



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Ingeniería Automotriz



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**MODELING OF THE CONTROL SYSTEM TO OPTIMIZE THE
DISPLACEMENT OF AN OMNIDIRECTIONAL SINGLE-SEATER WITH
MECANUM WHEELS.**

AUTORES:

**CAIZA CHIGUANO, LUIS DAVID
PEÑA OBACO, RONNY ANTONIO**

**ING. TERÁN HERRERA, HÉCTOR
COCHISE
TUTOR**

**ING. ZAMBRANO LEÓN, VÍCTOR
DANILO
CO-TUTOR**

**Latacunga
2021**





2021 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MECHANICAL ENGINEERING AND AUTOMATION SCIENCE

Oct. 28-30, 2021 /Seoul, South Korea



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONTENIDO

- OBJETIVOS
- INTRODUCCIÓN
- ESQUEMA GENERAL DE CONTROL
- ESQUEMA DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL
- MOVIMIENTO OMNIDIRECCIONAL: PARÁMETROS DEL DISEÑO
- AUTOMATIZACIÓN
- COMPONENTES DEL SISTEMA
- IMPLEMENTACIÓN
- PRUEBAS DE DESPLAZAMIENTO
- CONCLUSIONES

OBJETIVO GENERAL

- Optimizar el desplazamiento de un monoplaza omnidireccional con ruedas Mecanum a través del modelamiento del sistema de control.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los parámetros que influyen en el diseño del sistema de control para la adecuada selección de componentes.
- Diseñar e implementar el sistema de control electrónico basado en la configuración de cuatro ruedas Mecanum y su respectivo modelo cinemático.
- Evaluar la movilidad del monoplaza omnidireccional mediante la ejecución de pruebas de desplazamiento sobre asfalto y cemento.
- Implementar un modelo de optimización que permita estabilizar los desplazamientos omnidireccionales del monoplaza.

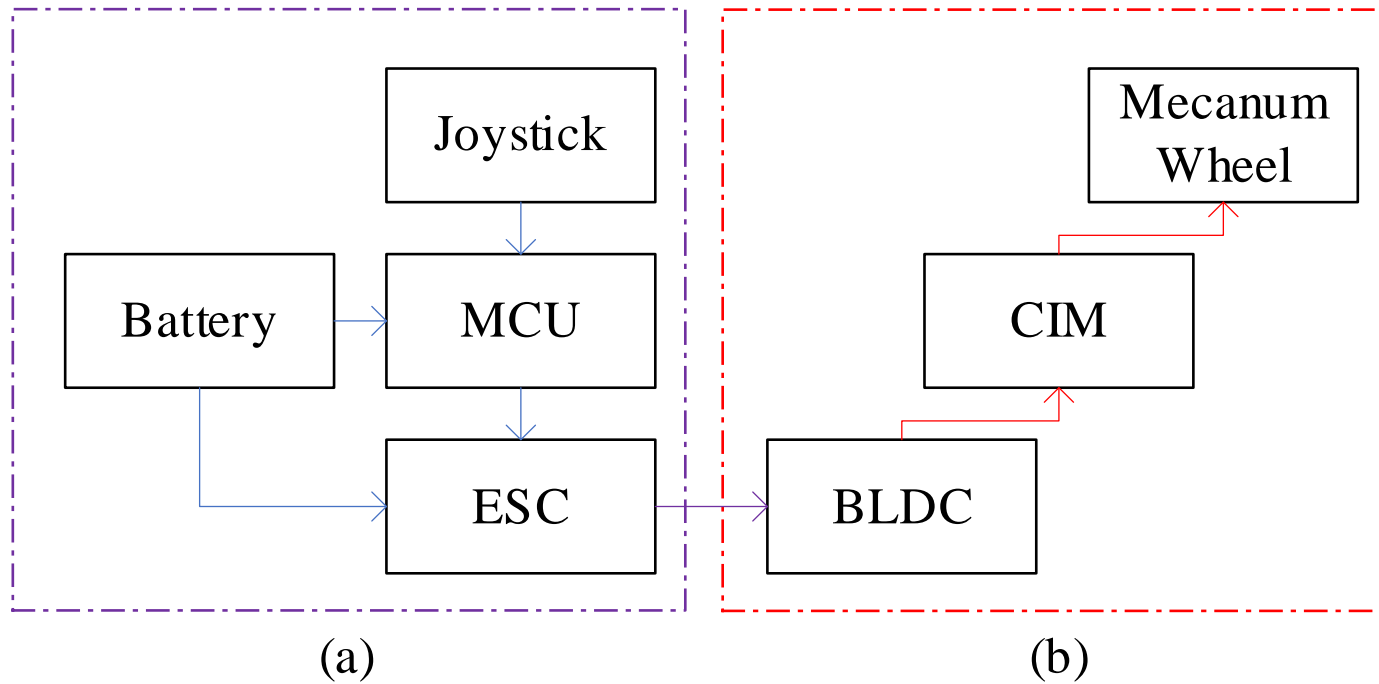
INTRODUCCIÓN

- La locomoción omnidireccional puede realizarse hacia cualquier dirección, sin tener necesidad de posicionarse antes de comenzar el desplazamiento. Este movimiento se produce a través del control de ruedas especiales denominadas Mecanum, cuyo diseño es una rueda central provista de rodillos alrededor de su periferia. Los rodillos posicionados forman un ángulo de 45° entre su eje y el eje de la rueda. El software de control optimizado y en condiciones normales, permite el desplazamiento del vehículo a velocidades promedio, esto se alcanza con un modelo cinemático, el cual valida el movimiento omnidireccional preparado para la configuración con ruedas Mecanum.

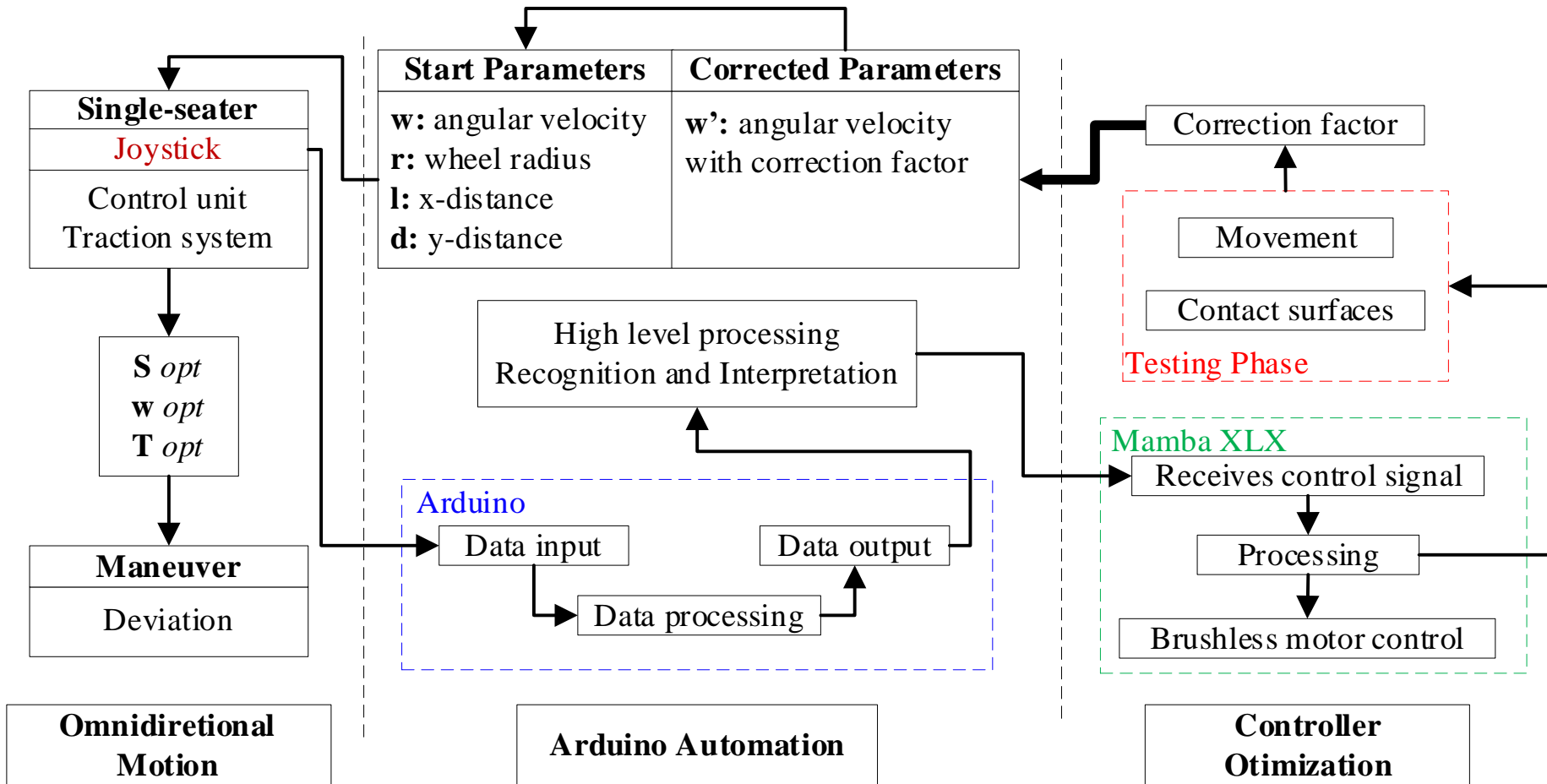
ESQUEMA GENERAL DE CONTROL

COMPONENTES
ELECTRÓNICOS

COMPONENTES MECÁNICOS

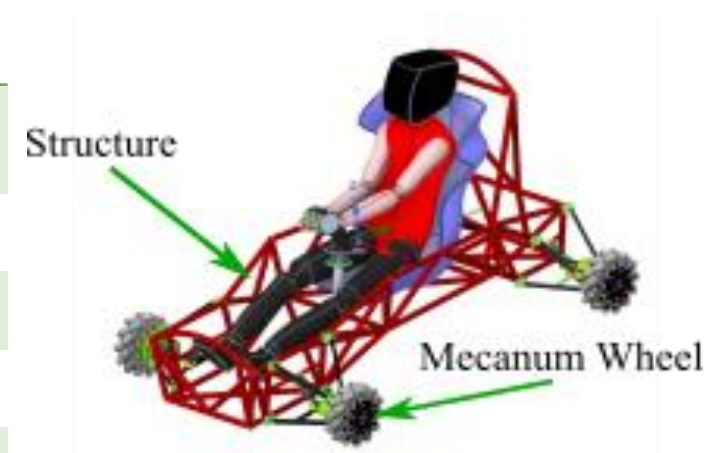


ESQUEMA DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL



MOVIMIENTO OMNIDIRECCIONAL: PARÁMETROS DEL DISEÑO

PARÁMETROS	DATOS	MAGNITUD
Velocidad máxima (v)	40	Km/h
Peso a desplazar	140	kg
Radio de la rueda (r)	0.254	m
Geometría del monoplaza (Centro de masa)	$l = 0.59$	m
	$d = 0.74$	m



MOVIMIENTO OMNIDIRECCIONAL: PARÁMETROS DEL DISEÑO

- CÁLCULO DE LA VELOCIDAD MÁXIMA

- $vl = (\omega) * r$

$$vl = (\omega * fc) * r$$

# Celdas	8S
KV (Velocidad en vacio)	2100rpm/V
W (Velocidad angular motor)	70560rpm
Caja Reductora 1	6,75
Caja Reductora 2	12

w axis (Vel. angular eje)	10453,33 rpm 1094,67 rad/s
W a la rueda (Calculada)	871,11 rpm 91,22 rad/s
Velocidad (Calculada)	11585,26 mm/s 11,59 m/s 41,71 Km/h

MOVIMIENTO OMNIDIRECCIONAL: PARÁMETROS DEL DISEÑO

- CÁLCULO DEL TORQUE

- $T = (I - I_0) * \frac{60}{2\pi} * \frac{1}{Kv}$

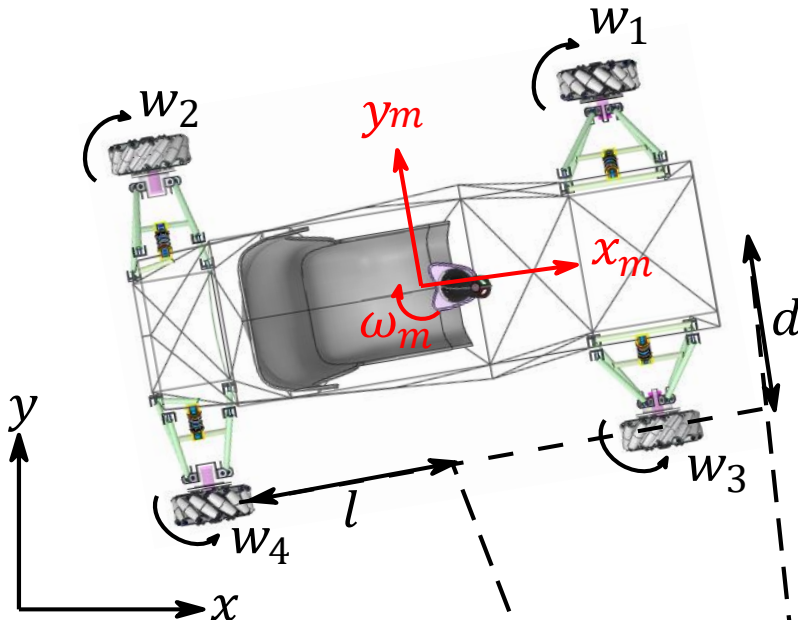
Torque a la Rueda (Requerido)	33,98 Nm
-------------------------------	----------

- Torque calculado:

Torque (Calculado)	0,47256762 Nm
Fase 1	5,6708115 Nm
Fase 2	38,2779776 Nm



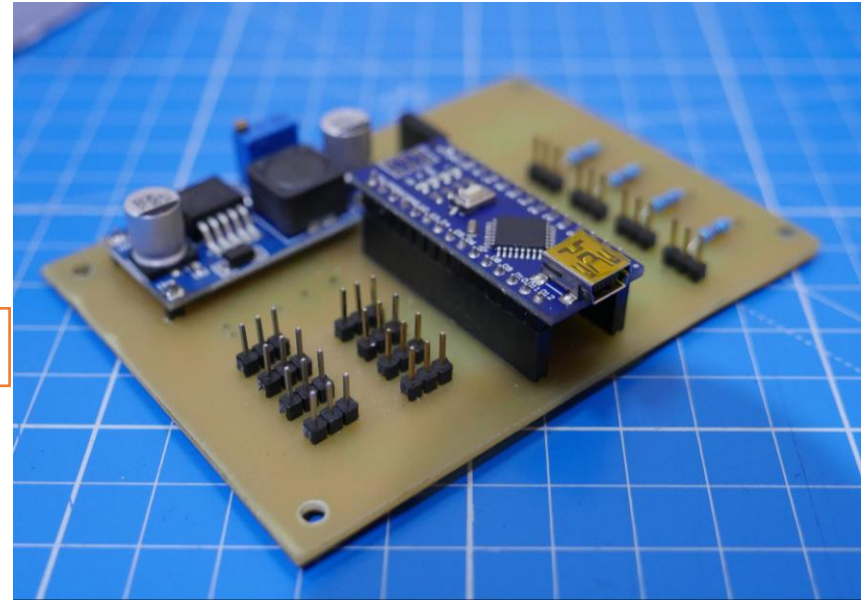
AUTOMATIZACIÓN ARDUINO



$$\begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ W_3 \\ W_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/r & -1/r & -(l+d)/r \\ 1/r & 1/r & -(l+d)/r \\ 1/r & -1/r & (l+d)/r \\ 1/r & 1/r & (l+d)/r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_m \\ \dot{y}_m \\ \omega_m \end{bmatrix}$$

`map(value, fromLow, fromHigh, toLow, toHigh)`

$$F_c = \frac{RPM_{max}}{60} \cdot NP \cdot PH$$

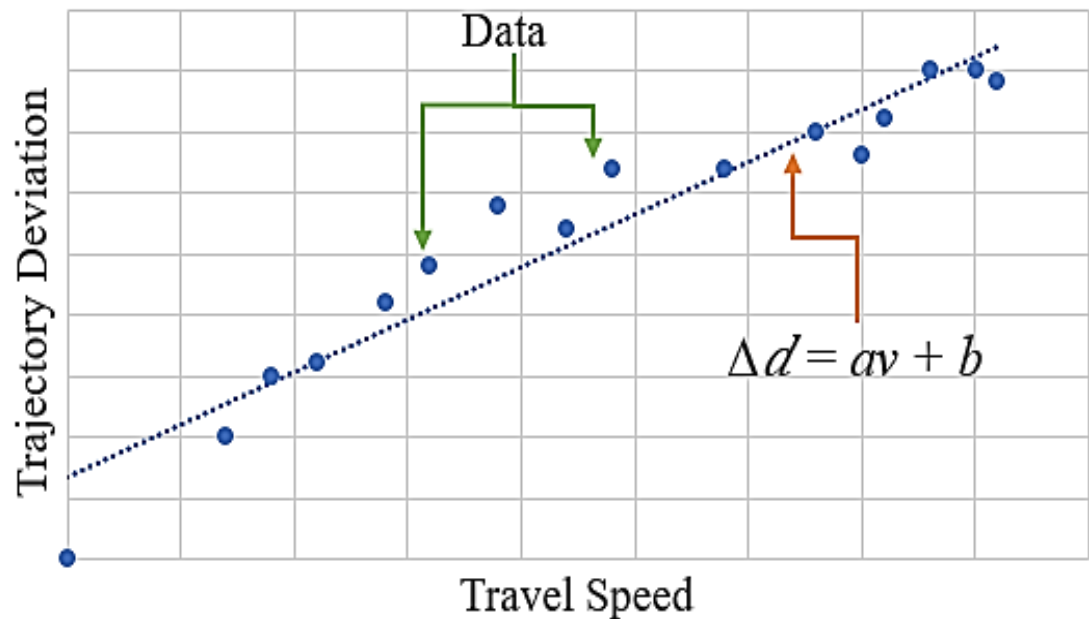


OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL

- $\Delta d = (av) + b$

- $a = \frac{S_{\Delta dv}}{S_{v^2}}$

- $b = \Delta d' - av'$

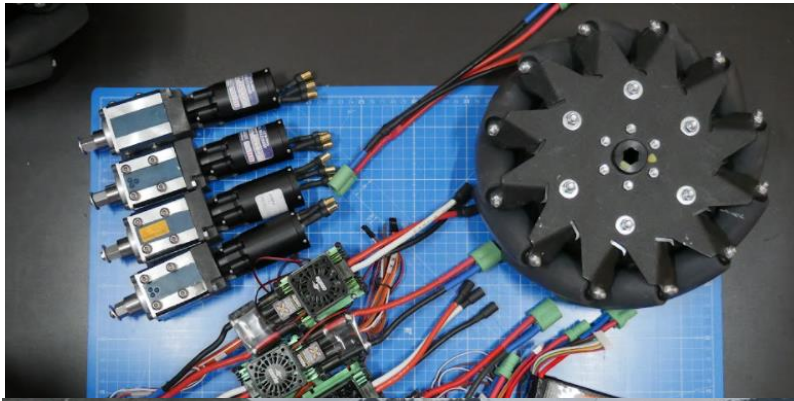


COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL

- **Alimentación:** MAXAMPS - LiPo 3250 8S 29.6v
- **Dispositivos de Entrada:** Joystick JH_D300X-R3
- **Elementos de Control:** Arduino Nano
- **Elemento de Transmisión:** Mamba XL X
- **Actuador:** Jeti Phasor Race 2035



IMPLEMENTACIÓN DE LOS COMPONENTES



PRUEBAS DE DESPLAZAMIENTO

CONCRETO

Movem ent	Straight		Side		Diagonal	
	Speed (Km/h)	Deviat ion (cm)	Spe ed (Km/h)	Deviat ion (cm)	Spe ed (Km/h)	Deviati on (cm)
10	34.15	32	31.5	29	32.6	34
10	26.40	26	26.8	24	25.6	30
10	18.30	19	20.2	19	19.4	27
10	12.60	11	14.5	15	11.6	16
10	6.10	9	5.2	9	5.7	12

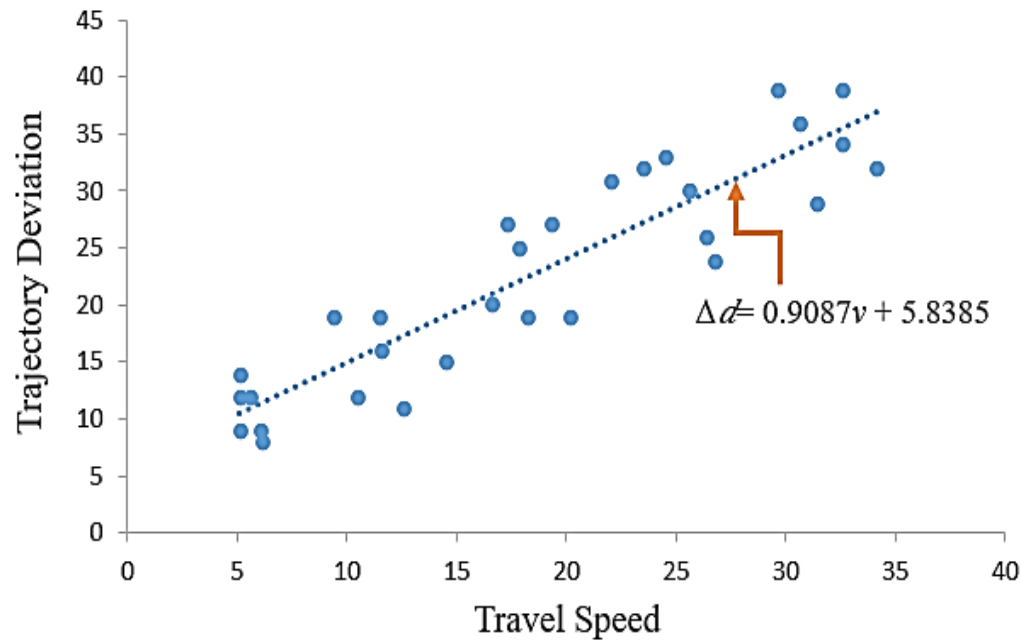
ASFALTO

Movem ent	Straight		Side		Diagonal	
	Spe ed (Km/h)	Deviat ion (cm)	Speed (Km/h)	Deviat ion (cm)	Speed (Km/h)	Deviat ion (cm)
10	32.6 0	39	30.7	36	29.6	39
10	24.5 0	33	22.1	31	23.5	32
10	17.9 0	25	16.6	20	17.3	27
10	11.4 7	19	10.5	12	9.4	19
10	5.20	12	6.2	8	5.12	14



PRUEBAS DE DESPLAZAMIENTO

- GRÁFICA DE REGRESIÓN



PRUEBAS DE DESPLAZAMIENTO: OPTIMIZACIÓN

CONCRETO

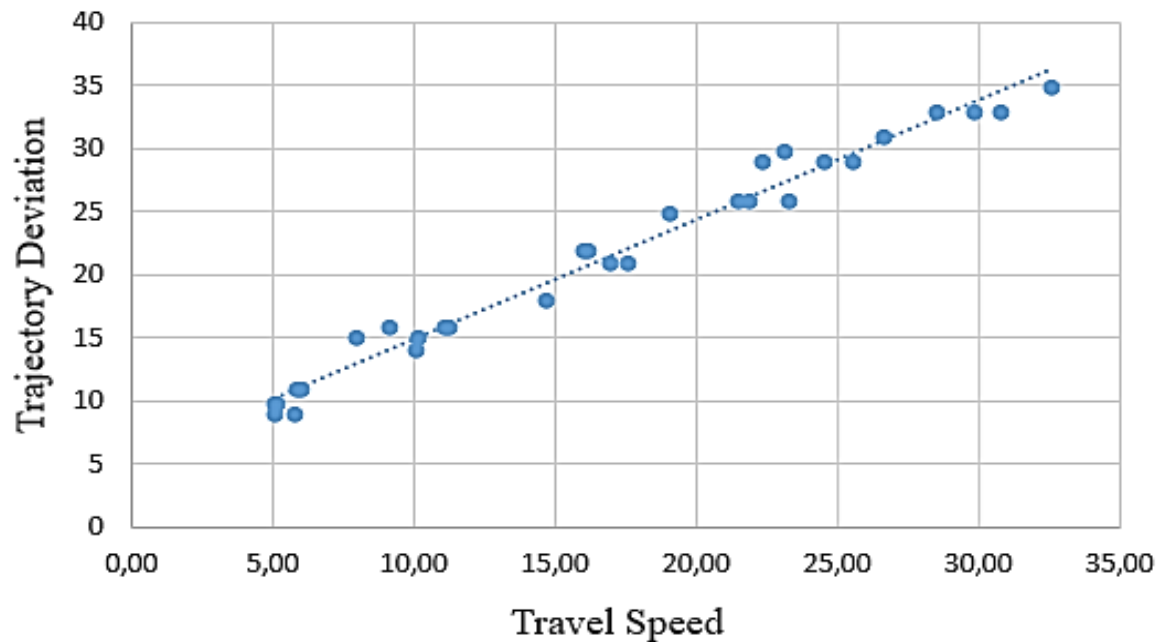
ASFALTO

Movemen t	Straight		Side		Diagonal	
Distance (m)	Spee d (Km/h)	Deviatio n (cm)	Speed (Km/h)	Deviatio n (cm)	Speed (Km/h)	Deviatio n (cm)
10	32.53	35	29.83	33	30.74	33
10	23.14	30	22.35	29	24.56	29
10	17.56	21	19.04	25	16.2	22
10	10.20	15	11.3	16	9.11	16
10	5.74	9	5.14	10	6.05	11

Movement	Straight		Side		Diagonal	
Distance (m)	Spee d (m/s)	Deviatio n (cm)	Spee d (m/s)	Deviatio n (cm)	Spee d (m/s)	Deviatio n (cm)
10	34.15	32	31.5	29	32.6	34
10	26.40	26	26.8	24	25.6	30
10	18.30	19	20.2	19	19.4	27
10	12.60	11	14.5	15	11.6	16
10	6.10	9	5.2	9	5.7	12

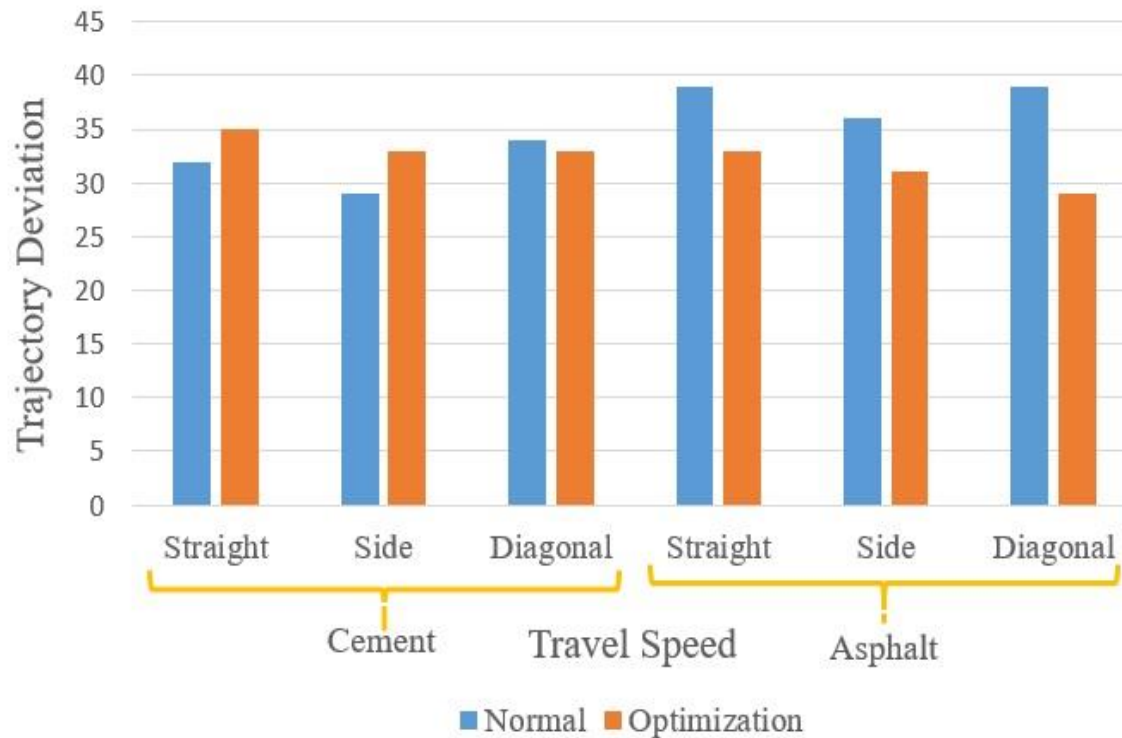
PRUEBAS DE DESPLAZAMIENTO: OPTIMIZACIÓN

- GRÁFICA DE REGRESIÓN



PRUEBAS DE DESPLAZAMIENTO: COMPARACIÓN

- COMPARACIÓN SUPERFICIE DE CEMENTO Y ASFALTO



CONCLUSIONES

- El sistema de control del monoplaza con tracción omnidireccional permite el desplazamiento a una velocidad máxima medida de alrededor de 34 Km/h, con pequeñas fluctuaciones provocadas por las condiciones de la superficie y el material de la rueda Mecanum seleccionada. Las fluctuaciones de velocidad y desviación se redujeron después de la implementación del modelo matemático desarrollado, el cual relaciona las dos variables estudiadas mediante regresión, permitiendo predecir el comportamiento del vehículo a distintas velocidades.
- En movimientos recto, lateral y diagonal, se encontró que la desviación aumenta conforme a la velocidad, el modelo matemático mejoro en un 16,66%, el desplazamiento, con lo cual la sensación de conducción se volvió más estable para el usuario.
- El estudio marca el principio para reducir la desviación producida en vehículos con ruedas Mecanum. En futuros trabajos se pretende implementar un método de corrección más eficaz con soporte en inteligencia artificial y uso de sensores, que sirvan como asistencia en tiempo real para la corrección del seguimiento de trayectorias.



Gracias



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA