

**TEMA:**

**ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE UN PROTOTIPO DE KART ELÉCTRICO  
CON BATERÍAS DE ION LITIO, MEDIANTE LA COMPARACIÓN CON SU  
SIMILAR DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA EN CATEGORÍA  
MONOPLAZA DE 100 c.c.**

**Autores:**

**Guamán Álava, Daniel Stalin  
Rueda Ramírez, Edison Marcelo**

**Director:**

**Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio Msc.  
Latacunga  
2023**

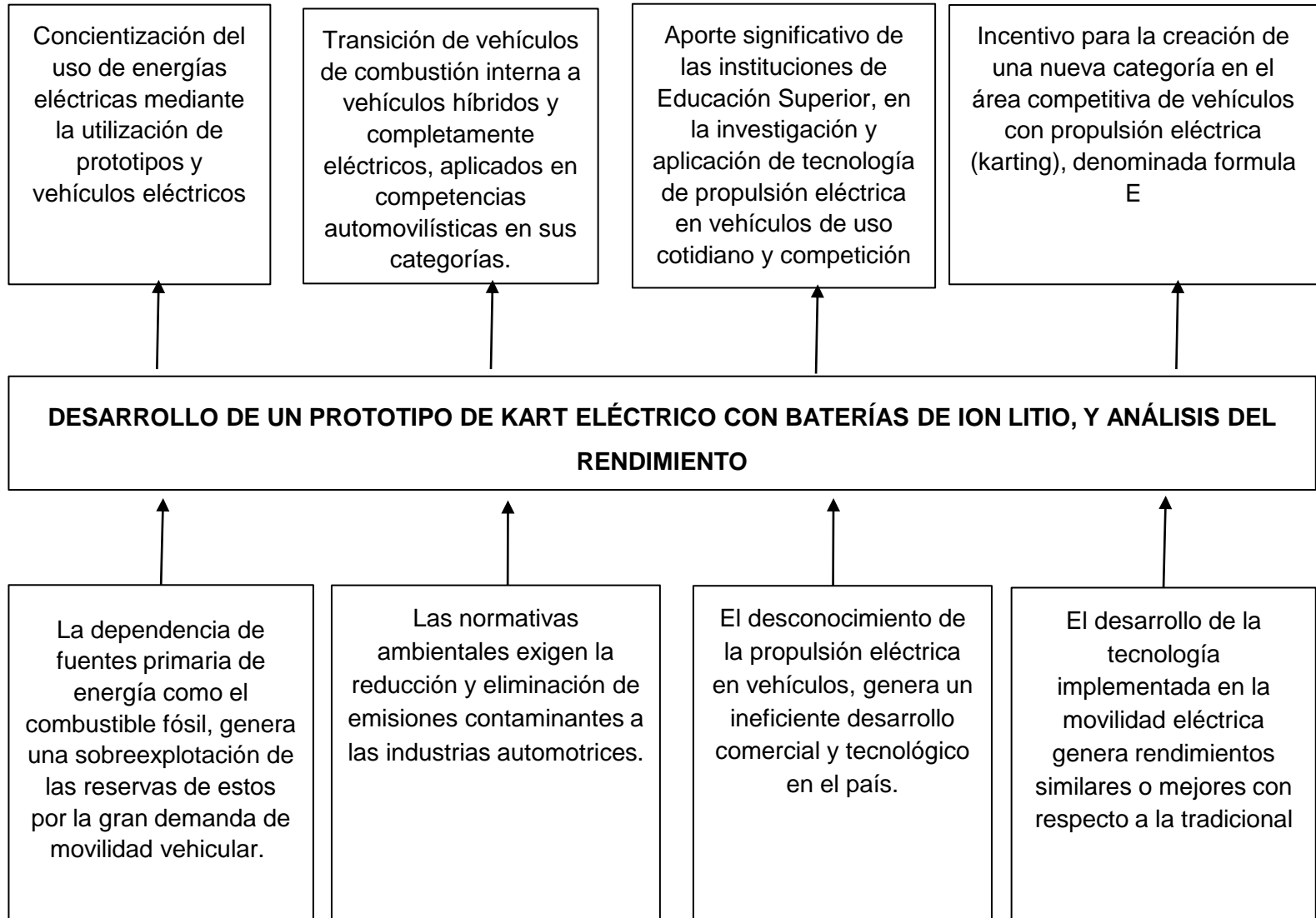


# CONTENIDO

- **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**
- **OBJETIVOS**
- **HIPÓTESIS**
- **MARCO TEÓRICO**
- **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**
- **PRUEBAS**
- **ANÁLISIS DE RESULTADOS**
- **CONCLUSIONES**
- **RECOMENDACIONES**



# Planteamiento del Problema



## OBJETIVO GENERAL

Analizar el rendimiento de un prototipo de karting eléctrico con baterías de ion litio, mediante la comparación con su similar de motor de combustión interna en categoría monoplace de 100 c.c.



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fundamentar teóricamente mediante fuentes bibliográficas confiables como bases de datos digitales, libros, manuales, normativas y artículos científicos referentes a Prototipos de propulsión eléctrica, caracterización del conjunto de componentes utilizados para la movilidad eléctrica.
- Realizar el modelado 2D – 3D y simulación del prototipo Karting en un software de elementos finitos concerniente a la categoría KZ que referencia un máximo de capacidad de cilindraje de 125 c.c..
- Seleccionar los sistemas de propulsión eléctrica (motor eléctrico, baterías de Ion Litio, módulo BMS (Battery Management System), controlador del motor, sensores para el acelerador.
- Seleccionar la fuente de energía eléctrica en función del material activo de la batería de Ion Litio, considerando aspectos de carga profunda, tensión, capacidad de carga y capacidad de descarga; considerando la necesidad del sistema de propulsión “motor eléctrico” de manera que se obtenga velocidades máximas de 70 km/h y autonomía suficiente para una carrera.
- Seleccionar un sistema de carga de batería Ion Litio a través convertidores AC – DC, conectores homologados y sistemas protección alimentados por red eléctrica de 110 V.



- Analizar el rendimiento y desempeño del prototipo, desde una visión mecánica (Peso, torque, potencia, velocidad máxima y aceleración); visión eléctrica (autonomía de la batería, procesos de carga y descarga de la batería, y consumo de energía).
- Comparar el prototipo de kart eléctrico tanto en rendimiento como desempeño con su similar de motor de combustión interna en categoría monoplaza de 100 c.c.
- Seleccionar los sistemas de propulsión eléctrica (motor eléctrico, baterías de Ion Litio, módulo BMS (Battery Management System), controlador del motor, sensores para el acelerador.
- Determinar las ventajas y desventajas de la propulsión eléctrica en competencias para este tipo de vehículos.



# HIPÓTESIS

¿Se alcanzarán velocidades máximas a los 70 km/h y una autonomía suficiente para una carrera a una descarga máxima al utilizar baterías de ion litio de 72 V - 30 Ah a la máxima carga?



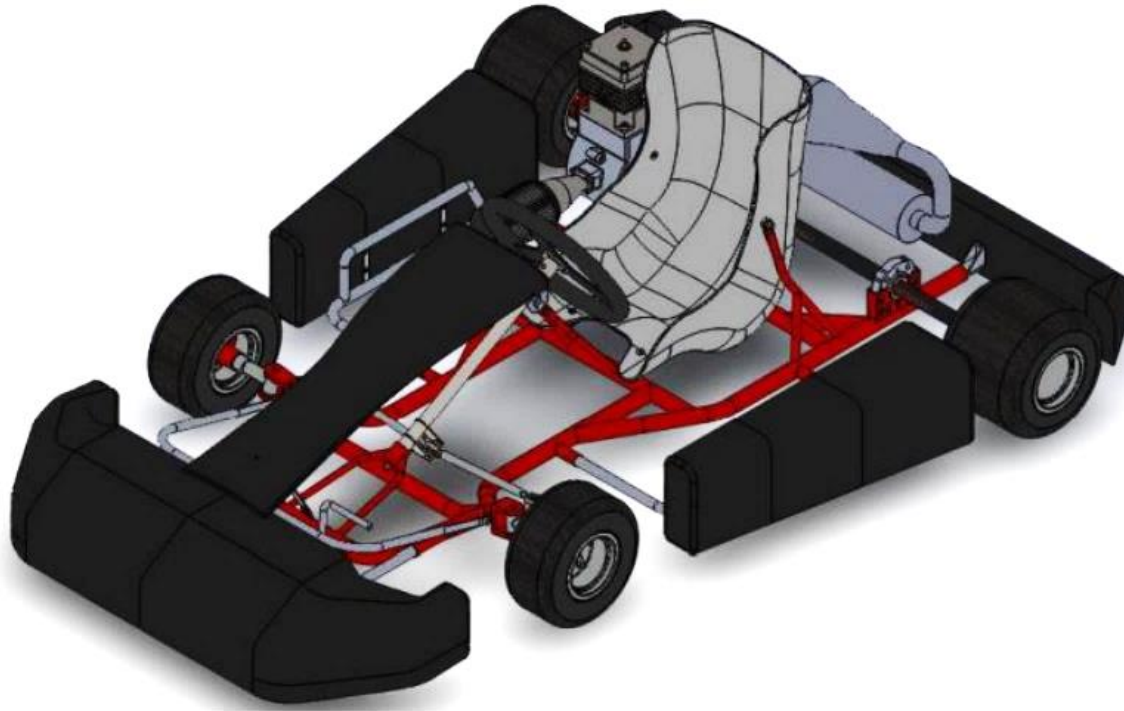
# MARCO TEÓRICO





# KARTING

KART



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

# ***MOTOR BRUSHLESS***

Motor que no emplea escobillas para realizar el cambio de polaridad y provocar el movimiento.



# BATERIA DE LITIO

B

Baterías de alta densidad energética, alta eficiencia energética y larga vida útil



# ***DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN***



## Cálculo de la potencia y torque del motor

Definición	Datos	Ecuación	Resultado
Fuerza de Rozamiento	$m = 161 \text{ Kg}$	$F_r = m * g * \text{sen}(\theta)$	157.141 N
	$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$		
	$\theta = 5.71^\circ$		
Fuerza aerodinámica	$\rho = 1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$F_a = \frac{1}{2} \rho * A * C_r * v^2$	3.170 N
	$A = 0.699 \text{ m}^2$		
	$C_r = 0.02$		
	$v = 19.44 \frac{\text{m}}{\text{s}}$		
Fuerza por pendiente	$m = 161 \text{ Kg}$	$F_\phi = C_r * m * g * \text{cos}(\theta)$	31.431 N
	$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$		
	$C_r = 0.02$		
Fuerza de movimiento	$m = 161 \text{ Kg}$	$F = m * a$	0
	$a = 0.00 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$		
Potencia eléctrica	$P_e = (F_r + F_a + F_\phi + F) * v$		3727.464 $\approx$ 3.7 kw
Par motor	$r_e = 0.136 \text{ m}$	$Mn = (F_r + F_a + F_\phi + F) * r_e$	26.077 Nm

## Selección de componentes

### Motor Eléctrico

Parámetros	Modelo del motor	
	SL 122-23	BY24WF01-B
Potencia nominal	3 kW	3 kW
Voltaje	60/72 V	72 V
Corriente en reposo	4.2-7.8 A	
Velocidad de rotación nominal	3000~6000 rpm	4900 rpm
Par nominal	10-5 Nm	6 Nm
Eficiencia motora	≥90 %	≈90 %
Relación de velocidad de engranaje	3,27:1, 1,94:1, 1,35:1, 1,04:1	1:1
Peso del motor	17 kg	6.7 kg



## Selección de componentes

### Controlador

Características	Valores
Modelo del controlador	AE1705
Rango de voltaje	42 a 84 V
Max intensidad de corriente de fase	400 A
Intensidad de corriente CC máxima	150 A
Temperatura de funcionamiento	10 a 55 Grados
Par nominal	10-5Nm
Peso del controlador	3 kg



## Selección de componentes

### Batería

Parámetros	Ion Li – Mg- Co	LiFePO4
Voltaje Nominal	72 V	72 V
Corriente	30 Ah	30 Ah
Corriente de descarga máxima	40 A	50 A
Corriente de carga máxima	10 A	15 A
Voltaje mínimo	64 V	60 V
Voltaje máximo	80 V	84 V
Ciclos de Vida	800	1500
Peso de la batería	15 kg	19 kg





## Cálculo de Masas principales

Definición	Datos	Ecuación	Carga (N)
Carga Muerta	$mM = 73 \text{ Kg}$	$M = M_M * g$	715.4N
	$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$		
Carga Viva	$mV = 85.00 \text{ Kg}$	$V = M_V * g$	862.4N
	$mE = 3.00 \text{ Kg}$		
	$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$		
Carga de aceleración brusca	$mT = 161 \text{ Kg}$	$F = mT * a$	-644N
	$a = -4.00 \frac{m}{s^2}$		
Carga de frenado	$mT = 161 \text{ Kg}$	$F = mT * a$	644N
	$a = 4.00 \frac{m}{s^2}$		



# ***ANÁLISIS DE RESULTADOS***

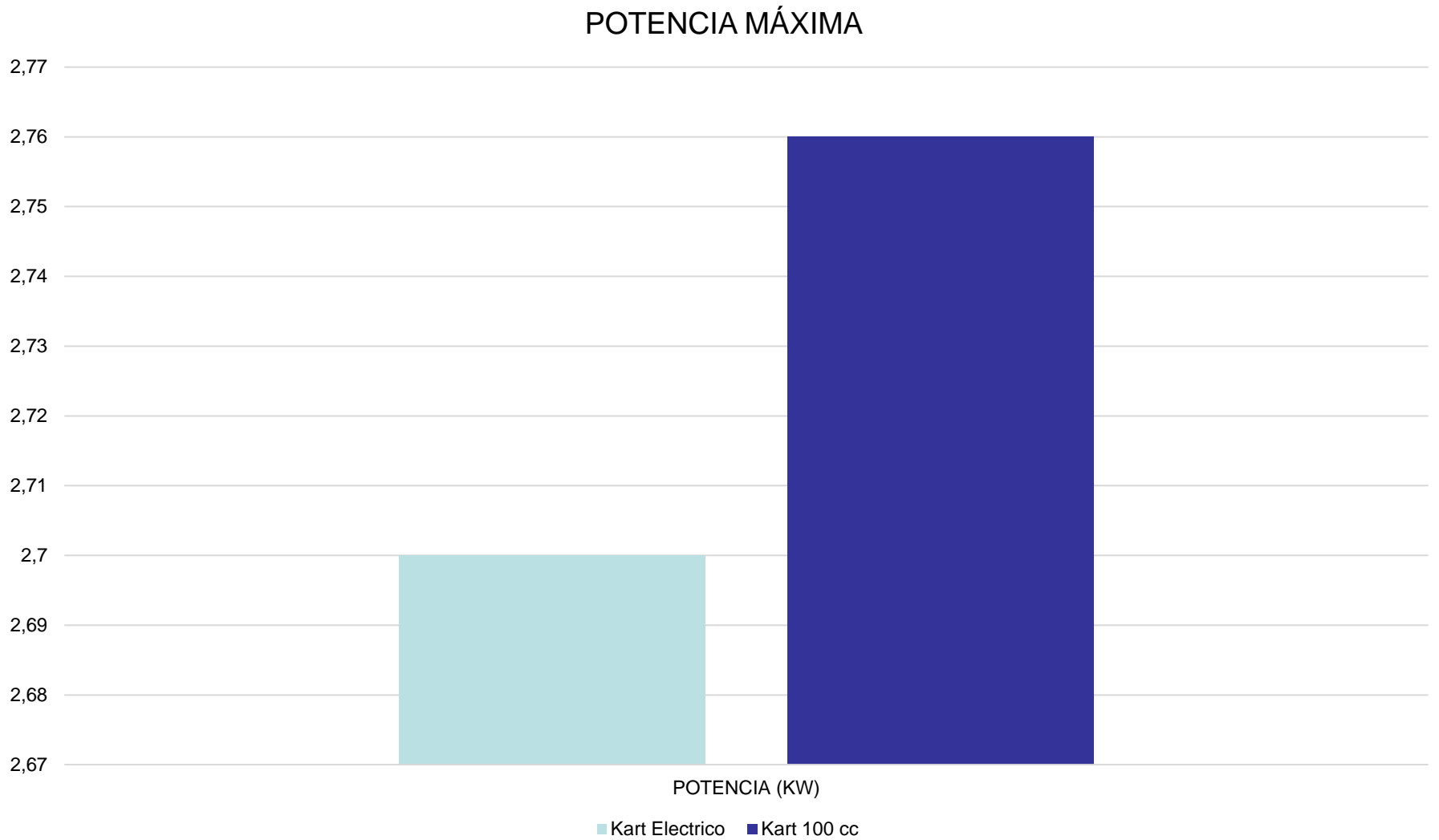


## Resultados de las pruebas

Pruebas	Kart Eléctrico	Kart 100 c.c.
Potencia(W)	2.7	2.76
Torque (Nm)	11.9	3.93
Velocidad máxima ( $\frac{Km}{h}$ )	85	52
Autonomía (km)	48	-
Distancia de carrera (km)	16 km	16 km

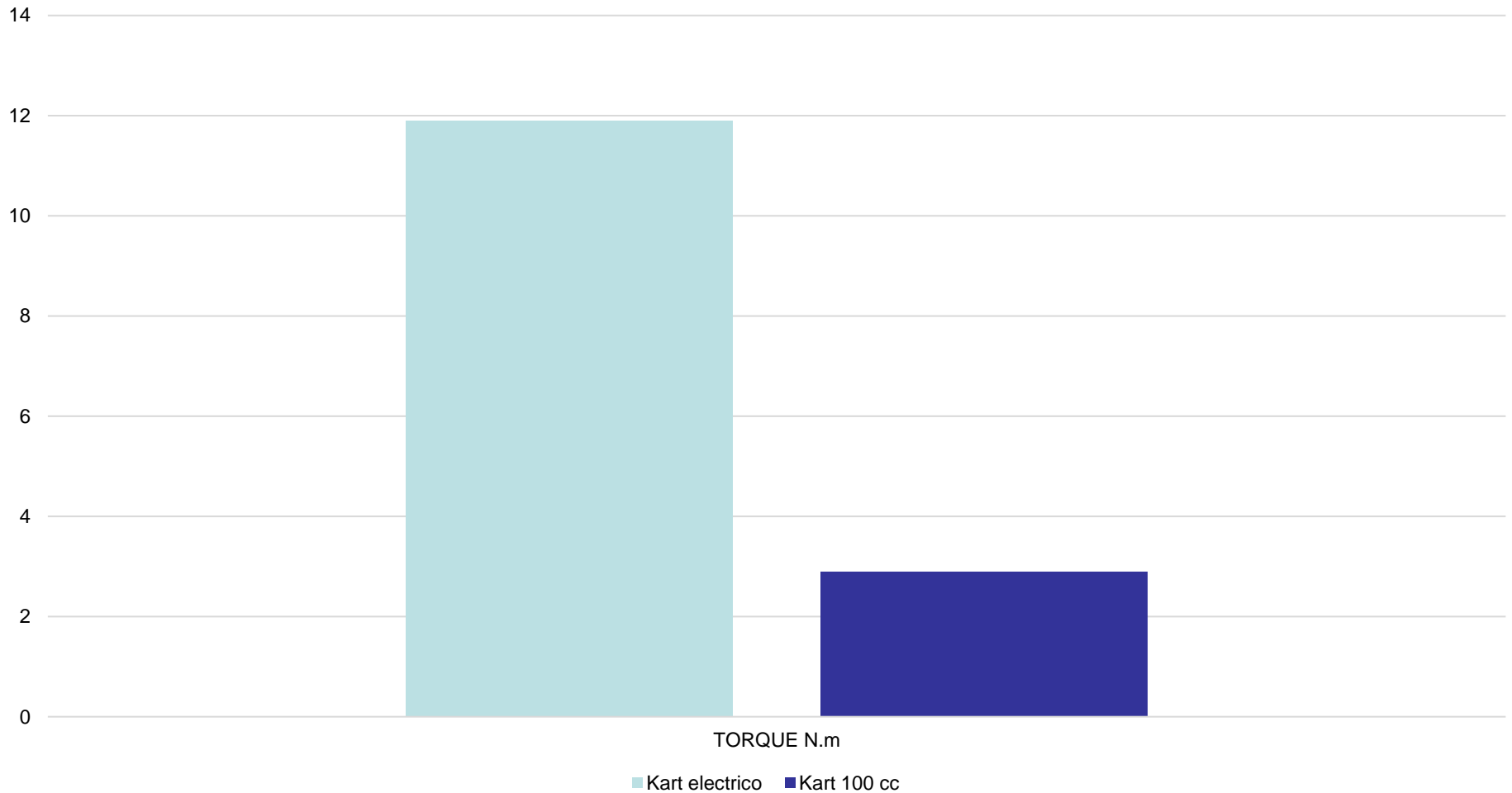


# POTENCIA MÁXIMA



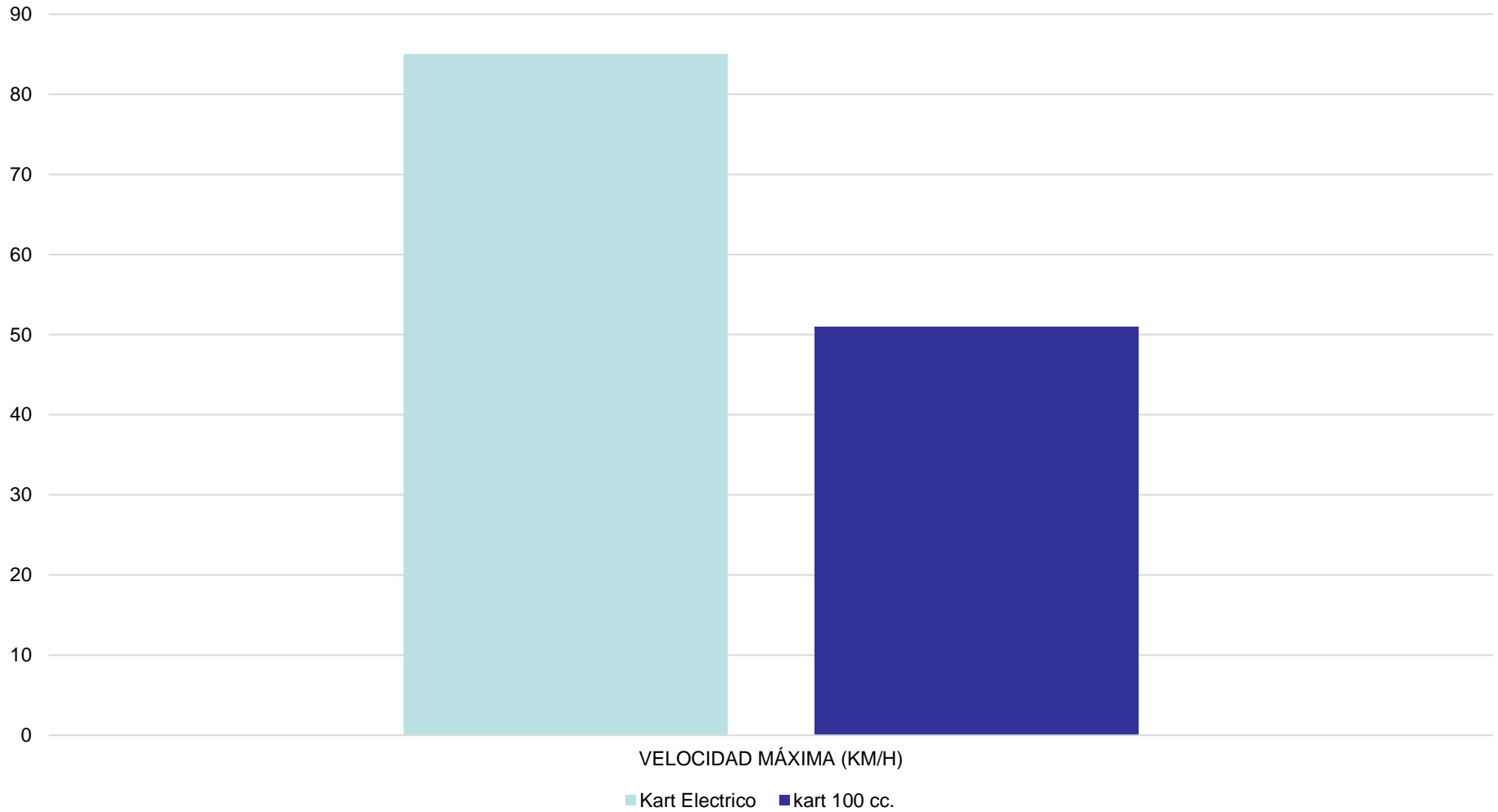
# TORQUE MÁXIMO

TORQUE MÁXIMO



# VELOCIDAD MÁXIMA

VELOCIDAD MÁXIMA



# CONCLUSIONES

- Con la fundamentación teórica mediante fuentes bibliográficas referentes a prototipos de propulsión eléctrica se caracterizó el conjunto de elementos eléctricos para la aplicación al bastidor, dando buenos resultados que además está dentro de reglamentos nacionales.
- El motor eléctrico entrega una potencia a las ruedas de 2.7 kW, demuestra que cumple con la eficiencia de 90% acorde a su ficha técnica, además de demostrar que existe un mínimo no considerable de pérdida de potencia por transmisión mecánica.
- La utilización de una batería de ion litio de 72 V y 30 Ah superó la necesidad del sistema de propulsión del kart de 70 km/h y autonomía suficiente para la carrera, además el material del que está creado ayuda a los aspectos de carga profunda, tensión, capacidad de carga y capacidad de descarga.
- Se seleccionó un cargador de batería a través de convertidores AC – DC que se conecta a la red eléctrica de 110 V y arroja un voltaje de 87.6 V y 5 Ah, al realizar las pruebas este cargador alimentó a la batería hasta su 100 % en un tiempo de 5 horas.



# CONCLUSIONES

- Se comparó el prototipo de kart eléctrico con el kart de motor de combustión, la potencia del kart eléctrico es de 2.7 kW y un torque de 11.9 Nm por otro lado la potencia del motor de combustión es de 2.76 kW con torque de 3.93 Nm con estos valores semejantes en potencia, pero con gran diferencia en torque, el motor eléctrico es una buena alternativa para competir ante un motor de combustión.
- Se analizó el rendimiento y desempeño del kart eléctrico mediante pruebas dinamométricas se obtuvo una potencia de 2.7 kW, un torque de 11.9 Nm, además se realizó pruebas en pista de velocidad máxima en donde se alcanzó 85 km/h, en su desempeño eléctrico para una carrera iniciando con el valor de voltaje máximo de batería de 83.29 V y finalizando las tres mangas con un voltaje de 61.38 V, determinando que la pista tiene 1.6 km se obtuvo una autonomía de 48 km.





# RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar un software CAD que ayude con el diseño y simulación de elementos finitos del bastidor del kart y sistema eléctrico, esto brinda una mayor confianza de la redistribución de peso aplicada al kart..
- Para selección de los componentes o formar un kit de transformación a kart eléctrico se sugiere identificar primero que capacidad de motor se necesita, y de acuerdo a la capacidad de motor, escoger los componen que cumplan con la demanda de energía del motor eléctrico, en algunos casos los mismos fabricantes recomiendan que controlador, TPS y batería utilizar.
- Investigar mejoras para la implementación de motores eléctricos a bastidores de kart que puedan conectarse directamente con los neumáticos para no perder eficiencia por motivos mecánicos o sistemas de tracción.



# RECOMENDACIONES

- El estudio de la variación de la relación de transmisión (Piñón – Catalina) permitirá conseguir mayores velocidades máximas en pista.
- Se incita para una mayor autonomía diseñar una batería con mejores características, esto servirá para una entrega de potencia continua más no para una mayor potencia, torque o velocidad del kart, y además una mayor autonomía amplia a que el kart pueda participar en otras categorías del deporte karting.
- Promover el diseño de estaciones de AC-DC que manejen mayores rangos de voltaje y amperaje para aumentar significativamente la potencia de carga, esto hará que el tiempo de carga disminuya, así aumentar la autonomía en carrera, aprovechando el tiempo entre magas para recargar la batería.



# ***RECOMENDACIONES***

- Tras la prueba de autonomía, simulando una carrera de 3 mangas de 10 vueltas al circuito cada una, se identificó que la batería de 30 Ah y 72 V cumplió satisfactoriamente 48Km, esto se puede mejorar haciendo un estudio de tipos de baterías, materiales de las celdas o BMS que ayuden a mejorar la capacidad de la Batería.



# GRACIAS POR SU ATENCIÓN



# GRACIAS POR SU ATENCIÓN

