

# Desarrollan sensores microelectrónicos de muy baja potencia para la protección de la biodiversidad

**Alfonso Chacón Rodríguez**  
Escuela de Ingeniería Electrónica  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
alchacon@itcr.ac.cr

Para hablar de Costa Rica en términos de biodiversidad es necesario recordar que un 24 por ciento del territorio está conformado por parques nacionales y reservas biológicas, que proveen de una riqueza no tangible en términos de conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.

Esto constituye un laboratorio único para la investigación sobre la vida en el planeta, una fuente de posibles soluciones farmacéuticas naturales y un generador de riqueza inmediata, mediante la venta de certificados de emisión de carbono y la atracción del turismo ecológico. Pero también significa generar conciencia de los escasos fondos que destina el Estado para su protección y de lo mucho que falta para convertir a los costarricenses en una comunidad que realmente aprecie y conserve esta riqueza.

Por estar la mayor parte de estas reservas y bosques en estado prácticamente virgen, son por tanto refugio de cientos de especies exóticas y de maderas de alto valor, lo que las convierte en zona codiciada para la tala y caza ilegales, además de ser extremadamente vulnerable a desastres tales como incendios provocados por la roza de tierras alejadas dedicadas al cultivo.

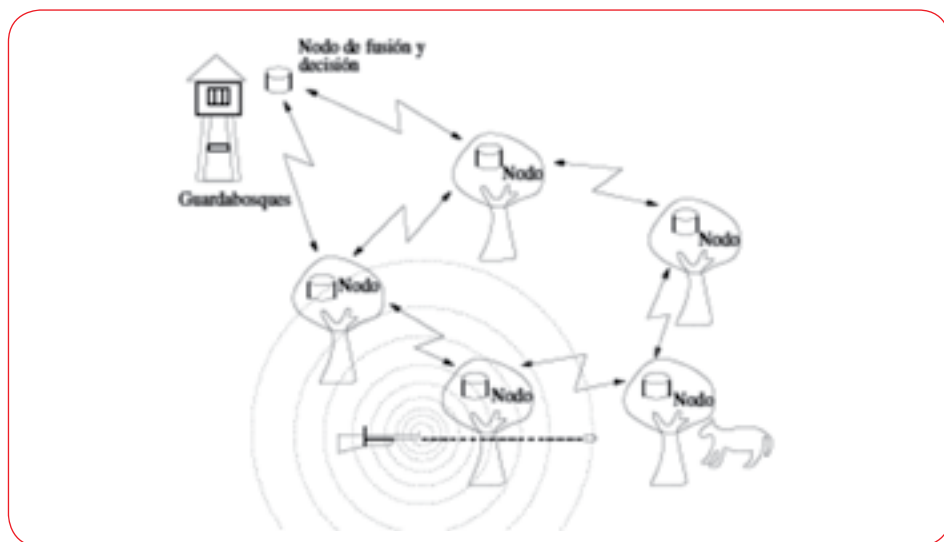
## Redes de sensores

En 2002, un grupo de académicos del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), dirigido por el M.Sc. Néstor Hernández Hostaller y el Dr. Pablo Alvarado Moya, iniciaron un proyecto destinado al desarrollo de redes de sensores abocadas a la protección de reservas naturales. Entre los objetivos primarios de dicho proyecto estaba el control de la cacería ilegal de especies, una práctica difícil de controlar dada la gran extensión de las zonas protegidas y su difícil acceso.

La detección electrónica de disparos de armas de fuego se vuelve entonces necesaria (ver figura 1). Estos dispositivos deben ser eficientes al detectar, poderse integrar en una red de sensores y consumir muy poca energía, considerando su colocación en zonas remotas donde no dispondrán de medios típicos de alimentación.

El sonido de un disparo se produce por al menos cuatro fenómenos: el estallido de boca, que se debe a la rápida expansión de los gases producto de la carga explosiva usada como propulsor del proyectil; el crujido en el aire que produce la bala al romper la barrera del sonido; y en tercer y cuarto lugar, las vibraciones mecánicas dentro del arma y la vibración en las superficies sólidas. Solo el primero de estos fenómenos es detectable en todas las direcciones y a mayor distancia.

Por medio de nuestra investigación se realizaron pruebas estadísticas sobre muestras de disparos de distintas armas en ambientes boscosos costarricenses. A partir de dichas pruebas se cualificaron distintos métodos de detección de disparos u otros fenómenos acústicos impulsivos previstos en la literatura (ver: A. Chacon-Rodríguez and P. Julian, "Evaluation of gunshot detection algorithms,"



**Figura 1.** Esquema de una red inalámbrica de protección contra caza ilegal.

*Micro-Nanoelectronics, Technology and Applications, 2008. EAMTA 2008. Argentine School of, 2008, pp. 49-54.*), y se propusieron sus implementaciones microelectrónicas en circuitos integrados (CI). Posteriormente se construyeron varios CI sobre una tecnología CMOS de 0,35 y 0,5 micrones, algunos de los cuales han pasado ya las pruebas iniciales.

El primero consistió en un localizador angular de muy bajo consumo (menos de 1  $\mu$ W), que fue probado en la pampa bonaerense (ver figura 2) como parte de una red inalámbrica de sensores, con resultados muy prometedores (de hecho, su segunda versión demostró ser muy superior a cualquier otra implementación existente hasta el momento en la literatura científica; ver: A. Chacon-Rodriguez, F. Martin-Pirchio, S. Sanudo, and P. Julian, "A Low-Power Integrated Circuit for Interaural Time Delay Estimation Without Delay Lines," *Circuits and Systems II: Express Briefs, IEEE Transactions on*, vol. 56, 2009, pp. 575-579.).

Esta implementación se mejoró aún más con un segundo prototipo basado en un filtro simplificado de Kalman, que asegura la localización para fenómenos

acústicos cortos (del orden de decenas de milisegundos), con un consumo de energía equivalente al anterior.

Para la detección se han implementado dos CI basados en procesamiento por onditas (o wavelets), tanto continuas como discretas. En el primer caso se cuenta ya con un CI que consume apenas 27  $\mu$ W, hecho sobre una tecnología CMOS de 0,5 micrones (ver figura 3).

Este procesador analógico consta de un banco de filtros paralelos Gm-C y una unidad de cálculo de energía que indica, con un 87% de efectividad, cuándo se ha producido un disparo en sus cercanías (alrededor de 250 metros con las mediciones hechas en laboratorio, hasta ahora).

El segundo CI, hecho sobre la misma tecnología, es una implementación discreta a capacitores conmutados de un filtro de ondita de Haar. Este CI fue desarrollado con la colaboración del Dr. Milutin Stanacevic, de la Universidad de Stony Brooke, en Nueva York, y se encuentra en la actualidad en su fase de pruebas en el laboratorio de VLSI de la Escuela de Ingeniería Electrónica del TEC.

El siguiente paso es integrar los dispositivos en un único circuito integrado, e interfazarlo con las unidades que han venido desarrollando el Dr. Alvarado y el M.Sc. Hernández en el TEC.

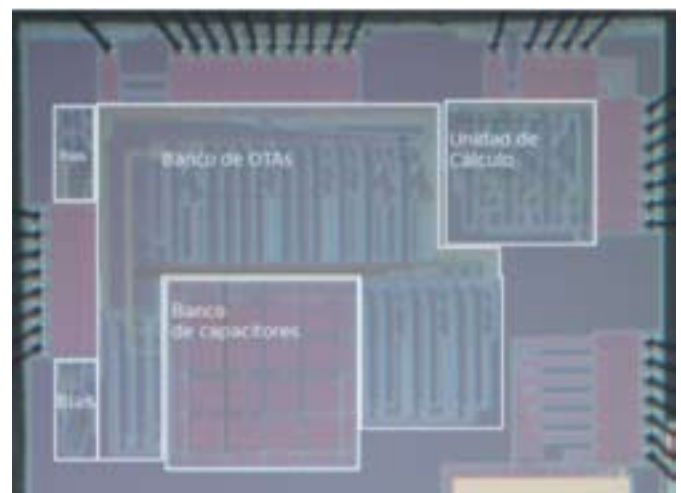
Este trabajo fue realizado como parte de la tesis doctoral del autor, desarrollada en la Universidad Nacional de Mar del Plata y la Universidad Nacional del Sur (UNS), Argentina, bajo la dirección del Dr. Pedro Julián, de la UNS y la colaboración de distintos especialistas argentinos, uruguayos, serbio-americanos y costarricenses.

Los CI fueron construidos gracias al servicio de prototipado de CI de MOSIS. El autor contó para este trabajo con una beca del TEC, la Organización de Estados Americanos (OEA) y el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT), a quienes agradece por su apoyo.

Para más detalles puede verse: A. Chacón Rodríguez. *Circuitos integrados de bajo consumo para detección y localización de disparos de armas de fuego*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina. 2009 (accesible en: [http://www.ie.itcr.ac.cr/achacon/Doctorado/chips\\_bajo\\_consumo\\_deteccion\\_localizacion\\_disparos.pdf](http://www.ie.itcr.ac.cr/achacon/Doctorado/chips_bajo_consumo_deteccion_localizacion_disparos.pdf)).



**Figura 2.** Un prototipo de nodo de localización sonora, en la pampa argentina. Nótese en el detalle el circuito localizador construido. Tecnología CMOS de 0,35 micrones.



**Figura 3.** Microfoto de un detector de disparos basado en un filtro continuo de onditas. Filtros paralelos topología Gm-C, en CMOS 0,5.