



**SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE DATOS ELECTROOCULOGRÁFICOS (EOG) POR MEDIO DE TECNOLOGÍA INALÁMBRICA BASADO EN COMPRESIVE SENSING (CS) Y TÉCNICAS AVANZADAS DE PROCESAMIENTO PARA EL DESPLAZAMIENTO DE UN VEHÍCULO**

**SYSTEM OF TRANSMISSION OF ELECTROOCULOGRAPHY DATA (EOG) THROUGH WIRELESS TECHNOLOGY BASED ON COMPRESIVE SENSING (CS) AND ADVANCED PROCESSING TECHNIQUES FOR THE DISPLACEMENT OF A VEHICLE**

Darío Fernando Bravo Tuay, Gustavo Quijada

Semillero de Investigación en Ingeniería Biomédica y Telecomunicaciones (SIIBTEL)

**Resumen**

Este proyecto propone el diseño de un sistema de adquisición de señales electrooculográficas (EOG) en pacientes con limitaciones motrices realizando su respectivo procesamiento y clasificación de la señal..., se implementa el sistema de adquisición con un amplificador instrumental que permita la captación de los impulsos eléctricos generados por los movimientos oculares por medio de electrodos que estarán posicionados alrededor del ojo del paciente esto gracias a que el ojo humano presenta una diferencia de potencial entre la córnea y la retina. El sistema de adquisición debe presentar buena estabilidad y acoplamiento al momento de captar la señal biológica, por tanto se recurre al uso de PowerLab para la captación de dichas señales y hacer comparaciones con las señales que se adquieren desde el sistema de adquisición, se amplifica y se filtra la señal para después aplicar técnicas de procesamiento. Las técnicas de procesamiento que se aplican a la señal son la Transformada Wavelet; ésta técnica permite que la señal sea más comprimible y da una mejor eliminación de ruido presente en la señal y a la vez hace que la señal sea una señal escasa para poder realizar la caracterización se dicha señal, Compressive Sensing (CS); es un excelente método de adquisición, caracterización y representación de señales comprimibles (sparse "señal escasa") permitiendo así la reconstrucción de dicha señal con muy pocos datos evadiendo el teorema de muestreo de Shannon Nyquist, realizada la caracterización se procede a clasificar las señales, dado que son señales linealmente separables se lleva a cabo la clasificación aplicando máquinas de soporte vectorial (MSV); es una nueva técnica que permite la clasificación mapeando las entradas a un espacio de características de una mayor dimensión por medio de un hiperplano que los separe y maximice el margen  $m$  (vector de separación ' $m$ ') entre las clases en este espacio. Aplicadas las técnicas de procesamiento se procede a realizar la transmisión de la información a una App por medio inalámbrico Wi-Fi para verificar y corroborar la pérdida de información, dado que Rx y Tx no están a una distancia estimada para pérdida de información esta se puede menospreciar.



## Abstract

This project proposes the design of a system for the acquisition of electrooculográficas signals (EOG) in patients with motor limitations performing their respective processing and classification of the signal..., the acquisition system is implemented with an instrumental amplifier that allows the capture of the electrical impulses generated by eye movements by means of electrodes that will be placed around the patient's eye thanks to the human eye having a potential difference between the cornea and the retina. The acquisition system must have good stability and coupling when capturing the biological signal, therefore the use of PowerLab is used to capture these signals and make comparisons with the signals that are acquired from the acquisition system, it is amplified and the signal is filtered to then apply processing techniques. The processing techniques that are applied to the signal are the Wavelet Transform; this technique allows the signal to be more compressible and gives a better elimination of noise present in the signal and at the same time makes the signal a scarce signal to be able to perform the characterization of said signal, Compressive Sensing (CS); it is an excellent method of acquisition, characterization and representation of compressible signals (sparse "sparse signal") thus allowing the reconstruction of said signal with very few data avoiding the Shannon Nyquist sampling theorem, made the characterization proceeds to classify the signals, since they are separable linear signals, the classification of applications of vector support machines (VSM) is carried out; is a new technique that allows classification by mapping the entries to a space of a larger dimension by means of a hyperplane that separates them and maximize the margin  $m$  (separation vector ' $m$ ') between the classes in this space. Once the processing techniques are applied, the transmission of the information to an App is carried out through wireless Wi-Fi to verify and corroborate the loss of information, since Rx and Tx are not at an estimated distance for the loss of information, this can be underestimated.

*Palabras claves: Electrooculografía, impulsos eléctricos, discapacidad motora, Compressive Sensing, Wavelet, Máquinas de soporte vectorial.*

*Keywords: Electrooculography, Electric impulses, motor disability, Compressive Sensing, Wavelet, Vector support machines.*

## I. Introducción

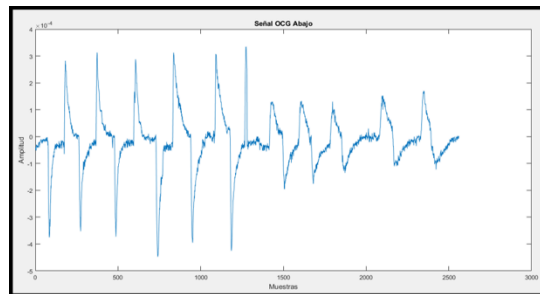
Según el Censo del DANE publicado en el 2005 (Tomado de Ministerio de salud y protección social) se registran 2.624.898 personas, las cuales el 34% padecen de discapacidad motora, tanto en hombres y mujeres como niños y personas de la tercera edad. Todas las personas que padecen de alguna discapacidad están protegidas por la ley de inclusión 1618 el cual permite que toda persona con discapacidad tenga el mismo privilegio que una personas normal. La gran mayoría de estas personas asisten a intervenciones psicológicas ya que padecen de trastornos emocionales, sociales y psicológicos llevándolas a una gran depresión, mal carácter, etc. Las personas que padecen de limitaciones funcionales la mayoría la padecen por accidentes fatales que destrozan su médula espinal o ciertos golpes en la cabeza que afectan partes de las áreas de Brodman del cerebro las cuales se encargan de realizar movimientos del cuerpo. Gracias a los

nuevos avances de la ciencia se ha podido desarrollar nuevas tecnologías que permitan el mejoramiento de la calidad de vida de las personas; la biomedicina trata de resolver los problemas médicos de los pacientes mediante el uso de diferentes conceptos de la biología molecular. Mediante la integración de estos conceptos biológicos a las prácticas clínicas, se permite comprender y analizar las dolencias de los pacientes y también las posibles soluciones. La electrooculografía se encarga de realizar pruebas electrofisiológicas que recoge alteraciones del potencial de la retina en reposo y las producidas por el movimiento ocular o la estimulación luminosa, con esto se plantea realizar un sistema de adquisición de dichas señales para aplicar herramientas que permitan procesar y clasificar estas señales.

## II. Resultados

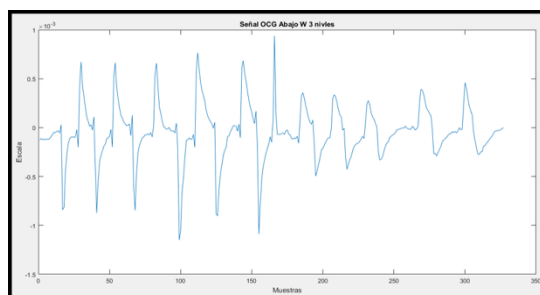
Como resultado se captan 2 señales hasta el momento para la aplicación de Wavelet y corroborar que ésta técnica es de gran utilidad para la eliminación de ruido, compresión y así poder trabajar con más eficacia a la hora de caracterizar y clasificar dicha señal.

En la Figura 1 se aprecia la captación de la señal del movimiento ocular hacia abajo, esta señal a simple vista se ve que se puede diferenciar respecto a las demás señales, por tanto es una señal linealmente separable. Tiene una muestra de 3000 puntos.



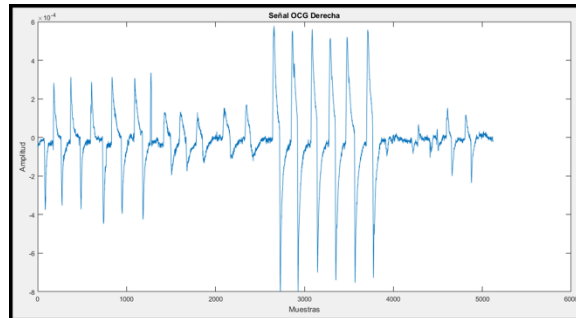
**Figura 1.** Movimiento ocular abajo  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2 se observa que al aplicar Wavelet con 3 niveles se elimina la gran parte del ruido presente en la señal y mantiene la misma forma de la señal a pesar de que se ha comprimido con 350, a la vez convierte la señal en una señal escasa, esta sigue manteniendo los mismos datos de la señal y puede ser reconstruida por medio de Compressive Sensing que permite reconstruir señales sparse con muy pocos datos.



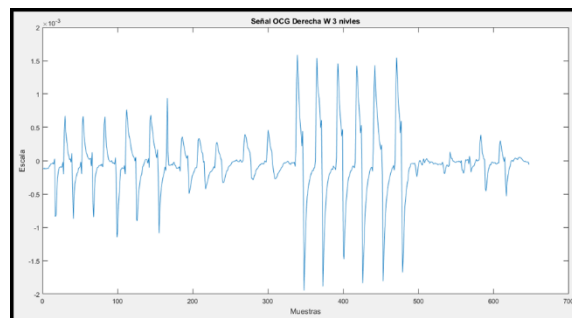
**Figura 2.** Aplicación Wavelet con 3 niveles  
Fuente: Elaboración propia

El movimiento ocular hacía la derecha mostrado en la Figura 3 se observa claramente que se puede diferenciar respecto al movimiento ocular hacía abajo, por tanto al momento de realizar la clasificación con máquinas de soporte vectorial se realiza en dimensiones menores, esta señal tiene una muestra de 6000 puntos.



**Figura 4.** Movimiento ocular derecha  
Fuente: Elaboración propia

Aplicando Wavelet con 3 niveles, se observa en la Figura 4 que la compresión es demasiado buena, logrando así evadir el teorema de muestreo de Shannon Nyquist y permitiendo reconstruir la señal con pocos datos implementando Compressive Sensing.



**Figura 3.** Aplicación Wavelet con 3 niveles  
Fuente: Elaboración propia

### III. Conclusiones

- 3.1. Se deben tener en cuenta ciertas consideraciones a partir de las mediciones con el sistema de medición Powerlab para el mejoramiento del sistema de adquisición de las señales EOG.
- 3.2. Se aplicó 3 niveles de descomposición con Wavelet para la separación de frecuencias altas (coeficientes de detalle) y frecuencias bajas (coeficiente de aproximación) obteniendo como resultado una compresión de la señal sin perder sus características.
- 3.3. Dado que las señales son linealmente separables, la clasificación de las señales por medio de máquinas de soporte vectorial se realizan en dimensiones menores.
- 3.4. Los sistemas de transmisión Wi – fi y bluetooth trabajan bajo el mismo estándar 802.11 por tanto se debe tomar en cuenta a la hora de realizar la transmisión de los datos de Tx



a Rx el canal por el cual se está transmitiendo y así evitar interferencias presentes cuando se esté transmitiendo cerca de otro sistema por medio no guiado.

- 3.5. Entre menor número de muestras tenga las señales EOG para la caracterización se obtienen patrones característicos más eficaces, esto gracias a que se lleva la señal a espacio Sparse permitiendo mejor compresión.

## Trabajos futuros

El paso a seguir es realizar adquisiciones de señales EOG en personas para someter a varias pruebas de caracterización y clasificación para determinar ciertas consideraciones a tener en cuenta a la hora de implementar Compressive Sensing y máquinas de soporte vectorial y seguido se plantea el desarrollo de la App para la información al usuario. Cabe tener en cuenta que el sistema de adquisición debe estar acoplado y ser estable, que permita captar solamente las señales EOG evitando la demás señales biológicas que se presentan en el cuerpo, como los movimientos musculares del rostro (electromiografía "EMG"), señales aleatorias como ruido, estática del cuerpo y también los 60 Hz que se presentan en la red eléctrica.

## Referencias

J. Otego, «ENFERMEDADES DEL APARATO LOCOMOTOR,» 28 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <http://www.infosalus.com/enfermedades/aparato-locomotor/>.

E. d. d. Fianzas, «Hawking.org,» 19 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <http://eldf.mx/2018/03/14/cuanto-costola-increible-silla-de-ruedas-de-stephen-hawkings/>.

A. López, «SISTEMA ASISTENCIAL BASADO EN COMPUTADOR EMPLEANDO SEÑALES ELECTROOCULOGRAFICAS ORIENTADO A PERSONAS CON DISCAPACIDAD,» España, 2012, pp. 1-130.

O. Murillo, G. Ramírez y F. Jiménez, «DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE MOVIMIENTOS PARA UNA PLATAFORMA MOVIL USANDO ELECTROOCULOGRAFÍA,» Tunja, pp. 1-4.

R. Barrera, «Interfaz usuario-máquina basado en electrooculografía,» de Aplicación a la ayuda a la movilidad, Universidad de Alcalá, 2001.

P. Ballarin López, «IES Ramón Pignatelli de Zaragoza,» [En línea]. Available: [http://agrega.educacion.es/repositorio/14062013/46/es\\_2013061412\\_9103939/SistemaNervioso/el\\_impulso\\_nervioso.html](http://agrega.educacion.es/repositorio/14062013/46/es_2013061412_9103939/SistemaNervioso/el_impulso_nervioso.html).

E. Astaiza Hoyos, P. Jojoa Gómez y H. Bermudez Orozco, «Universidad Nacional de Colombia,» 19 Mayo 2015. [En línea]. Available: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/45512/53636>.

A. Lobato Polo, R. Ruiz Coral, J. Quiroga y A. Vélez, «Recuperación de señales dispersas utilizando orthogonal matching pursuit (OMP),» Revista Ingeniería e Investigación, vol. 29, n° 2, pp. 1-7, Agosto 2009.

«Bizkaia.eus,» [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70218/fichero/2.Tecnolog%C3%ADas+Inal%C3%A1mbricas.pdf>.

«Instituto de Educación Secundaria Ramón Pignatelli,» [En línea]. Available: [http://agrega.educacion.es/repositorio/14062013/46/es\\_2013061412\\_9103939/SistemaNervioso/propagacin\\_del\\_impulso\\_nervioso.html](http://agrega.educacion.es/repositorio/14062013/46/es_2013061412_9103939/SistemaNervioso/propagacin_del_impulso_nervioso.html).