calor natural que desprenden los animales del establo sirve para calentar la vivienda superior.

La gloria es un sistema de calefacción que se utilizaba sobre todo en regiones de cultivo de cereales, como por ejemplo la Meseta Castellana; si bien en Cantabria la encontramos todavía en algunas casas construidas a principios del siglo pasado. El sistema está constituido esencialmente por un recinto de pequeña altura, apenas

un metro, que se extiende por debajo de la planta inferior de la casa, ocupando toda la superficie, y que dispone de dos orificios para regular la combustión. En el interior existe otro acceso al recinto, que sirve para introducir el combustible.

La gloria es un sistema precursor en el aprovechamiento de la biomasa, porque utiliza como combustible los mismos materiales que en la actualidad reciben ese nombre, como son los residuos vegetales, ramas, hojas, paja de cereales, etc. Es un sistema de calefacción barato y efectivo, aunque tiene algunos inconvenientes que hicieron que cayera en desuso, como son los humos que desprende y lo engorroso de su funcionamiento. La llegada masiva del carbón a los hogares supuso el fin de este aprovechamiento sostenible.



Esquema nº 1: muro Trombe

El muro Trombe tiene escasos ejemplos de aplicación en la vivienda de Cantabria. Fue diseñado por el ingeniero Félix Trombe, en Odelló, una localidad junto a los Pirineos. Es una pared pintada de negro, para absorber mejor la radiación solar, que tiene delante un vidrio formando una cámara de aire. Este vidrio suele estar orientado hacia el sur en el hemisferio norte, y hacia el norte en el hemisferio sur, para aprovechar mejor la radiación solar. Los rayos de luz que chocan contra el muro oscuro generan calor que el vidrio impide escapar. Dado que el aire caliente es menos denso que el aire frío, sube transportando el calor hacia la casa por una abertura superior. Al mismo tiempo, el aire frío de la casa sale por una ranura que se conecta con la parte baja de la pared. El aire continuará circulando y calentando la vivienda. En el caso que interese refrigerar la vivienda, se cambia la dirección de las ventillas que regulan la circulación del aire, tanto en la parte superior como inferior y así sale el aire caliente.

En Cantabria, una similitud al muro Trombe es la galería acristalada, presente en un gran número de viviendas ubicadas en pueblos y valles. Dicha galería está orientada hacia el sur, de tal forma que en días soleados se obtienen altas temperaturas en su interior.

EL CASO DE ISLA CORBÁN (CANTABRIA)

La urbanización se encuentra enclavada en la zona de San Román de la Llanilla



Foto n° 2: urbanización Isla Corbán

pertenece al término municipal de Santander y situada en la zona norte del mismo, cercana a la costa. El municipio de Santander tiene una población cercana a los 190.000 habitantes, con una continua expansión de nuevas viviendas hacia la zona costera, ocupadas principalmente por personas jóvenes.

En la actualidad la urbanización Isla Corbán, tiene todos los elementos que conforman cualquier urbanización común. Su pavimentación es normal realizada con una mezcla bituminosa densa y el drenaje de su calzada consiste en unos caces a los lados de la vía que conducen el agua hasta unos sumideros colocados cada 20-25 metros, y éstos a su vez a unos pozos de registro situados a su vez cada 50 metros aproximadamente. En lo que respecta a su consumo energético, está alimentado por una instalación convencional de una empresa eléctrica suministradora. Esta urbanización está compuesta por 5 núcleos de viviendas formadas a su vez por 5 casas cada una. Cada vivienda tiene su propia e independiente instalación eléctrica que es la que actualmente está en funcionamiento. Además esta urbanización posee un amplio parque, al que no se le da ningún uso.

Se pretende hacer de esta urbanización en Isla Corbán un modelo de construcción sostenible, manteniendo básicamente las infraestructuras actuales de la urbanización y actuando únicamente sobre aquellas que mejoren o permiten un autoabastecimiento de energía

mediante el empleo de tecnologías energéticas sostenibles, y una nueva pavimentación con red de saneamiento y drenaje que recicle el agua.

Electricidad

En lo que respecta al alumbrado de las calles, se han sustituido las actuales luminarias por otras dotadas de paneles solares y generadores eólicos, que no necesitan ningún cableado y suponen un ahorro mensual en los gastos de la urbanización, ya que con este sistema no se paga electricidad por el alumbrado nocturno de la urbanización.

Para las viviendas se ha optado por otra solución un poco más compleja, ya que su consumo energético es el más elevado del conjunto. Cada vivienda dispone de su propia e independiente instalación eléctrica, así como de un sistema de

calefacción y a.c.s. alimentado por caldera. Dado que el objeto de este proyecto es conseguir que estas viviendas sean totalmente autosuficientes, cada grupo de 5 viviendas estará dotado de su propio sistema aislado de generación de energía eléctrica. Este sistema de generación aislado consiste en los siguientes elementos:

- Generador Fotovoltaico de 9 KW.
- Generador Eólico de 12 KW.
- Pila de Combustible de 5 KW.
- Batería de acumuladores 48 KWH.
- Hidrolizador 5 KW.

Debido a que el consumo medio por vivienda es de 11,17 KWH y Máxima potencia simultánea por vivienda: 3.273 W así como la máxima potencia simultánea por 5 viviendas es de 16.365 W, es necesario el conjunto anteriormente indicado de elementos que conforman la instalación de suministro eléctrico.

A partir de estos datos se hace el cálculo de la instalación en red aislada, de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Los generadores que funcionan "en base"**, es decir el fotovoltaico y eólico, se reparten la energía a generar (22.240 KWH), de la siguiente forma:

Generador Fotovoltaico-Potencia nominal 9 KW- Energía generada anual 13.527 KWH.



Foto n° 3 paneles solares

Generador Eólico-Potencia nominal 12 KW-
Energía generada anual 12.345 KWH.

Como se puede observar, la energía total generada por el sistema supera en un 10% a la demanda esperada de la instalación, con el fin de prevenir climatologías excepcionales.

- **Los inversores en isla** regulan la tensión y la frecuencia de la red, y suministran puntas de carga o almacenan energía según demande esa regulación.

Inversores en isla de Baterías- 3 Sunny Island 4500- Potencia nominal 13,5 KW.

Inversor en isla de Pila de Combustible- 1 Sunny Island 4500- Potencia nominal 4,5 KW.

A parte de las puntas de energía, los inversores en isla pueden suministrar la potencia total de la instalación en un fallo total de los generadores de base, y durante el tiempo previsto de autonomía del sistema (2 días).



Foto nº 4: aerogenerador

El generador fotovoltaico consiste en un conjunto de paneles solares fotovoltaicos situados sobre las viviendas orientados hacia al sur dentro del grupo de 5 casas, cuidando su disposición y su estética que queda sobre el tejado, ya que le concede a la vivienda un cierto carácter futurista y moderno.

Tanto las baterías como la pila de combustible y el hidrolizador se alojan en una caseta situada al lado del aerogenerador en el parque de la urbanización.

Calefacción (Sistemas Individuales)

No sólo el aporte energético de una vivienda consiste en abastecerla eléctricamente.

Balance energético de la instalación solar en chalet en Ponteijos. Aplicación solar para ACS y calefacción

Mes	Radiación Disponible kWh	Energía solar útil aportada a la calefacción kWh	Demanda de calefacción kWh	Grado de cobertura solar de la demanda de Calefacción %	Energía solar útil aportada al ACS, y la calefacción kWh
Enero	565	159	1566	10,2%	301
Febrero	666	204	1232	16,6%	362
Marzo	887	273	1208	22,6%	463
Abril	905	272	925	29,4%	457
Mayo	970	140	272	51,5%	386
Junio	988	0	0	-	258
Julio	1082	0	0	-	259
Agosto	1029	0	0	-	268
Septiembre	1035	0	0	-	263
Octubre	857	137	345	39,7%	386
Noviembre	675	202	936	21,6%	369
Diciembre	478	126	1405	8,9%	259
Anual	10095	1513	7890	19,2%	4031

Nº Paneles vltosol 200=	4	Consumo ACS (m ³ /día)	0,2
m ² totales=	8	V acumulación solar(L) =	750
Orientación=	0	Potencia de Intercambio (kW)=	4,8
Inclinación=	60	Temp. Agua de red Feb/Ago =	9/15 °C

Captación solar por m ² de	504	kWh/m ² año
CO ₂ evitados	895	kg/año

Equivalencias de Ahorro Energético y de Reducción de Emisiones (Cobertura solar del ACS y la calefacción=36,6%)

Combustible	Factor de emisión de CO ₂ * (kg/GJ)	CO ₂ evitados kg/año
Gas Natural	55,5	894,882
Área de colectores =8 m² ; V acumulación solar(L) = 750 L ; Orientación= 0; Inclinación= 60		
Ahorro energético anual - Energía (kWh/año)	4031kWh/año	
Ahorro de emisiones - kg de CO ₂ en 20 años *	17897,64 kgCO ₂	
Reducción Emisiones en millones de km equivalentes de coches nuevos (CO ₂ evitado en 20 años) **	0,15 Millones de km	
Número de árboles equivalentes (CO ₂ acumulado en 20 años) ***	325 árboles	
Hectáreas de bosques equivalentes (CO ₂ acumulado en 20 años) ***	0,08 hectáreas	

* EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook (SNAP-97)

** Comisión Europea. Objetivo 2005

*** ECCM Edinburgh Centre for Carbon Management

camente, sino que también debemos tener en cuenta el consumo energético debido al calentamiento de la vivienda (calefacción) y al consumo de agua caliente para diversos usos (ACS).

La instalación solar térmica es independiente en cada vivienda, así cada una dispone de su propio equipo de captación de tubos de vacío 8 m² y su interacumulador de 750 l independiente, no como en el caso de la instalación eléctrica que es común para cada grupo de viviendas.

Teniendo todo esto en cuenta, se aplica a esta urbanización un sistema solar térmico formado por paneles solares de tubos de vacío y un interacumulador para almacenar agua caliente, para cuando la vivienda requiera de ella. Este sistema solar necesita de otro sistema de calentamiento, así que se aprovecha el sistema de calefacción existente en la casa. Gracias a la aplicación de este sistema solar en cada vivienda, se supone un ahorro de 4.031 kWh/año lo que viene a evitar unos 890 kg CO₂/año por cada vivienda.

A continuación desarrollamos estos resultados.

La demanda de energía estimada para cubrir las necesidades de Agua Caliente Sanitaria es de 3122 kWh/año, en el balance energético se muestra en la columna 'Demanda de ACS'. Para el cálculo de este valor se parte de las temperaturas de agua de red y de consumo, y de los litros de ACS consumidos, que se muestran en la columna 'Consumo de ACS a 45°C'.

La demanda de energía estimada para la calefacción es de 7890 kWh/año. Esta demanda se muestra en la columna 'Demanda de energía para calefacción', resumiendo el cálculo mes a mes.

En una instalación convencional ambas demandas de energía, ACS y calefacción, se suministran por caldera. Mediante el sistema solar se ahorra la energía expresada en la columna 'Energía solar útil aportada', donde se puede ver que en esta instalación asciende a un total de 4031 kWh/año. Esta energía deja de ser aportada por el sistema de caldera, siendo suministrada por el sistema solar. Expresado en porcentaje, el ahorro anual de energía gracias al sistema solar es del 80.6% para ACS y el 19.2% para calefacción, este dato se muestra detallado mes a mes en la columna 'Grado de cobertura

ra solar del ACS' y 'Grado de cobertura solar de Calefacción' del balance energético. Este porcentaje expresa la relación entre la energía solar útil aportada y la demanda de ACS y Calefacción.

En la tabla anterior se muestran los ahorros tanto de CO₂ como la equivalencia en árboles del ahorro energético que se hace por vivienda mediante el empleo de energía solar térmica.

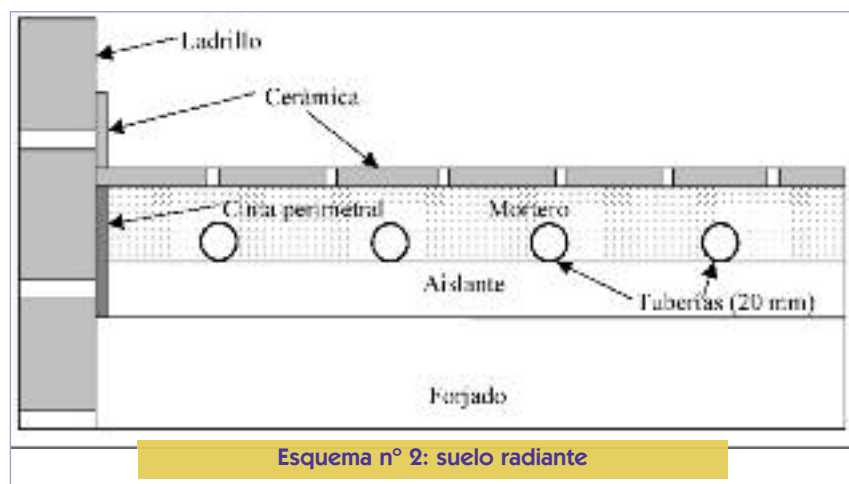
Además, el sistema de calefacción actual consiste en suelo radiante, con lo que la utilización de la energía solar térmica como apoyo a la calefacción existente, está más justificado si cabe, ya que este sistema trabaja a baja temperatura (35-40°), mientras que una calefacción convencional trabaja entorno a los 70°, lo que supone un mayor consumo energético.

La calefacción por suelo radiante consiste en una tubería, de forma espiral, empotrada en la capa de mortero que discurre por toda la superficie local. Esta tubería conduce agua caliente (a baja temperatura respecto a otros sistemas de calefacción) producida por una caldera. Las tuberías van colocadas encima de un material de aislamiento que desempeña un papel clave para conseguir el necesario aislamiento térmico y acústico. Estos paneles se colocan directamente sobre el forjado y, a su vez, sobre ellos se van colocando los circuitos de tubería. El agua cede el calor al suelo a través de la tubería y el suelo, a su vez, lo transmite al ambiente del edificio. La calefacción por suelo radiante utiliza calor radiante para calentar suavemente la habitación desde abajo hacia arriba. Los sistemas de calefacción tradicionales calientan desde arriba hacia abajo y tienden a sobrecalentar la cabeza del hombre, produciendo falta de ventilación.

Pavimentación y saneamiento

La nueva pavimentación contempla la ejecución del drenaje de todo el nuevo firme.

Este nuevo drenaje tiene la característica de disponer un caz continuo a lo largo de todo el eje de la carretera. Por lo tan-



to la vía dispone de una inclinación del 2% desde el exterior de la vía hacia su eje, para que el agua sea recogida por el caz continuo situado en el centro de la calzada, y cada 50 metros aproximadamente vierta en un pozo de registro.

Esta red de saneamiento no es convencional, ya que al final de la red de drenaje, existe una balsa que recoge todo el agua, que posteriormente se volverá a usar para el riego del parque de la urbanización. La balsa cuando se colmata tiene un rebosadero por donde vierte el agua sobrante a la red a la que antiguamente lo hacía la urbanización. La ejecución de la balsa conlleva estos pasos:

- Excavación con talud estable. (talud de 45°).
- Estabilización de talud.
- Geotextil de separación.
- Geomembrana.
- Doble soldadura de geomalla.

Los elementos que conforman el sistema de riego son:

- Bomba sumergible.
- Central de programación de riego.
- 22 aspersores de riego repartidos por el parque.

Otra particularidad importante de la pavimentación del firme son los materiales con los que ha sido proyectada. Su sección está formada por las siguientes capas de firme:

- 10 cm. de adoquín para pavimentos permeables.
- 5 cm. de arena.
- 1 cm. de geotextil permeable.
- 35 cm. de zahorra.
- 1 cm. geotextil impermeable.

La característica más significativa de este nuevo firme, es que permite un mejor drenaje y evacuación del agua sin un peligro de colmatación o fallo estructural. Además emplea geotextiles tanto permeables como impermeables, como material de filtro y refuerzo.

Piscina

Ya que la urbanización dispone de un amplio parque al que actualmente no se le da ningún uso, resulta adecuada la construcción de dos piscinas calentadas mediante energía solar para alargar la temporada de baño y mejorar el nivel de uso de la urbanización.

La piscina dispone de una caseta en la que se alojan todas las depuradoras y bombas que necesita para su uso, así como los intercambiadores de calor de la instalación

solar, y en el tejado de la misma se ubican los paneles térmicos necesarios para el calentamiento de la piscina.

Además la piscina dispone de duchas dotadas de agua caliente procedente de la energía solar y que ha sido almacenada en un interacumulador de 1000l.

CONCLUSIONES

Las nuevas tecnologías permiten diseñar soluciones para el abastecimiento energético de las urbanizaciones residenciales y la mayor concienciación ecológica de la sociedad obliga a aprovechar todos los recursos disponibles.

En la urbanización Isla Corbán, la energía solar, en dos de sus formas de aprovechamiento, térmica y fotovoltaica, nos permite generar más del 50% del total de la energía necesaria en la urbanización. El aprovechamiento de la energía solar tiene una serie de ventajas, entre las que podemos citar algunas: ahorro energético, aprovechando la energía del sol que es inagotable, con una instalación fotovoltaica que genera aproximadamente 14.000Kw/h; ahorro económico por ser esta energía gratuita lo que prevé un ahorro anual que asciende a 6000 euros aproximadamente, junto con la elevada tasa de rentabilidad interna; y un ahorro ecológico, al evitar la emisión de gases contaminantes a la atmósfera.

Aunque pueda parecer que Cantabria no reúne las condiciones de insolación suficientes para una instalación solar de este tipo, hay que decir que están muy lejos de la realidad. Si se toma una referencia europea, podemos comprobar que países de la zona Centroeuropea, como Alemania o Dinamarca, con una insolación inferior a la de Cantabria, promueven desde hace años las instalaciones fotovoltaicas. Como ejemplo de lo que antecede, cabe citar el Programa Alemán de los Cien Mil Tejados, que contempla ese número de instalaciones en otros

tantos edificios de Alemania, y que ya se encuentra totalmente realizado. En regiones limítrofes a Cantabria, como Asturias o el País Vasco, tienen una insolación similar o inferior a la de Cantabria, y sin embargo el número de instalaciones realizadas, por la iniciativa pública o privada, es muy superior. A modo de ejemplo de la zona norte, se puede citar la instalación del nuevo recinto de la Feria de Muestras de Euskadi; situado en Baracaldo, una zona muy cercana a Santander, y con unas condiciones ambientales y de insolación algo inferiores, que albergará una de las mayores instalaciones fotovoltaicas de España, con una potencia instalada de 1000 KW y una producción prevista de un millón de Kw/h

La energía eólica es el recurso futuro por excelencia de la zona costera cantábrica, especialmente si, como en este caso, la instalación se erige elevada sobre el mar y libre de obstáculos hacia los vientos dominantes.

Las ventajas de la energía del viento son las mismas que las de la energía solar, con una ventaja añadida: el coste. Mientras en una instalación solar fotovoltaica de conexión a red el coste viene a ser de 6.000 €/ Kw instalado; en los pequeños aerogeneradores este coste viene a ser 2.700 €/ Kw instalado, es decir menos de la mitad que el Kilovatio solar.

Habida cuenta de lo anterior, parecería más razonable la utilización mayoritaria de aerogeneradores en Isla Corbán, pero se han considerado las limitaciones que tienen estas máquinas para ser instaladas en zonas urbanas. Estas limitaciones son de dos tipos: por un lado las de tipo físico impuestas por el tamaño, impacto visual, ruido, etc.; y, por otro lado, las de tipo social, pues hay ciertos sectores de la sociedad y de los propios gobernantes que se oponen abiertamente al uso de grandes aerogeneradores, mientras que los pequeños pasan algo más desapercibidos y son mejor aceptados.

La pavimentación formada por adoquines presenta una serie de ventajas, como es que se evita para su ejecución el empleo de materiales derivados del petróleo, la urbanización en su conjunto muestra un aspecto más armonioso y por último la gran ventaja de este material, que permite un mejor drenaje de la superficie de rodadura así como una recuperación de las aguas para posteriores usos de riego.

BIBLIOGRAFIA

- Canellos, Michael. "Solar cell breaks efficiency record". ZDNet News. Diciembre, 2006.
- Faiman, D.; et al. "Using solar energy to arrest the increasing rate of fossil-fuel consumption: the southwestern status of the USA as a case studies". Energy Police, nº 35, 2007.
- Green, M. A.; et al. "Solar cell efficiency tables (Version 29)". Progress in photovoltaics, nº 15, Octubre 2006.
- Kraemer, C.; et al. "Ingeniería de Carreteras". Vol. II. Ed. Mc Graw Hill. I.S.B.N.: 84-481-3998-4. 2004.
- Ministerio de Fomento "Rehabilitación de firmes". Instrucción IC 6.3. 2003.
- Ministerio de Fomento "Secciones de Firme". Instrucción IC 6.1. y 6.2. 2003.
- M.O.P.U. "Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes-PG3-" y modificaciones de sus artículos realizadas desde 1986 mediante Ordenes Ministeriales y Ordenes Circulares. 1975 y varios.
- Muneer, T. y Asif, M. "Prospects for secure and sustainable electricity supply for Pakistan". Renewables & sustainable energy reviews, nº 11, 2007.
- Sahin, A. D.; et al. "Thermodynamic análisis of solar photovoltaic cell systems". Solar energy materials and solar cells. Nº 91. Enero 2007.
- Taele, B.M.; et al. "The potential of renewable energy technologies for rural development in Lesotho". Renewable energy, nº 32. Abril 2006. ■