

**VISIÓN ARTIFICIAL EN LA DETECCIÓN DE LA PUPILA DEL OJO HUMANO  
PARA EL CONTROL MOTRIZ DE UNA SILLA DE RUEDAS  
ARTIFICIAL VISION ON THE HUMAN EYE PUPIL DETECTION TO OBTAIN THE  
WHEELCHAIR MOVEMENT CONTROL**

Aníbal Llanga-Vargas<sup>1</sup>, Juan Santillán-Lima<sup>2</sup>, Cristian Rocha-Jacome<sup>3</sup>, Katherine Guerrero-Morejón<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ent 1 ESPOCH, Riobamba, Ecuador. [anibal.llanga@esPOCH.edu.ec](mailto:anibal.llanga@esPOCH.edu.ec)

<sup>2</sup>Universidad Estatal de Bolívar. Guanujo 92. Guaranda, Ecuador.

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Chimborazo, km. 1 1/2 vía Guano, Av Antonio José de Sucre, Riobamba, Ecuador.

**RESUMEN**

Esta investigación desarrolla un procedimiento no invasivo para la detección de la pupila del ojo humano de personas cuadripléjicas con el fin de poder controlar los movimientos de una silla de ruedas, dando una solución alternativa de inclusión de estas personas dentro de la sociedad. La investigación se centra en detectar y determinar la ubicación de la pupila dentro de imágenes en movimiento tomadas de una cámara web de bajo costo. Para ello se utilizó el Asistente de Visión del software LabView de la National Instruments. Se realizaron pruebas en cincuenta voluntarios a los que se les pidió que sin forzar o sentir cansancio en el ojo, observarán a diferentes puntos para determinar la posición de la pupila en los ejes X y Y de una imagen. Los resultados arrojaron rangos en los ejes X y Y que sirvieron para determinar niveles confiables con los que se puede controlar movimientos hacia adelante, izquierda, derecha de una silla de ruedas.

**Palabras clave:** Umbrales de color, filtros, análisis de partícula, cuadriplejía.

**ABSTRACT**

This research develops a procedure for the human eye pupil detection of quadriplegic people to be able to control the movements of an electric wheelchair, giving an alternative solution of inclusion of these people within the society. The research focuses on detecting and determining the pupil location in the moving pictures taken by a low-cost webcam. For this purpose, was used the Vision Assistant of LabView Software from National Instruments. Tests were carried out on fifty volunteers who were asked to sinless or feel tired in the eye, they observed different points to determine the pupil position on the X and Y axes in an

image. The results showed ranges on the X and Y axes that served to determine the reliable levels that will allow us to control to the front, left, and right movements in a wheelchair.

**Keywords:** Color threshold, filters, particle analysis, quadriplegia.

## INTRODUCCIÓN

Se han desarrollado varios estudios de la pupila del ojo humano como medio de control de máquinas por parte de personas con capacidades especiales como la cuádrapléjia, así lo presenta el trabajo denominado “Development of the eye input device using eye movement obtained by measuring the center position of the pupil” (Oyabu, 2012), así como también el control de una silla de ruedas a través del movimiento de los ojos utilizando electrodos, como el trabajo titulado “EOG based wheelchair control for quadriplegics” (Kumar, 2015), otro trabajo desarrollado con similares características es el asistentes para personas cuádripléjicas, que trabajan de forma paralela a la silla de ruedas, presentado con título “Prototyping potential control systems to assist complete quadriplegics” (Lu, 2012), en este se sugiere protocolos de comunicación común con otros dispositivos desarrollados para fines similares. En el presente trabajo se describe una metodología para detectar la pupila del ojo humano para aplicaciones inmediatas en la movilización de una silla de ruedas hacia adelante, izquierda y derecha utilizando el reconocimiento de la pupila y su posición X, Y dentro de una imagen. Específicamente el trabajo se enfocó en tener una aplicación inmediata en personas Cuádrapléjicas, en virtud de que estas personas forman parte de un grupo vulnerable. Este trabajo da una propuesta de inclusiones social, debido a que la aplicación de la metodología propuesta en este trabajo podrá ser aplicada para movilizar una silla de ruedas eléctrica controlada por la Pupila del ojo humano.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Procesamiento de imágenes

Los siguientes apartados describen el procesamiento de imágenes captado por una web cam para determinar la posición de la pupila del ojo humano en un plano X y Y. En este trabajo se utilizó el Software NI Vision Assistsnt de la National Instruments, para procesar las imágenes del ojo. En primera instancia a la imagen recogida por la web cam se la modifica

geométricamente, es decir se giró hasta quedar de forma natural, en este caso se realizó un giro de 180°. Posteriormente como se muestra en la **figura 1**, a esta imagen se le mide sus parámetros como tamaño de la imagen, valores promedios, mínimos y máximos de los colores primarios de la imagen como el rojo, azul, y verde; estos valores sirvieron para que los siguientes procesos puedan desarrollarse. En los siguientes procesos se establece los umbrales de color, se filtra y finalmente se realiza un análisis de partículas, para dar como resultado coordenadas X y Y. Estos pasos se los describe a continuación.

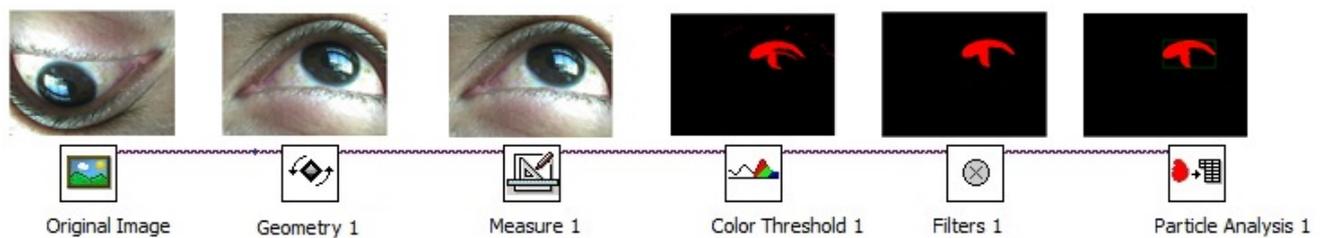


Figura 1. Bloques de las Funciones de procesamiento de imágenes, e imágenes resultantes del proceso. Software NI Vision Assistant - National Instruments.

### Umbral de color

En este proceso se establecieron valores para el umbral de los colores rojo, verde y azul que componen la imagen, con el objetivo de formar una nueva imagen monocromática, únicamente con los niveles que están en el rango establecidos en el umbral. Para determinar estos valores se desarrollaron pruebas empíricas hasta determinar los rangos del umbral para obtener a la salida una imagen que contenga la pupila del ojo humano. Las pruebas determinaron una imagen que contiene a la pupila del ojo.

En la tabla 1 se muestran los rangos de los colores primarios que se determinaron en esta prueba sobre una imagen de 8 bits.

**Tabla 1.** Rango de colores primarios con los que se formó una imagen monocromática.

Color	Mínimo	Máximo
Rojo	0	36
Verde	0	48
Azul	0	239

## Filtrado

Del proceso de umbral de color se obtuvo una imagen monocromática, que muestra la pupila del ojo. Esta imagen presenta un área compacta grande en referencia a ciertas partículas más pequeñas como se muestra en la **Figura 2**. Las partículas pequeñas tienen un tamaño máximo del 8% del área de la pupila con el párpado. Estas partículas pequeñas representarán ruido para el siguiente proceso que es el “Análisis de Partículas”, debido a ello se colocó un filtro Smoothing - Media para poder eliminar las partículas inferiores al 10%. El resultado fue una imagen que contiene una sola área que representa a la pupila y el párpado con los valores del filtro mostrados en la tabla 2.

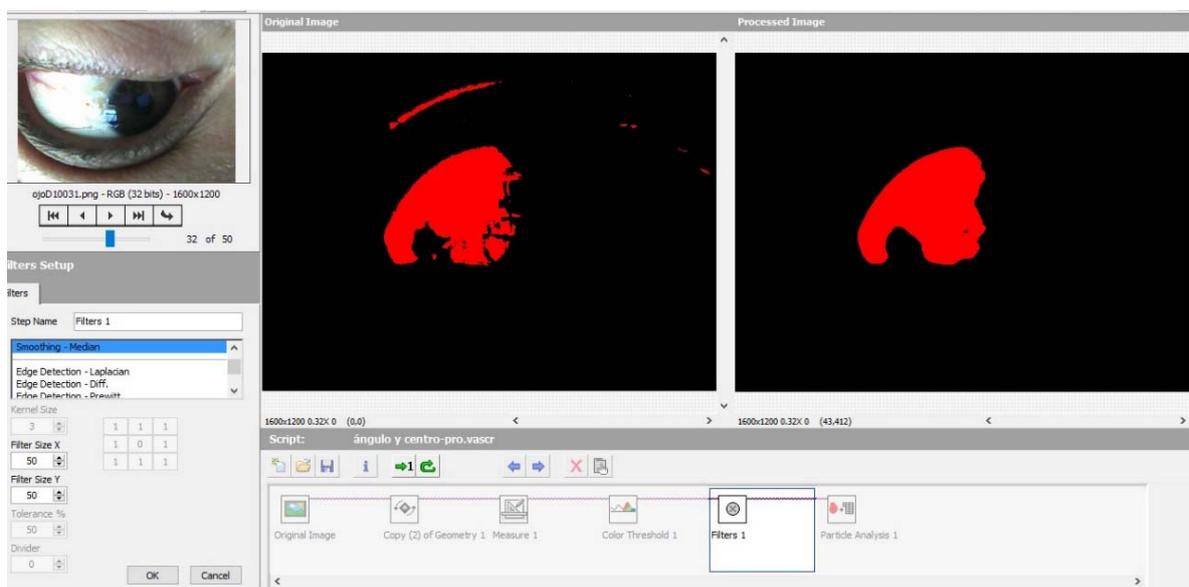


Figura 2. Filtro Smoothing – Media. Software NI Vision Assistant - National Instruments.

**Tabla 2.** Valores del Filtro Smoothing - Media

Eje	Tamaño del filtro
X	50
Y	50

## Análisis del área de la pupila

El análisis de partículas determinó las coordenadas del área de la pupila. El Vision Assistant de la National Instruments arroja coordenadas del centro de masa en el eje X, el inicio y el fin

del área en el eje Y, porcentaje de área en referencia del area total de la imagen, y coeficiente de equivalencia de la elipse que forma el área. Este resultado se muestra en la **figura 3**.

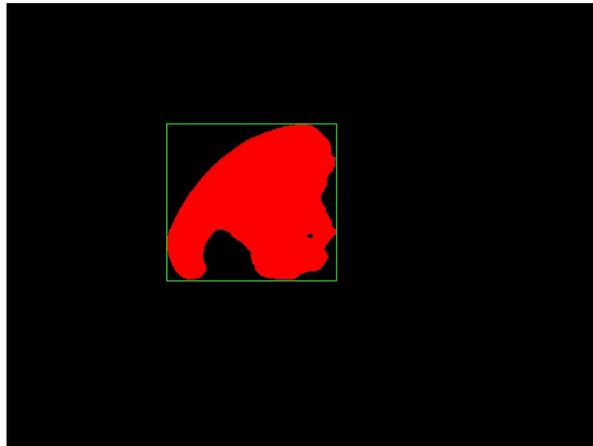


Figura 3. Análisis de partícula. Software NI Vision Assistsnt - National Instruments.

### **Pruebas de detección**

La prueba tuvo la colaboración de 50 estudiantes universitarios voluntarios comprendidos en edades de 18 a 23 años, a los que se les sentó sobre la silla de ruedas a 5 metros de una pared, se les puso armazones de anteojos donde se ubicó la webcam, y se les pidió que mirara hacia la izquierda, derecha, al frente, y en cada una de estas posiciones se mire hacia arriba, al centro y abajo, así como a los extremos de estas, fijando los ojos en posición comfortable. Estas pruebas se realizaron sin que la silla de ruedas se moviera. Cada posición de la prueba duró un tiempo de dos segundos en la que se adquirieron 20 muestras. A cada voluntario se le colocó un cuello ortopédico para que no girara la cabeza mientras se ejecutaba la prueba. A cada voluntario se le pidió que mirara hacia la dirección donde considerara comfortable, es decir sin forzar o sin sentir molestias al mirar.

### **Tratamiento de la detección de la pupila**

El tiempo de cada posición a donde se le pidió al voluntario que mirara fue de 2 segundos, tiempo en cuela se recogieron 20 muestras, es decir se tomaron imágenes a una velocidad de 0,1 segundo por cada imagen del ojo. A cada una de las 20 imágenes se le analizaron y detectaron la posición. La posición resultante fue un promedio de las coordenadas del centro de masa en el eje X detectadas en las 20 imágenes. Así también para el eje Y, como el sistema arroja datos del inicio y el fin del área en el eje Y, se realizó un promedio de estas para

determinar el centro de la masa en el eje Y. al igual que en el eje X, la posición resultante fue un promedio de las coordenadas del centro de masa en el eje Y detectadas en las 20 imágenes. Las mediciones realizadas a las 50 personas se determinaron 4 puntos de coordenadas X y Y que concentraron y representaron promedios de las 50 mediciones de cada lugar a donde se les pidió observar, que permitió generar un mapa en el que se observó todas las ubicaciones a donde se les pidió observar a los voluntarios.

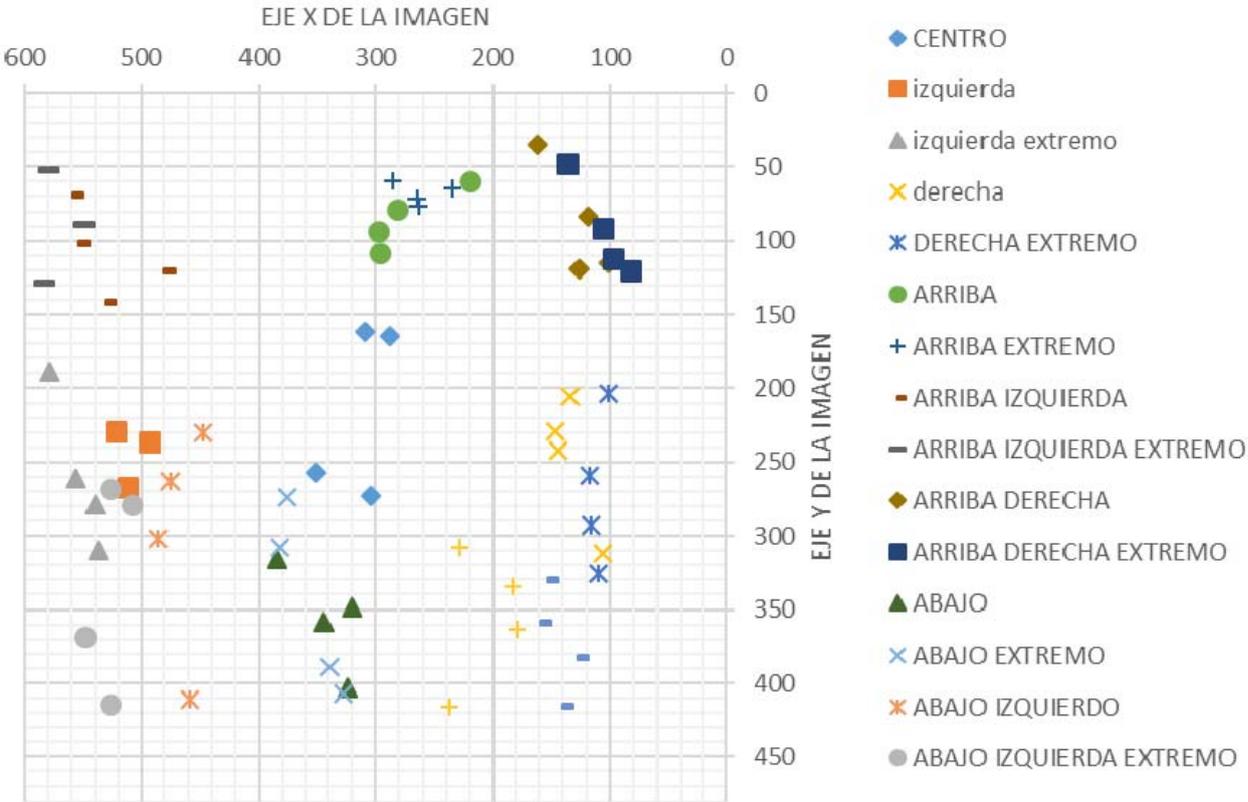


Figura 4. Mapa de ubicación de la pupila en cada posición observada por los 50 voluntarios

**RESULTADOS Y DISCUSION**

Se obtuvo un mapa con la ubicación de la pupila en cada posición observada por los 50 voluntarios, con 4 puntos de coordenadas X y Y que concentraron y representaron promedios del universo de detecciones en cada posición, como se muestra en la **figura 4**. Se puede distinguir claramente la diferencia que existe entre las posiciones izquierda, derecha y centro, mismas que sirvieron para poder controlar el movimiento de la silla de rueda hacia estos lugares. Se determinó que los rangos detectados cuando la persona miró a la izquierda son

400 píxeles en el eje X, mientras que cuando la persona miró a la derecha son inferiores a los 200 píxeles, dejando el rango entre 200 y 400 píxeles cuando la persona miró al centro. Estos rangos permitieron controlar a la silla de ruedas con total certeza. También se puede observar que existe una clara diferencia entre arriba y abajo, así como también arriba, abajo en izquierda y derecha. Estos últimos resultados permitirán controlar otras funciones extras que se le puede añadir al control de la silla de ruedas. Por otro lado, cabe resaltar que se mezclaron las detecciones cuando los voluntarios miraron a los extremos con los datos de arriba, abajo en izquierda y derecha, por lo que el sistema no logra distinguir estas diferencias, convirtiendo en inútiles las detecciones en las posiciones a los extremos.

## **CONCLUSIONES**

El procedimiento de detección de la pupila del ojo humano en el presente trabajo arroja resultados estables en movimientos del ojo de izquierda, centro y derecha, que permiten controlar de forma estable los movimientos de una silla de ruedas. Así también este procedimiento permitió encontrar más detecciones como arriba y abajo, así como también arriba, abajo en izquierda y derecha, que permitirán en el futuro controlar otras funciones extras que se le puede añadir a la silla de ruedas. Se determinó que si el usuario mira hacia los extremos esforzando o fatigando al ojo no se establecen cambios sustanciales que cuando el usuario mirará sin esforzando o fatigando el ojo, por lo que el sistema es robusto al reconocer la pupila del ojo humano sin que el usuario tenga que hacer mayor esfuerzo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Lu, Y., Chen, Y. 2012; Prototyping Potential Control Systems to Assist Complete Quadriplegics. Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON). Páginas 1-5. IEEE.
- Kumar, U., Vinod, V., 2015. EOG based wheelchair control for quadriplegics. Information. IEEE Sponsored 2nd International Conference on Innovations in Information Embedded and Communication Systems ICIECS'15
- Lu, Y., Chen, Y., 2012; Prototyping Potential Control Systems to Assist Complete Quadriplegics. Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON). Páginas 1-5. IEEE.
- Oyabu, Y. 2012. Development of the eye input device using eye movement obtained by measuring the center position of the pupil. Systems, Man, and Cybernetics (SMC). IEEE.