

# DETECCIÓN DE DISPAROS DE ARMA DE FUEGO EN AMBIENTES SELVÁTICOS<sup>1</sup>

De Almeida Gonzalo<sup>2</sup>; Kelm Marcelo<sup>3</sup>; Moya Sergio<sup>4</sup>; Korpys Ricardo<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Proyecto Final de Carrera – Ingeniería electrónica

<sup>2</sup> gonzalodealmeida@gmail.com

<sup>3</sup> marcelomw21@gmail.com

<sup>4</sup> Tutor del Proyecto, Dr. Ing. en electrónica, sergiomoya@fio.unam.edu.ar

<sup>5</sup> Director de Proyecto, Ingeniero en electrónica, korpys@fio.unam.edu.ar

## Resumen

La provincia de Misiones, Argentina, protege un gran porcentaje de la Selva Atlántico Paranaense, en la cual se encuentra una de las biodiversidades más ricas del planeta. Dicha selva, y muchas de las especies que ésta alberga, se encuentran en peligro crítico de extinción. El principal riesgo de este ambiente es la tala y caza furtiva de especies nativas. En este trabajo se analiza, en ambiente de simulación, un sistema de detección autónoma de disparos de armas de fuego procedentes de actividad ilegal de caza. El objetivo del sistema de detección es generar un alerta ante disparos utilizando micrófonos dispuestos en distintos lugares de la selva, en zonas distantes o de difícil acceso para los guardaparques. De acuerdo a la revisión bibliográfica, se determinó que uno de los métodos más eficientes consiste en una etapa de sub-muestreo de la señal de audio registrada por los micrófonos, filtrado, y finalmente una umbralización dinámica basada en un valor medio móvil y ponderado de la señal acústica recibida. Utilizando grabaciones de distintas armas de fuego en diversos ambientes selváticos, los resultados de simulaciones indican que una correcta selección de frecuencias en la etapa de filtrado elimina gran parte de los ruidos que puedan generar falsas detecciones, y la etapa de umbralización realiza una detección acertada en un elevado porcentaje de los casos simulados.

**Palabras Clave:** *Umbralización, Caza ilegal, Medioambiente, Ecología*

## Introducción

La provincia de Misiones cuenta con más de 1.000.000 de hectáreas de tierras protegidas, las cuales, en su mayoría, son de selva Atlántico Paranaense, una de las regiones ecológicas más ricas del mundo [1, 2]. Dichas tierras protegen diversas especies declaradas monumentos provinciales naturales y en riesgo crítico de extinción en nuestra zona, como el Yaguararé (Phantera onca), el Tapir (Tapirus terrestris), Águila Harpía (Harpia harpyja), Zorro pitoco (Speothos venaticus), Carayá rojo (Alouatta guariba) entre otros. El principal riesgo directo de dichas especies es la caza furtiva, la cual se encuentra prohibida en todas las reservas naturales de la provincia. El control de la actividad ilegal en dichas reservas es llevado a cabo por personal de guardaparques, los cuales patrullan y custodian las selvas de la caza y tala ilegal.

Si bien Misiones es una provincia favorecida ecológicamente, los recursos destinados a la protección de la biodiversidad son muy escasos. Como consecuencia, el número de guardaparques para controlar tal extensión de tierras es muy menor al necesario. Además, la topografía e hidrografía de la provincia de Misiones hace que existan zonas de difícil o imposible acceso para una patrulla. Para poder complementar el recurso humano de

vigilancia, en [3] se proponen diversas técnicas de detección de disparos de arma de fuego. El objetivo de dichos métodos es generar una alerta certera para los guardaparques ante la detección del sonido proveniente de un arma de fuego. Una de las propuestas de [4] es la detección del disparo mediante un umbral sobre la señal de audio rectificadas. Si bien es un método simple que provee buenos resultados, no se especifica el tipo de umbral utilizado o como se calcula el mismo. En relación al cálculo de umbrales dinámicos, en [5], se detallan diversas técnicas y su forma de cálculo. Debido a que un disparo de arma de fuego puede considerarse como un evento del tipo impulsivo, las técnicas de detección de deltas de Kronecker utilizando umbrales dinámicos de [5] pueden utilizarse como base para la detección de disparos.

En este trabajo se propone utilizar un sistema como el ideado en [3], pero en base a un umbral dinámico basado en [5] y modificado para el tipo de señal de audio proveniente de un disparo. Por otra parte, se utiliza un filtro digital previo a la umbralización, el cual elimina gran parte del ruido que podría generar falsas detecciones. Los resultados de simulación fueron realizados utilizando grabaciones de distintas armas de fuego provenientes de [6] y ambientes selváticos de la provincia de Misiones. Dichos resultados muestran que se pueden detectar disparos de diversos calibres de armas a más de 600 metros, incluso ante ruidos como ser cantos de aves, viento, agua, etc.

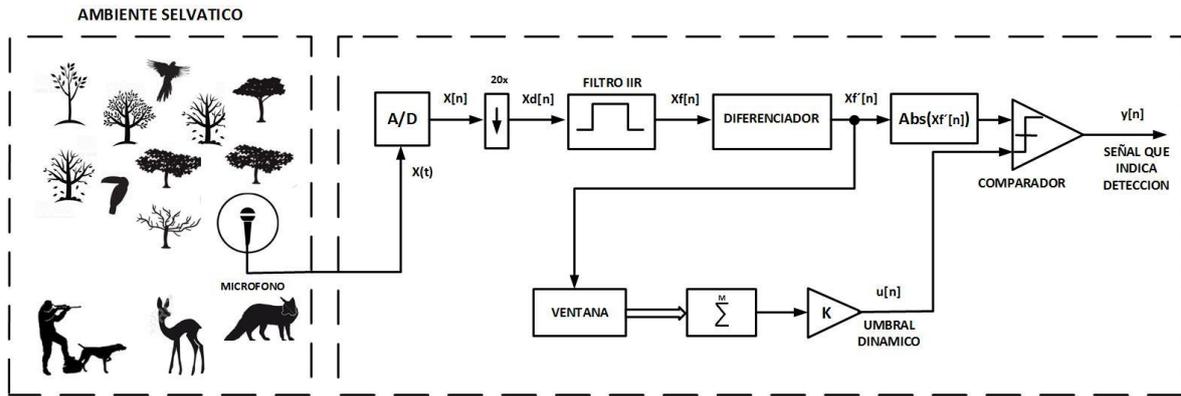
### **Metodología**

El trabajo evalúa en ambiente de simulación un algoritmo de detección de disparos de armas de fuego en base al sonido emitido por ésta en un ambiente selvático. Para realizar dicha evaluación, en primer lugar, los autores se pusieron en contacto con el Instituto Tecnológico de Costa Rica para solicitar grabaciones de audio hechas a diversas armas de fuego y sonidos ambientales para el desarrollo y evaluación de los métodos de [3], como así también el permiso para su utilización en simulaciones. De esta forma, se puede contar con material adecuado para trabajar, ya que el ambiente selvático es un medio de propagación del sonido muy distinto al cual se utiliza normalmente en grabaciones de armas.

En primer lugar, las grabaciones de audio normalizadas [6] son diezmas para optimizar el número de operaciones y velocidad, y luego son filtradas por un filtro digital del tipo IIR (del inglés: *Infinite Impulse Response*) cuyo objetivo principal es quitar todas las componentes de ruido que puedan afectar a la detección. Una vez filtrada, a la señal resultante se le aplica un proceso de diferenciación de primer orden, lo cual amplifica los eventos de tipo impulsivo. Finalmente, la señal resultante se utiliza para calcular un umbral dinámico basado en el método de promediación de valores de [5]. Dicho umbral se pondera por una constante empírica ( $K$ ) y se utiliza para umbralizar la señal de sonido que ingresa al sistema, determinando la presencia de eventos sonoros que puedan corresponder a disparos de armas de fuego en aquellos casos que la señal sobrepase el umbral calculado.

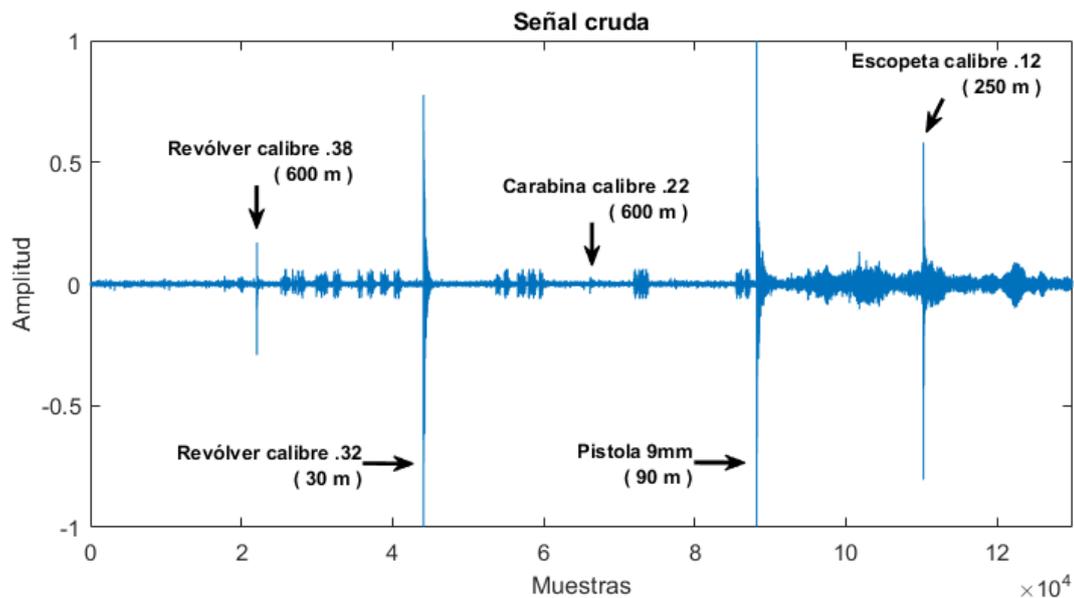
### **Resultados y Discusión**

Los resultados de simulación presentados se realizaron de acuerdo al esquema mostrado en la Figura 1. La señal  $x[n]$  proviene de las grabaciones de audio de [6]. Dicha señal es diezmada por un factor de 20 para luego ingresar al filtro. El filtro utilizado es un filtro digital del tipo IIR pasabanda de orden 10, con frecuencias de corte inferior en 100 Hz y superior de 900 Hz.



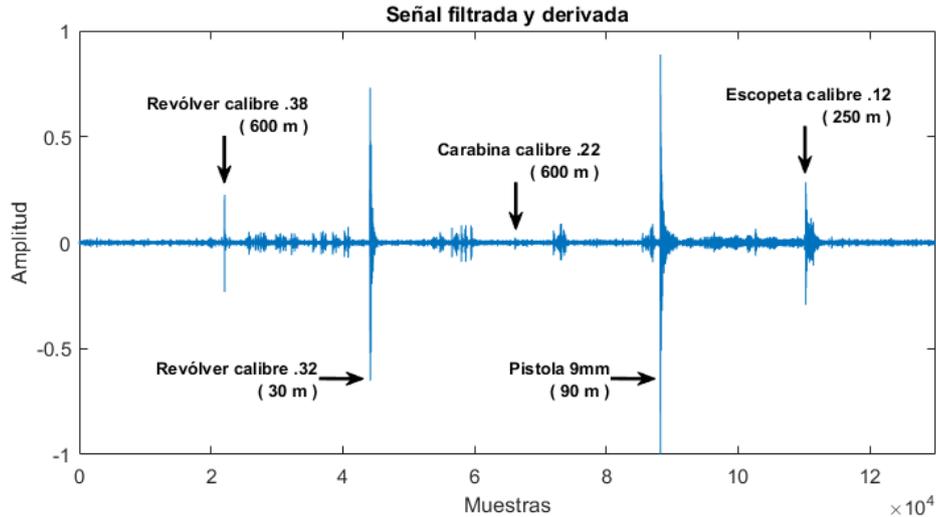
**FIGURA 1: Esquema del sistema general.**

Para realizar simulaciones lo más reales posibles, los sonidos de las distintas armas [6] fueron mezclados a la potencia correspondiente con ambientes selváticos de la provincia de Misiones, particularmente en la Reserva Yaguaroundí, de la localidad de Fracrán. En estas grabaciones se escuchan distintos sonidos que pueden ser clasificados como ruido, como ser, sonidos de agua, viento, insectos, y diversas especies de aves selváticas. La señal de audio original usada para evaluar el método, es decir,  $x[n]$  (ver Fig. 1) sin ningún procesamiento previo se muestra en la Figura 2. En dicha imagen se puede apreciar el calibre de arma y distancia a la cual se realizó el disparo.



**FIGURA 2: Señal  $x[n]$  con distintos sonidos de armas a diferentes distancias.**

Una vez diezmada, filtrada y diferenciada la señal (ver Figura 1), la misma pierde aquellas componentes de ruido que pueden generar falsos positivos. Dicha señal ( $Xf'[n]$ ) se observa en la Figura 3, donde se puede ver que parte del ruido fue eliminado y los disparos pueden verse con mayor facilidad. La única excepción de esto es el caso del calibre .22 a 600 metros de distancia. En este caso, el sonido grabado es demasiado débil como para detectarse incluso visualmente.

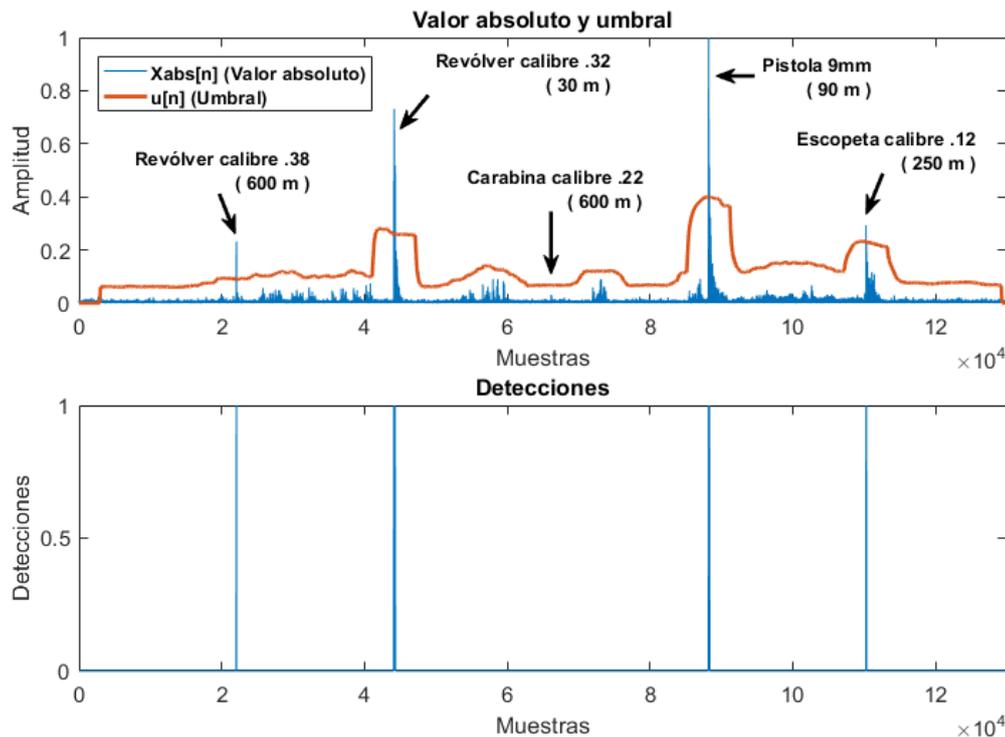


**FIGURA 3: Señal diezmada, filtrada y diferenciada  $Xf'[n]$  (ver: Fig. 1).**

Finalmente, la señal de la Figura 3 se umbraliza para determinar si el método es capaz de detectar automáticamente disparos a distintas distancias y de distintos calibres de armas. El método de umbralización está basado en una ventana de  $M$  muestras, en la cual se realiza el cálculo de la media móvil de acuerdo a la ecuación 1:

$$U[n] = C \sum_{k=\frac{M}{2}}^{k+\frac{M}{2}} |xf'[k]| \quad (1)$$

donde  $C$  es una constante empírica y  $M$  es la ventana de análisis. En la Figura 4, se puede apreciar que el método funciona adecuadamente para todos los tipos de armas y distancias de hasta 600 metros, con la única excepción de una carabina calibre 22 a 600 metros.



**FIGURA 4: Arriba: Señal y umbral (en rojo). Abajo: Detecciones efectuadas.**

## Conclusiones

En este trabajo se presentaron los resultados de simulación de una propuesta para la detección de disparos de arma de fuego en ambientes selváticos. Utilizando grabaciones de audio de distintos tipos de armamento obtenidas en la selva, se pudo determinar que utilizando un preprocesamiento y filtrado digital, es posible detectar disparos a distancias que, en caso de algunos calibres de armas, pueden exceder los 600 metros. El único caso en el que no se lograron detecciones correctas fue para una carabina calibre 22. Dicha arma, al ser de calibre chico y caño largo, genera un estruendo mucho menor al de otras armas. Más allá de este caso, los resultados mostrados demuestran que mediante la colocación de equipos detectores basados en la técnica presentada en este trabajo, se puede implementar un control de caza ilegal en reservas naturales mucho más efectivo que el realizado en la actualidad.

## Referencias

- [1] G. Plací and M. D. Bitetti. (2005, Situación ambiental en la ecoregión del bosque atlántico del alto paraná (Selva Paranaense). Available: <http://www.fvsa.org.ar/situacionambiental/selva%20paranaense.pdf>
- [2] F. Escobar, "Zonificación Preliminar Parque Provincial Puerto Península," Tesis de grado, Universidad Nacional de Santiago del Estero - Facultad de Ciencias Forestales.
- [3] A. C. Rodríguez, "Circuitos integrados de bajo consumo para detección y localización de disparos de arma de fuego," Phd thesis, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, 2008.
- [4] A. C. Rodríguez, *et al.*, "Evaluation of Gunshot Detection Algorithms," *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, vol. 58, pp. 363-373, 2010.
- [5] S. Moya, *et al.*, "Detección de señales codificadas con Secuencias Complementarias mediante redes neuronales," presented at the XV Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control - RPIC 2013, 2013.
- [6] N. Hernández, *et al.*, "Collection of gun and chainsaw sounds in a tropical forest," ed: Escuela de Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2006.