



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**ARTÍCULO ACADÉMICO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: COLLABORATIVE OMNIDIRECTIONAL ROBOT WITH REMOTE EYE TRACKING SYSTEM TO OPTIMIZE MOBILITY.**

**AUTORES: MORALES PÁEZ ALISSA PAULA  
VÁSQUEZ TACO GUIDO ALEXANDER**

**TUTOR: ING. TERÁN HERRERA, HECTOR COCHISE  
COTUTOR: ING. ARTEAGA LÓPEZ, OSCAR BLADIMIR**

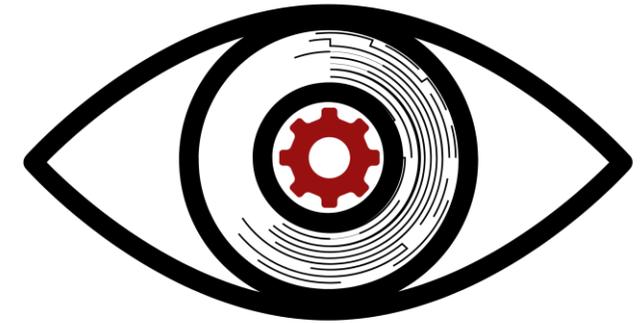
**LATACUNGA**

**2023**



# Abstract

- El estudio propone mejorar la movilidad de las personas en silla de ruedas mediante la implantación de un sistema omnidireccional colaborativo.
- Se utiliza un sistema de visión por ordenador con dos cámaras para estimar la dirección del movimiento.
- La trayectoria se define mediante seguimiento ocular, y se calcula la velocidad para cada rueda Mecanum.
- El robot colaborativo ofrece a los usuarios mayor autonomía y libertad de movimientos, reduciendo el espacio de maniobra en al menos un 30% en comparación con una silla de ruedas convencional.



**Keywords:** Omnidirectional robot, computer vision, eye tracking, collaborative robot



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

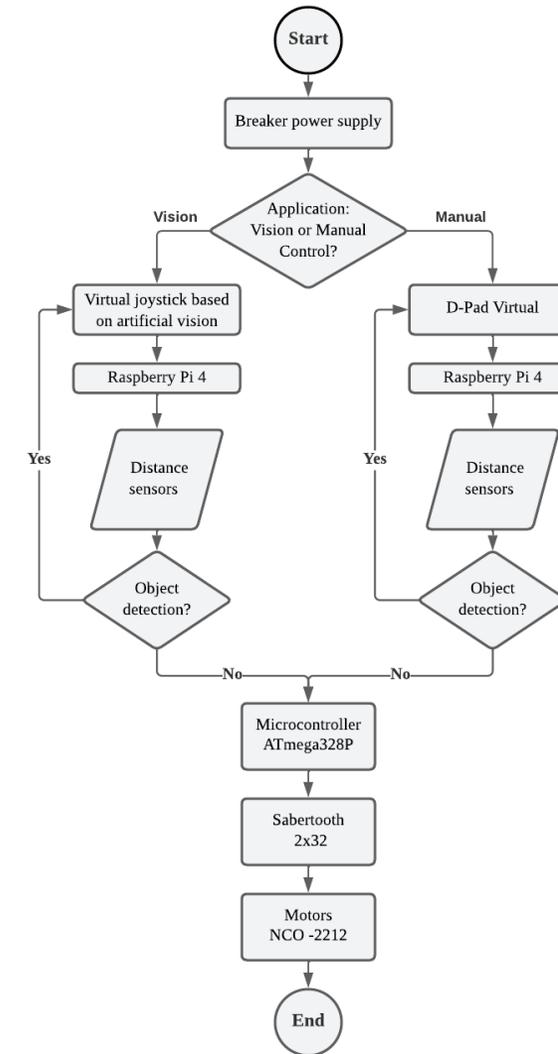
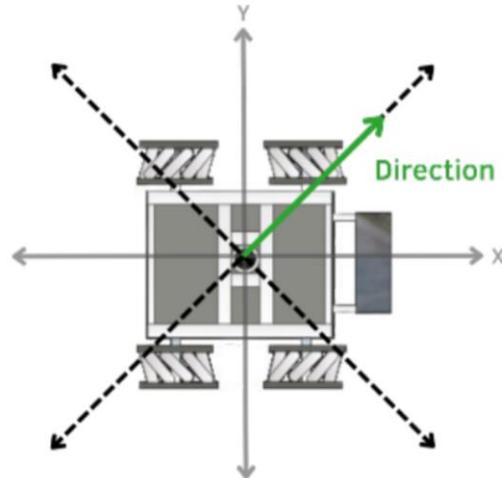
# ***Sistema colaborativo***

- Operación general
- Eye tracking
- Sistema de movimiento
- Seguridad



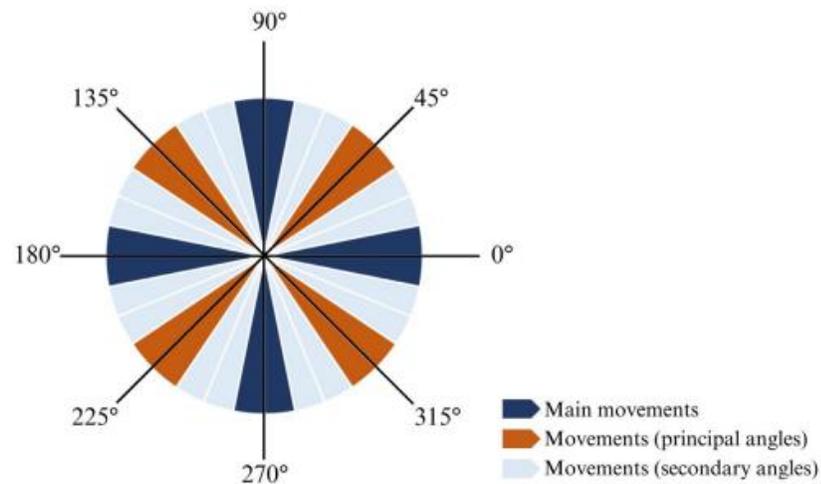
# Operación General

Se divide en dos fases. La primera fase implica la interacción del usuario a través de un algoritmo programado en Python, que obtiene información para el movimiento a partir de la visión por ordenador o el control manual; la segunda fase recibe información de la primera, calcula la velocidad angular de cada rueda y la envía a los conductores; a continuación, el programa de seguridad empieza a garantizar que no haya riesgo de colisión.

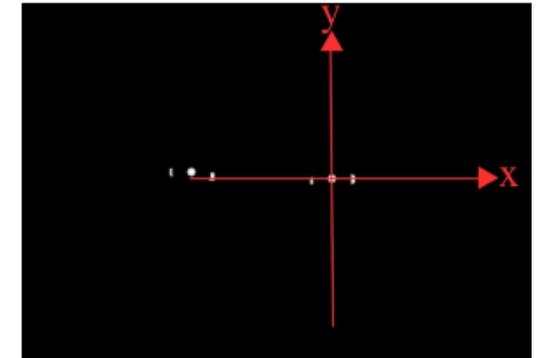


# Eye Tracking

MediaPipe se utiliza para obtener con precisión 468 puntos de referencia, de los cuales 6 corresponden a un ojo. Obteniendo las coordenadas de estos puntos se filtra el área de interés permitiendo obtener las coordenadas del centro de las pupilas. A continuación, utilizando la función tangente y las coordenadas del centro del ojo, se obtiene el ángulo de desplazamiento y se configura como un joystick virtual.

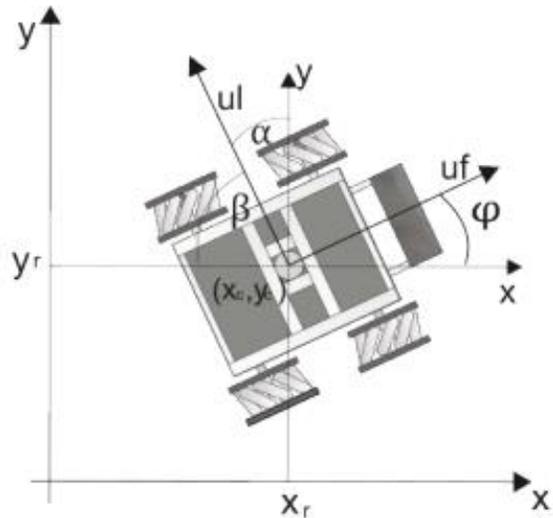


230,209 337,214



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Sistema de movimiento

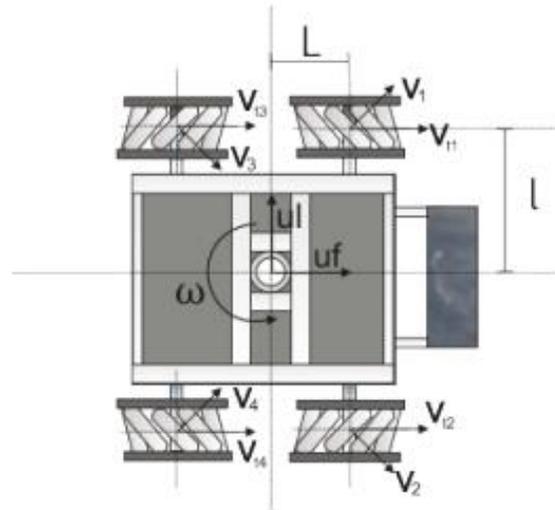


A partir de las ecuaciones de velocidad que describen el desplazamiento del robot en el espacio

$$\dot{x}_c = uf \cos(\varphi) - ul \sin(\varphi)$$

$$\dot{y}_c = uf \sin(\varphi) + ul \cos(\varphi)$$

El desplazamiento se realiza mediante la variación de las velocidades de cada rueda siendo los parámetros de entrada las velocidades frontal, lateral y angular del sistema.



Usando esta información se obtiene la matriz de control que permite obtener las velocidades de cada rueda.

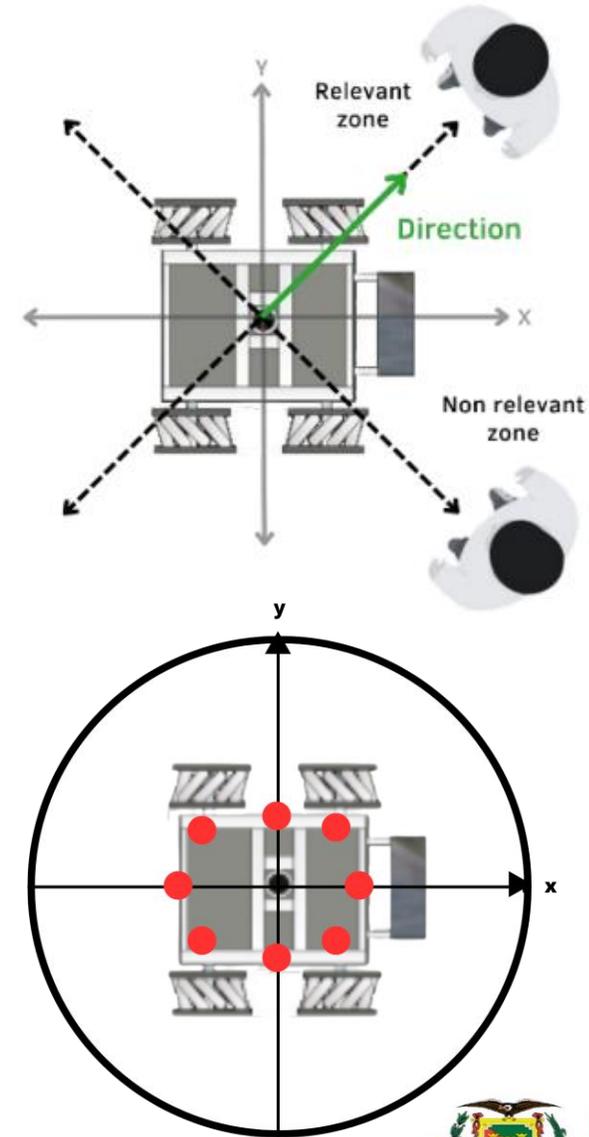
$$\begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ W_3 \\ W_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{r} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -(l+L) \\ 1 & 1 & (l+L) \\ 1 & 1 & -(l+L) \\ 1 & -1 & (l+L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} uf \\ ul \\ w \end{bmatrix}$$

Las velocidades calculadas se procesan y se envían a los drivers dando lugar al movimiento.

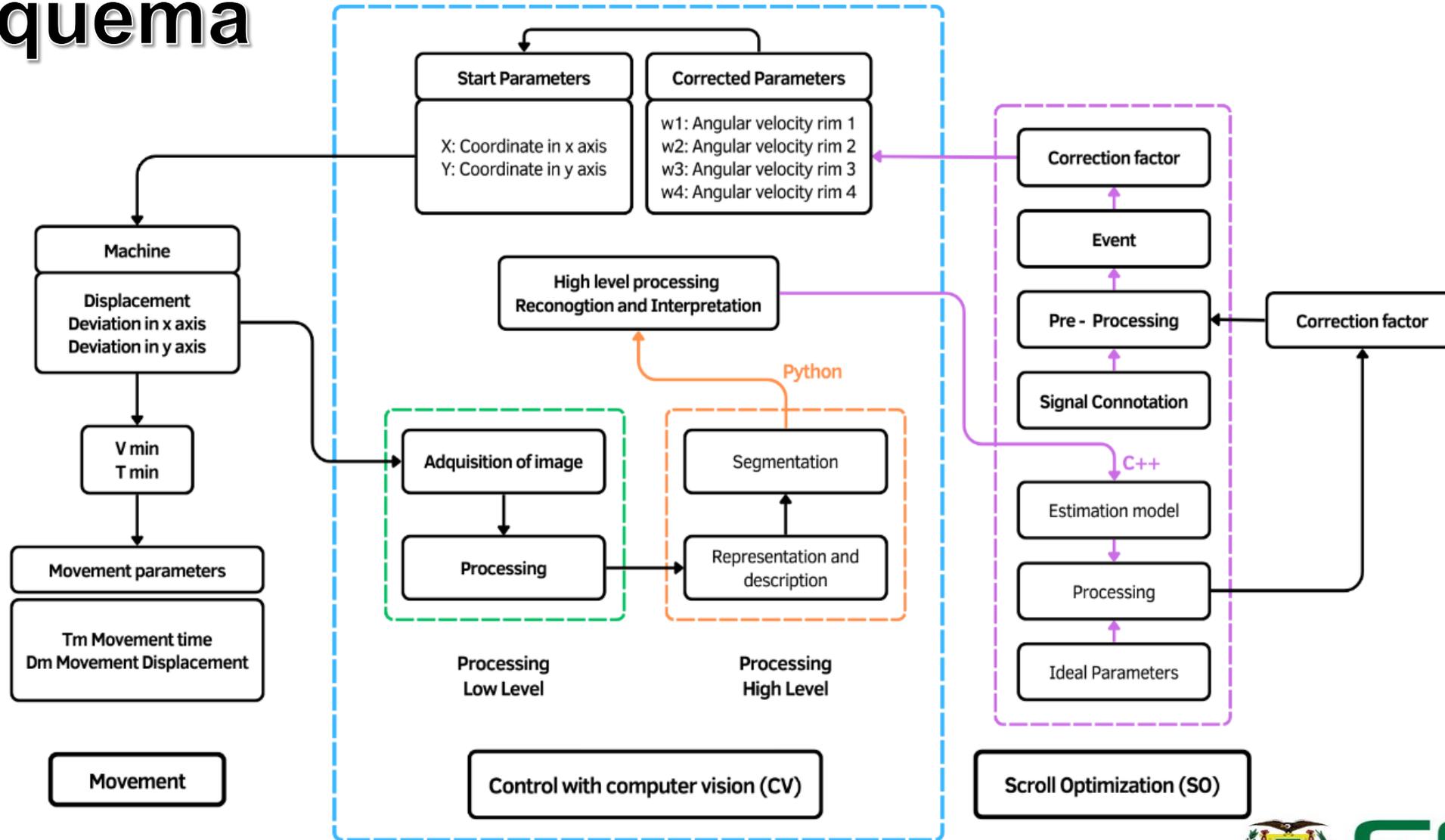


# Sistema de seguridad

El robot colaborativo omnidireccional cuenta con un sistema de sensores distribuidos por toda su estructura, lo que le permite establecer una zona de seguridad libre de colisiones, garantizando la integridad del usuario y su entorno. Detiene su movimiento cuando un objeto entra en su zona de seguridad, siempre que se encuentre en una dirección relevante para el movimiento para el movimiento

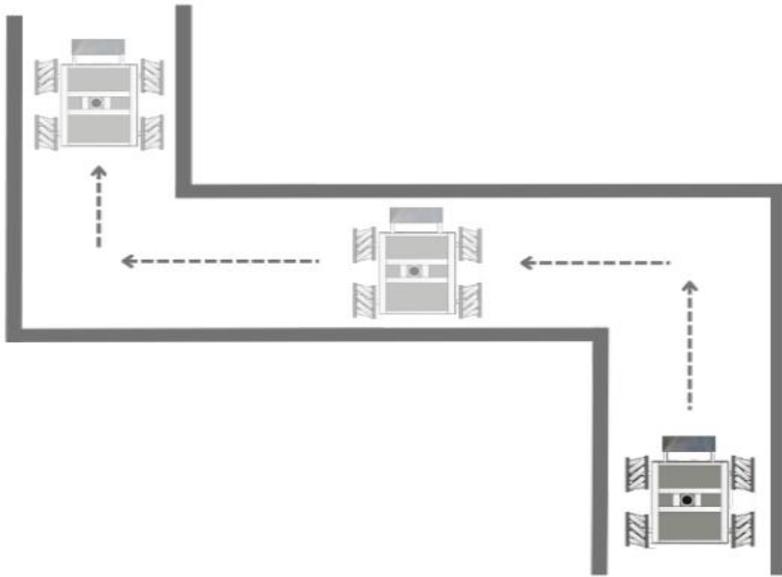


# Esquema

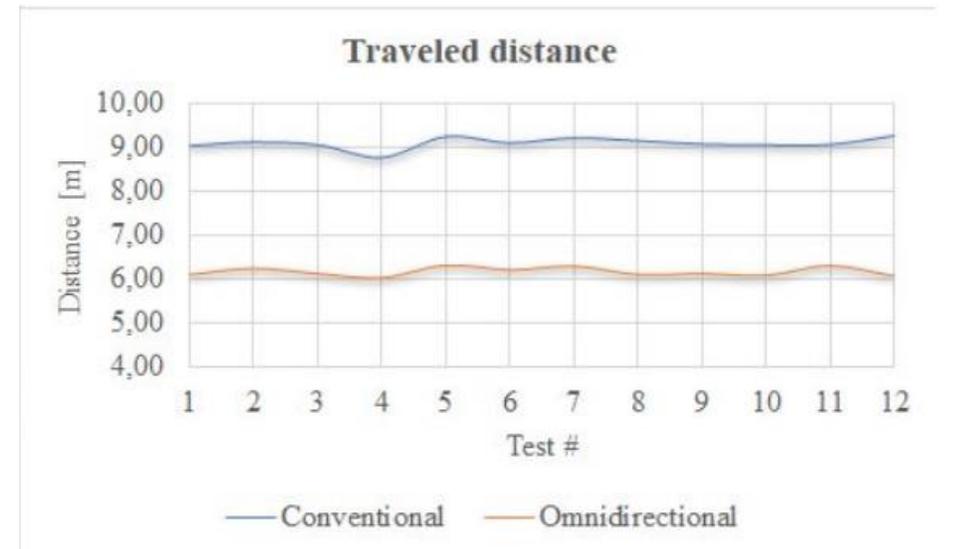
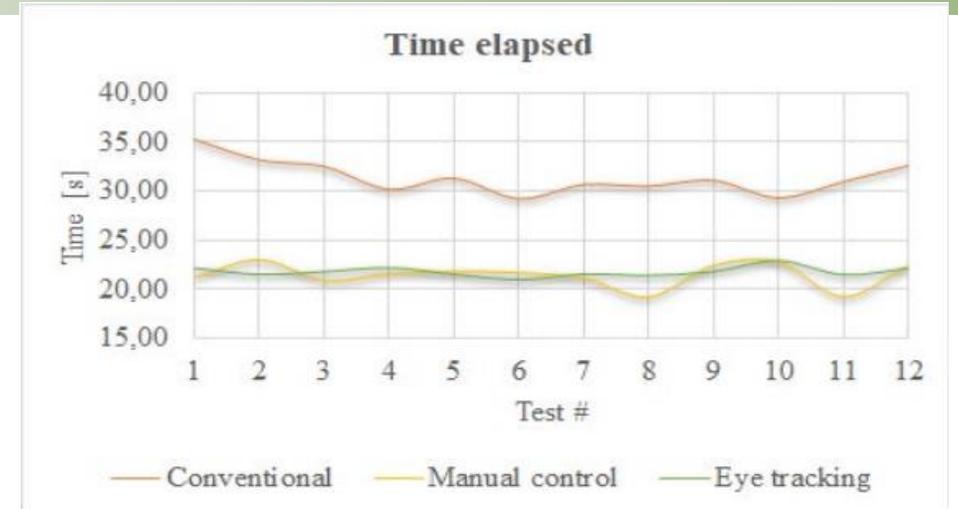


# ***Experimento y Resultados***





Para las pruebas de funcionalidad, se ha realizado una comparación entre el desplazamiento frente a una silla de ruedas convencional, el control manual de la silla de ruedas omnidireccional y el control mediante eye tracking. Esto demuestra una mejora en la maniobrabilidad, con una mejora del 31,68% para el control manual y una mejora del 30,49% en el caso del seguimiento ocular, también podemos ver que la distancia recorrida por la silla de ruedas omnidireccional es menor que la convencional en un 32,04%.



# ***Conclusiones y Recomendaciones***



Se puede concluir que existe una mejora en el desplazamiento al realizar el mismo recorrido para cada silla, con una notable reducción del 32,04% en el desplazamiento necesario para completar la trayectoria.



Esta reducción implica también una disminución del tiempo necesario. Por otra parte, es evidente que el control por seguimiento ocular está casi a la par con el control manual, con una diferencia de tiempo de solo el 1,72%.

Esto demuestra que el robot omnidireccional colaborativo con sistema de seguimiento ocular remoto es capaz de optimizar la movilidad en más de un 30% manteniendo tiempos de respuesta comparables a los de un sistema de control manual.



# Recomendaciones

- Para mayor fluidez implementar el sistema en una microcomputadora diseñada para aplicaciones de inteligencia artificial dada la alta demanda de recursos para la detección y seguimiento del iris.
- Asegurar un adecuado sistema de enfriamiento que permita utilizar todos los recursos de la tarjeta sin arriesgar su integridad y evitando estrangulamiento térmico.
- Mantener un régimen de lubricación en las llantas con el fin de evitar atrancamientos.
- Verificar la distancia de frenada al modificar los parámetros propios de la maquina como velocidad de rotación y velocidad de desplazamiento.



*¡Gracias!*



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA