

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE  
UN MOTOR ELÉCTRICO, ADAPTADO A  
UNA MOTOCICLETA, BAJO LAS  
CARACTERÍSTICAS DE TORQUE,  
POTENCIA Y VELOCIDAD”**

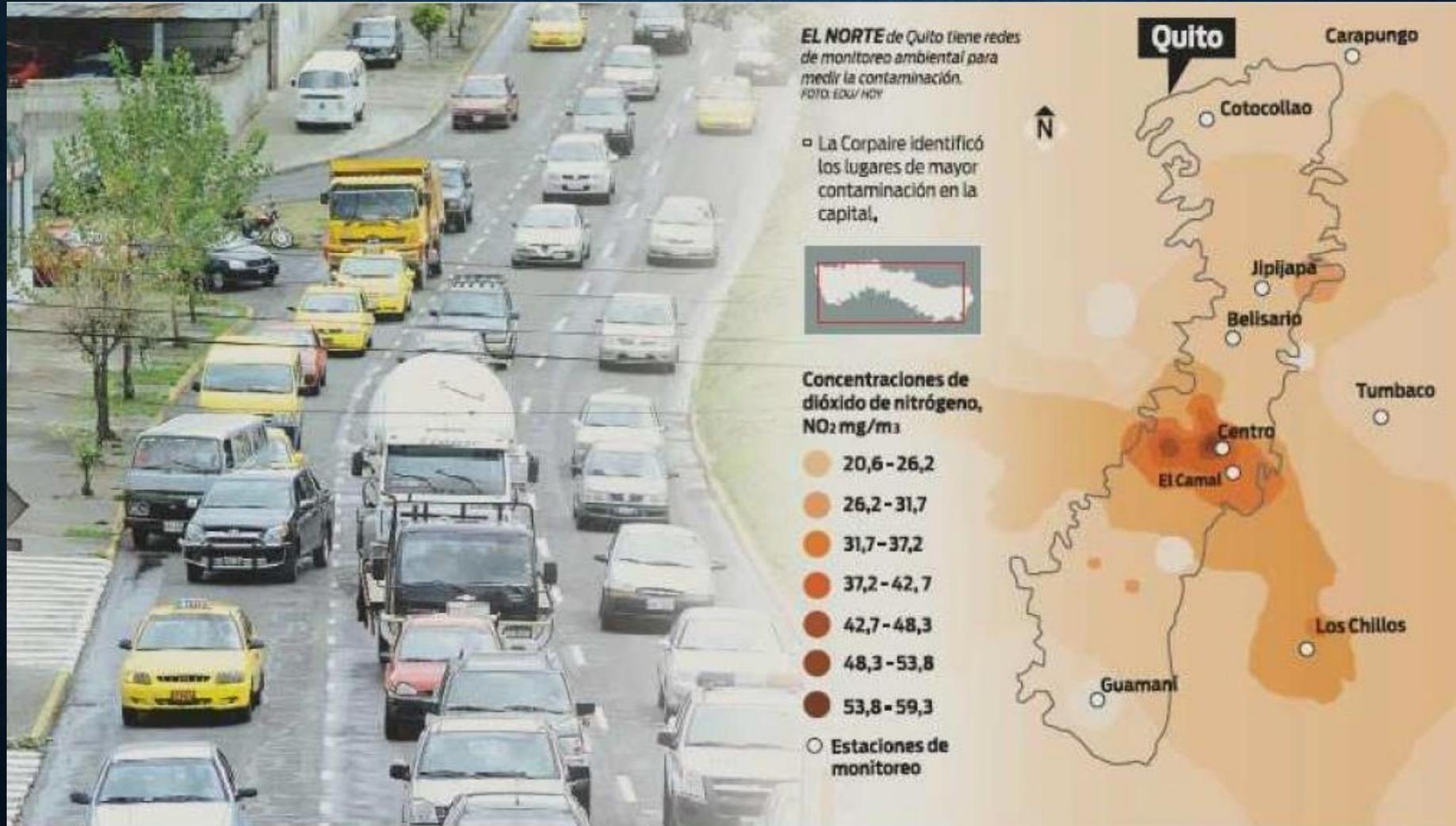
Autor:

Andrés Javier Valencia R.

Director:

Ing. Gustavo Moreno.

# NIVEL DE CONTAMINACIÓN VEHICULAR EN QUITO



# OBJETIVO PRINCIPAL

Analizar el comportamiento del motor eléctrico Brushless, adaptado a una motocicleta, por el problema de los gases contaminantes que emiten los carros a combustión, con el propósito de disminuir parte de la contaminación ambiental en la ciudad de Quito.

# VENTAJAS DE UN MOTOR ELÉCTRICO:

- Contaminación nula, gracias a que no genera gases en su salida de escape.
- Torque constante.
- Ruido nulo.
- No necesita mantenimiento.
- Se pueden acoplar varias fuentes de energía renovable.

# SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LOS COMPONENTES PARA LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Para la selección de los componentes que se incorporarán a la motocicleta eléctrica, se deben considerar los siguientes pasos:

- Identificar las características de los equipos, para su implementación.
- Determinar qué tipo de componentes se va a utilizar.
- Seleccionar el dispositivo Motor tipo Brushless y controlador PMW.

## Calculo de torque y potencia necesarias, para la elección del motor eléctrico:

$$F = C_{rr} \times m \times g$$

$$F = 64.23 \text{ N}$$

### Cálculo de torque necesario:

Se utiliza llantas de 15 in de diámetro, es decir,  $r = 0.1905\text{m}$

$$T_n = r \times F$$

$$T_n = 12.24 \text{ [Nm]}$$

Calculo torque final:  $R = 42/16 \longrightarrow 2.625:1$

Torque final = relacion de transmision  $\times T_n$

$$\text{Torque final} = 32.13 \text{ [Nm]}$$

### Cálculo de la potencia requerida:

La velocidad máxima de la motocicleta Tundra, es  $30.55\text{m/s}$ .

$$P_{vmax} = F \cdot V_{max}$$

$$P_{vmax} = 1962.23 \text{ [W]} = 1.96 \text{ [kW]}$$

Pesos estipulados para el montaje en la motocicleta:

Descripción	Peso
Chasis	77 kg
Motor eléctrico Brushless	11 kg
Controlador y accesorios	3.5 kg
Batería (4 x 12V – 60 Ah)	56.76 kg
Persona promedio	70 kg
<b>TOTAL</b>	<b>218.26 kg</b>

# SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO

Información técnica de los motores eléctricos:

Marca	Golden Motor	Golden Motor	Mars electric LLC
Procedencia	China	China	China
Tipo	BLDC Brushless	BLDC Brushless	BLDC Brushless
Modelo	HPM3000B	HPM5000B	Mars 0708
Voltajes	48 [V]	48 [V]	48 [V]
Velocidad angular	4000 rpm	4000 rpm	5730 rpm
Potencia nominal	3 [kW]	5 [kW]	4.5 [kW]
Torque nominal	8 [Nm]	13 [Nm]	7.5 [Nm]
Torque máximo	25 [Nm]	45 [Nm]	Nd
Eficiencia	90%	91%	90%
Peso	7.6 [kg]	11 [kg]	12 [kg]



Motor de tipo  
Brushless modelo  
HPM 5000B

## Cálculo Torque motor – piñón motriz:

$$T = \frac{P}{\omega}$$

Datos motor eléctrico :

$$P=5 \text{ [kW]} = 5000 \text{ W} \left[ \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$\omega = 4000 \text{ rpm}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$f = \frac{\text{rpm}}{60}$$

$$f = \frac{4000 \text{ rpm}}{60} = 66.67 \text{ Hz (seg}^{-1}\text{)}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 66.67 \text{ [s]}$$

$$\omega = 418.88 \text{ [s]}$$

$$T_{m1} = \frac{5000 \text{ W} \left[ \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} \right]}{418.88 \text{ [s]}}$$

$$T_m = 11.94 \text{ [Nm]}$$

# SELECCIÓN DEL CONTROLADOR

Información técnica de los controladores:

Marca	Golden Motor	Golden Motor	Golden Motor
Procedencia	China	China	China
Modelo	HPC500H	VEC300	VEC500
Tipo	5[kW] BLDC Motor Controller	5[kW] BLDC Motor Controller	10[kW] BLDC Motor Controller
Voltaje	48 [V]	48 [V]	48 [V]
Corriente nominal	300 [A]	120 [A]	200 [A]
Peso	2.9 [kg]	2.2 [kg]	3.2 [kg]
Precio sin importación	\$580	\$452	\$598



Controlador de tipo BLDC 5[kW] modelo VEC300

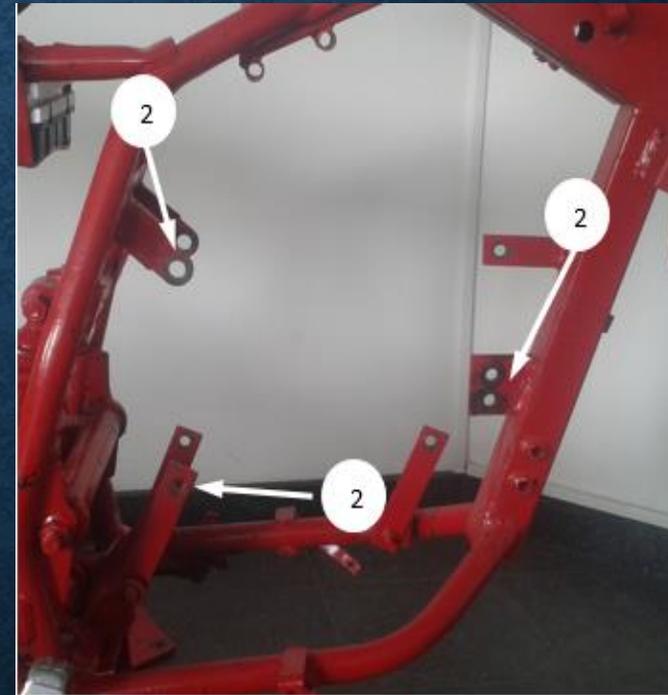
# DISEÑO MECÁNICO

## Diseño del soporte del motor eléctrico.

- Deberá acoplarse a la geometría del chasis.
- Soportar el peso del motor.
- Resistir el torque máximo del motor de 45 [Nm].

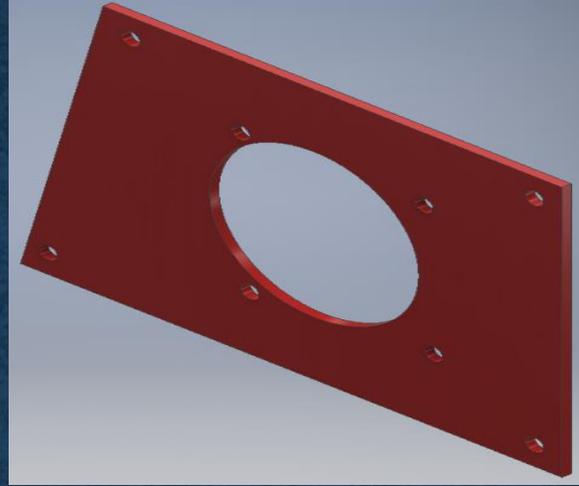


Puntos soporte delantero motor



Puntos soporte posterior motor

Soporte delantero del motor eléctrico:



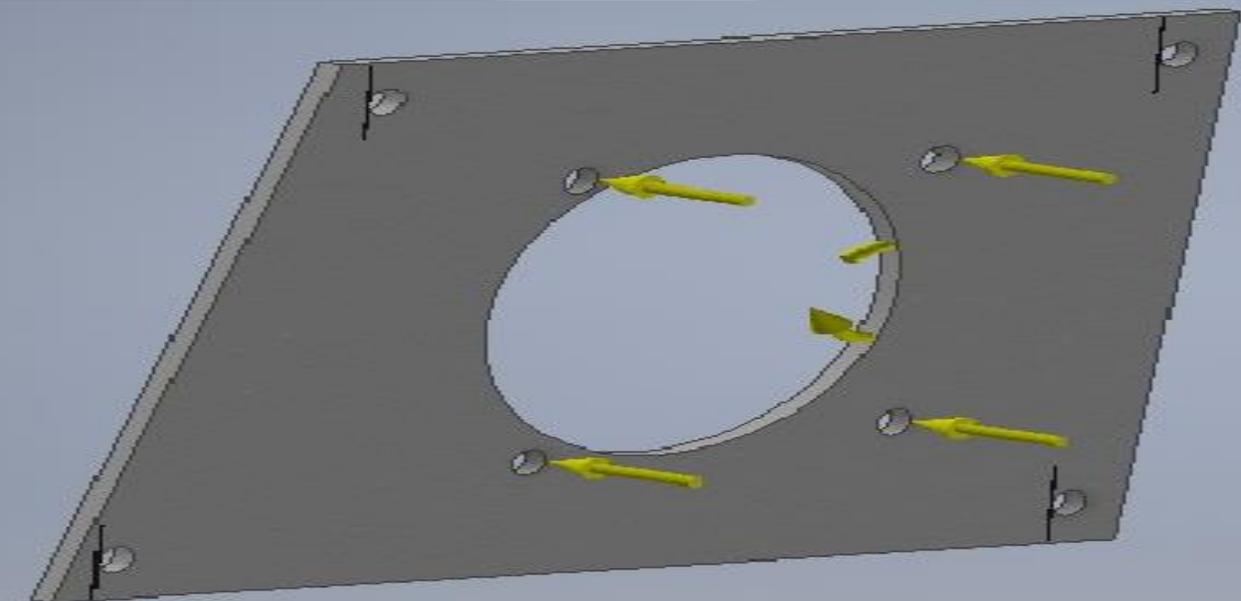
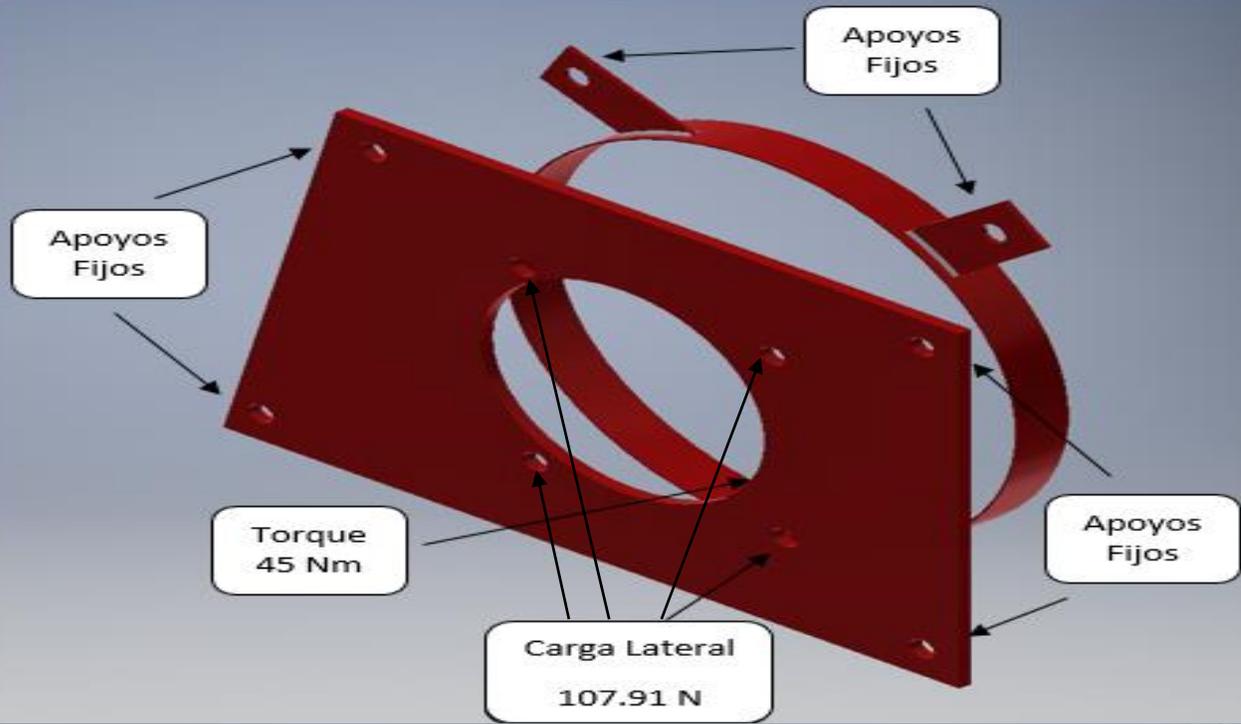
Soporte posterior del motor eléctrico:



Material seleccionado:

Plancha Acero ASTM A36, 8mm de espesor.

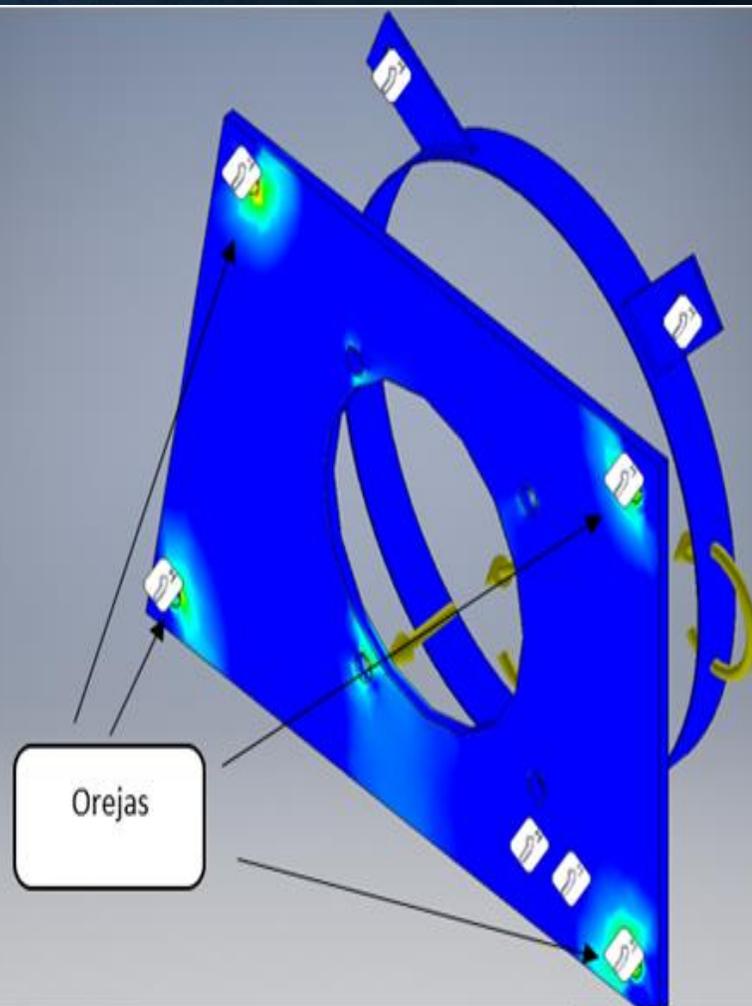
# Aplicación de cargas en Inventor



Tipo: Tensión de Von Mises  
Unidad: MPa  
11/1/2018, 16:16:32  
36,76 Máx.



Orejas

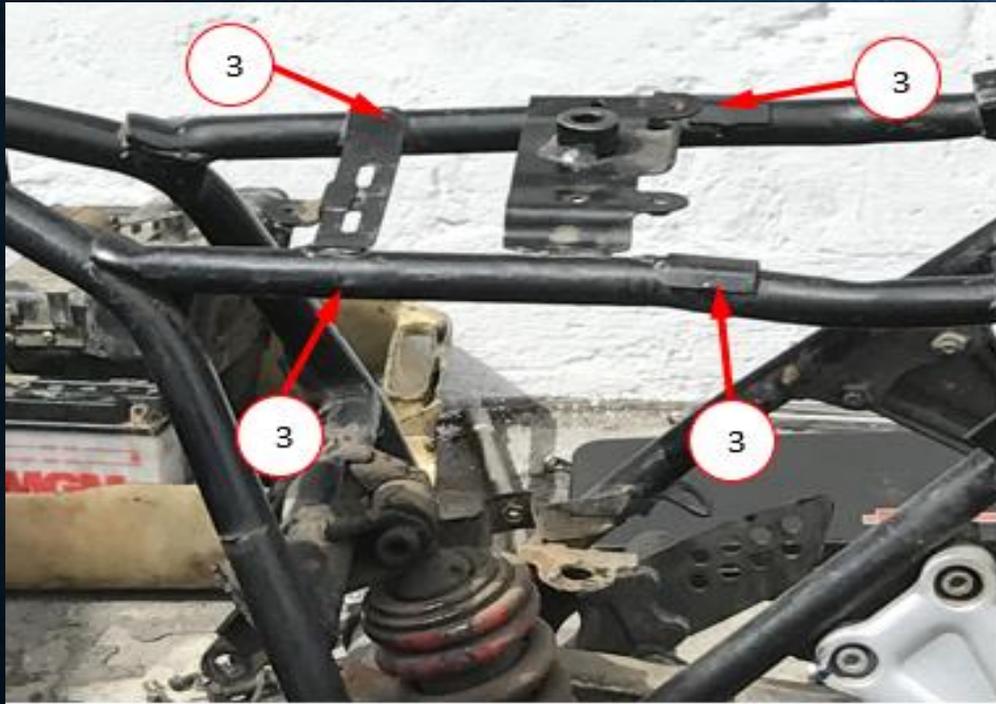


$$Fs = \frac{Sy \text{ (límite de elasticidad)}}{\sigma_{max} \text{ (esfuerzo máximo)}}$$

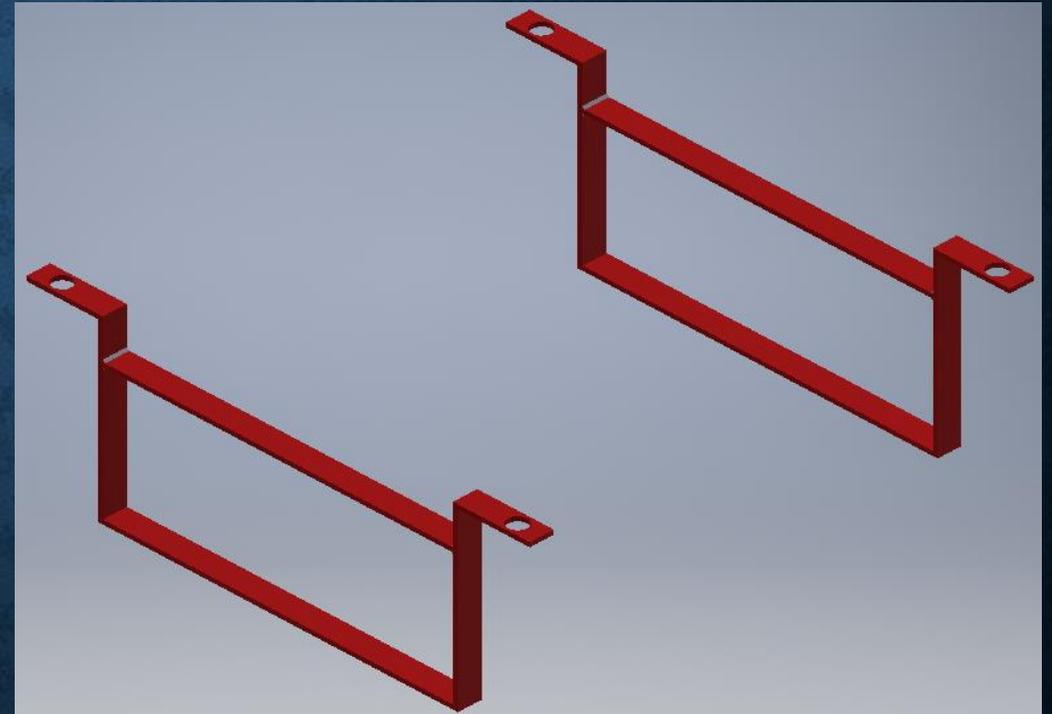
$$Fs = \frac{36.76 \text{ Mpa}}{20.5 \text{ Mpa}} = 1.8$$

## Diseño del soporte del motor eléctrico.

- La base debe soportar 21.582 [N], de carga por controlador y sus cables.
- La base debe proteger la integridad del controlador.



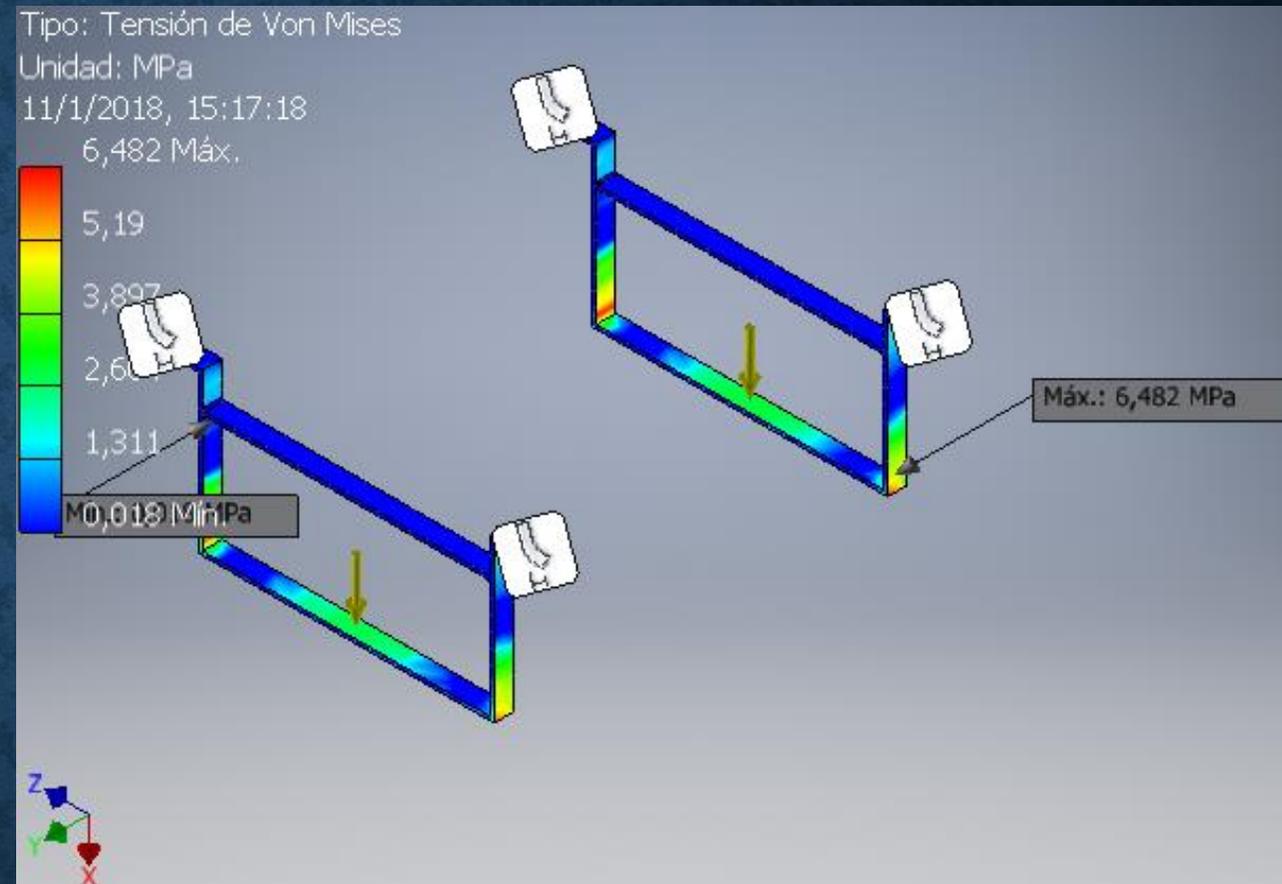
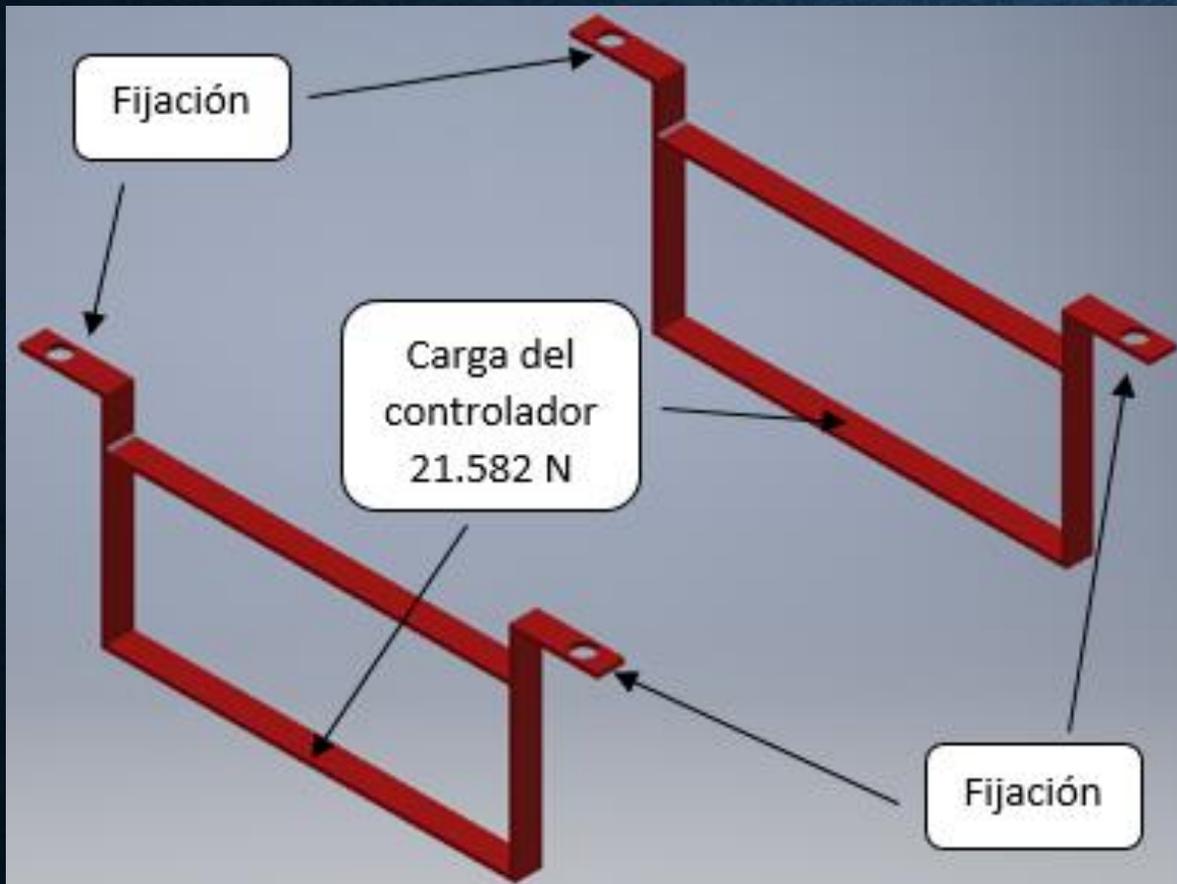
## Soportes del controlador:



## Material Seleccionado.

Platina Acero ASTM A36 de 19mm x 3mm.

# Aplicación de cargas en Inventor



$$F_s = \frac{S_y \text{ (límite de elasticidad)}}{\sigma_{max} \text{ (esfuerzo máximo)}}$$

$$F_s = \frac{6.482 \text{ Mpa}}{3.7 \text{ Mpa}} = 1.8$$

# SELECCIÓN DE CADENA Y CATALINAS

## Selección de cadena:

Se emplea la cadena D.I.D. 428, corresponde a la especificación de cadena número 40, según la norma ANSI CHAINS.

### CHAIN SPECIFICATIONS

3. Pitch: 415/420/428 = 12.70mm (1/2") 520/525/50(530)/532 = 15.875mm (5/8"), 630/632 = 19.05mm (3/4")  
 4. Width: 415 = 4.76mm (.187"), 420/520 = 6.35mm (.250") • 428 = 7.94mm (.313") 525 = 7.93mm (.312") • 50(530)/630/632 = 9.53mm (.375")

## • Ficha técnica motocicleta Tundra:

Marca	Tundra
Modelo	GXR200
Velocidad máxima	110[Km/h] / 30.55[m/s]
Distancia entre ejes	1320mm
Peso en seco	110kg / 242.508lbs
Capacidad carga máx.	180kg / 396.832lbs
Potencia máxima	10 [kW] / 7815 rpm
Cadena de transmisión	Cadena D.I.D. 428, 112es.

### ANSI Standard Chain Dimensions

Chain No.	Pitch	Roller Diameter	Roller Width	Sprocket thickness	Working Load
25	1/4"	0.130"	1/8"	0.110"	140 lbs
35	3/8"	0.200"	3/16"	0.168"	480 lbs
40	1/2"	5/16"	5/16"	0.284"	810 lbs
41	1/2"	0.306"	1/4"	0.227"	500 lbs
50	5/8"	0.400"	3/8"	0.343"	1400 lbs
60	3/4"	15/32"	1/2"	0.459"	1950 lbs
80	1"	5/8"	5/8"	0.575"	3300 lbs

$$Tensión = \frac{T \times Ks}{r}$$

( $\phi=0.056m$  /  $r=0.028m$ ).

$$Tensión = \frac{45 [Nm] \times 1.3}{0.028m} = 2089.286 N$$

Tensión de la cadena 2089.286 [N] o 212.98 [kg] = 469.53 [lb]

$$Fs = \frac{\text{Carga de trabajo ANSI No. 40}}{\text{Tensión de la cadena}}$$

### ANSI Standard Chain Dimensions

Chain No.	Pitch	Roller Diameter	Roller Width	Sprocket thickness	Working Load
40	1/2"	5/16"	5/16"	0.284"	810 lbs

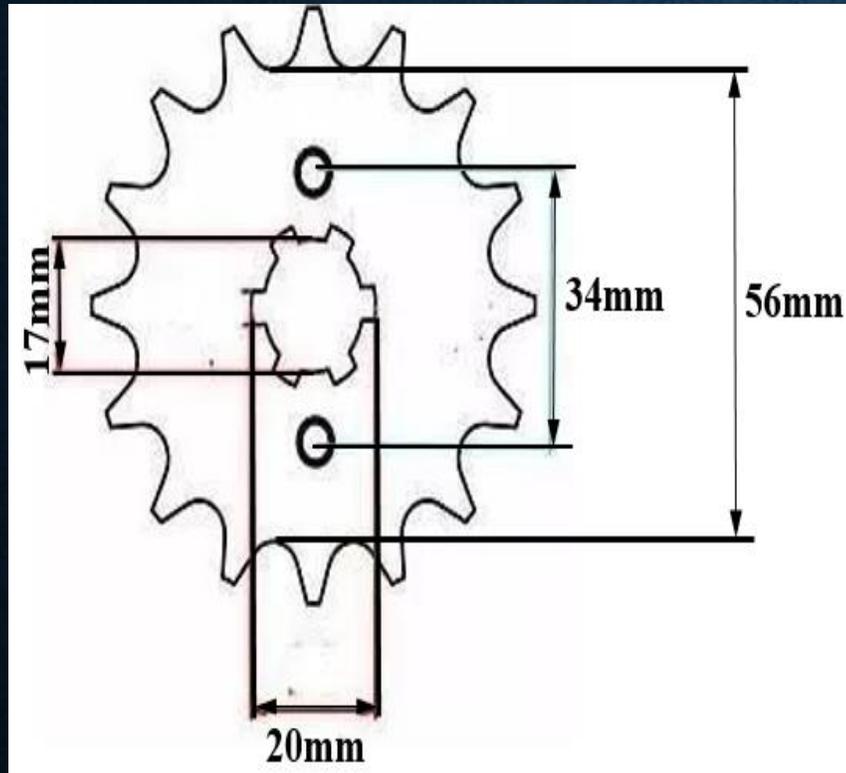
$$Fs = \frac{810 lb.}{469.53 lb.} = 1.73$$

Factor de servicio:

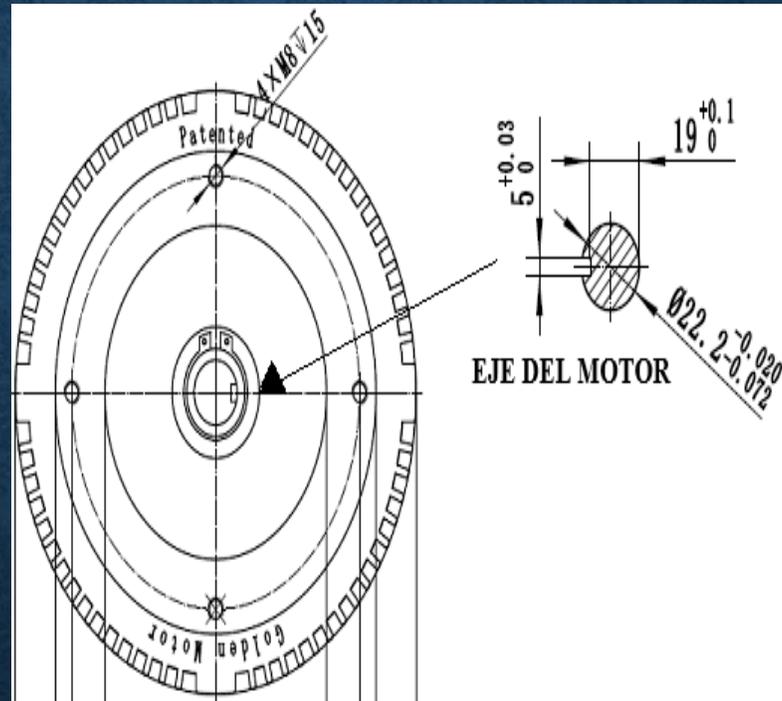
Tipo de Impacto	Máquinas	Motor eléctrico o turbina	Motor de Combustión Interna (Con Hydraulic Drive)	Motor de Combustión Interna (Sin Hydraulic Drive)
Algún impacto	Los compresores centrífugos, motores marinos, transportadores con algunas fluctuaciones de carga, hornos automáticos, secadoras, pulverizadores, máquinas herramientas en general, compresores, máquinas de trabajo generales.	1.3	1.2	1.4

# SELECCIÓN DE LA CATALINA

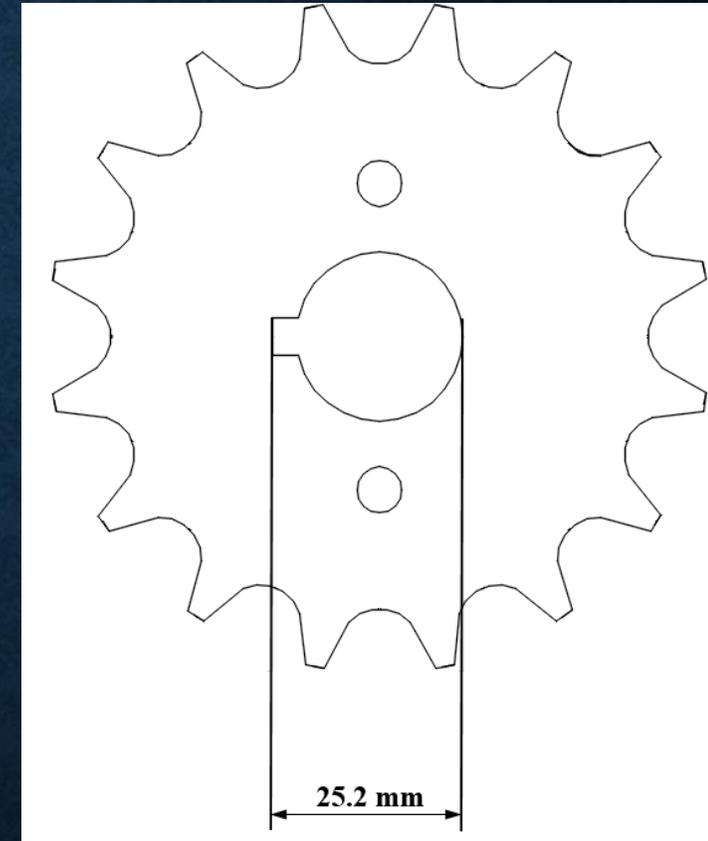
- Catalina conductora: 16 dientes



Diámetro inicial catalina conductora



Diámetro del eje del motor



Diámetro alojamiento del eje final

# CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

Condición inicial.



Desmontaje final.

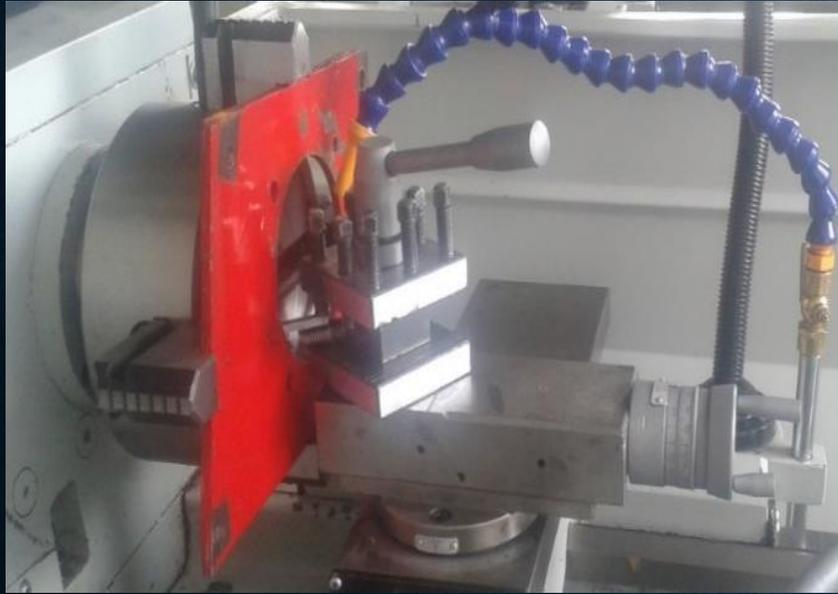


# CONSTRUCCIÓN DE SOPORTE MOTOR.

Material: ASTM A36

Espesor: 8mm

Torneado:



- Cuchilla: Acero rápido.

Perforación:

Para pernos m8, acoplándose al chasis y al motor eléctrico.



Broca de acero rápido : diámetro de corte de broca 13mm

# ADAPTACIÓN Y MAQUINADO DE CATALINAS

- Catalina conductora maquinado en torno:



Cuchilla: Acero rápido.

La catalina conductora, tiene una chaveta de 5 x 3 mm

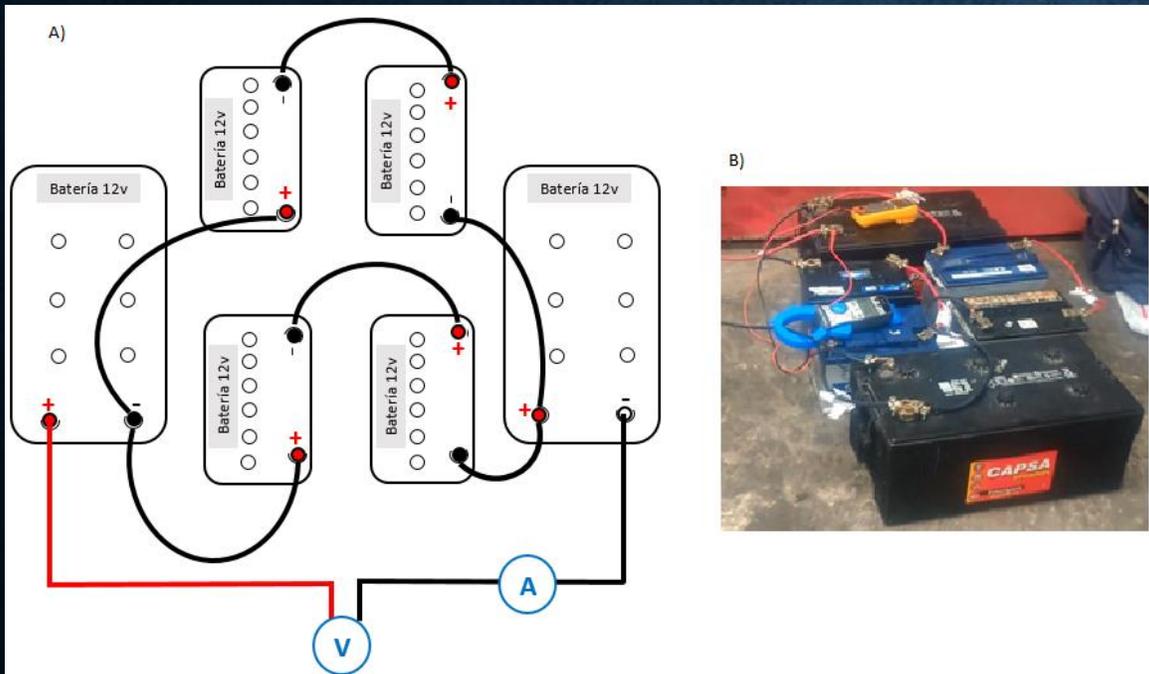
# PROTOTIPO FINALIZADO

- Motor eléctrico HPM-5000.
- Controlador VEC300.
- Acelerador electrónico.
- Asiento.



# EXPERIMENTO, PRUEBA FINAL EN EL DINAMÓMETRO

- Multímetro Digital marca FLUKE serie 115.
- 6 Baterías de Plomo, conectadas en serie y paralelo.
- Pinza amperimétrica modelo 3000A-HP-860N.
- Tensor de cadena de motocicleta serie MOD-1156104296.
- Cable AWG No.6.



# MEDICIONES DE VOLTAJE Y AMPERAJE TOMADAS EN LA PRUEBA FINAL

Primera Prueba:



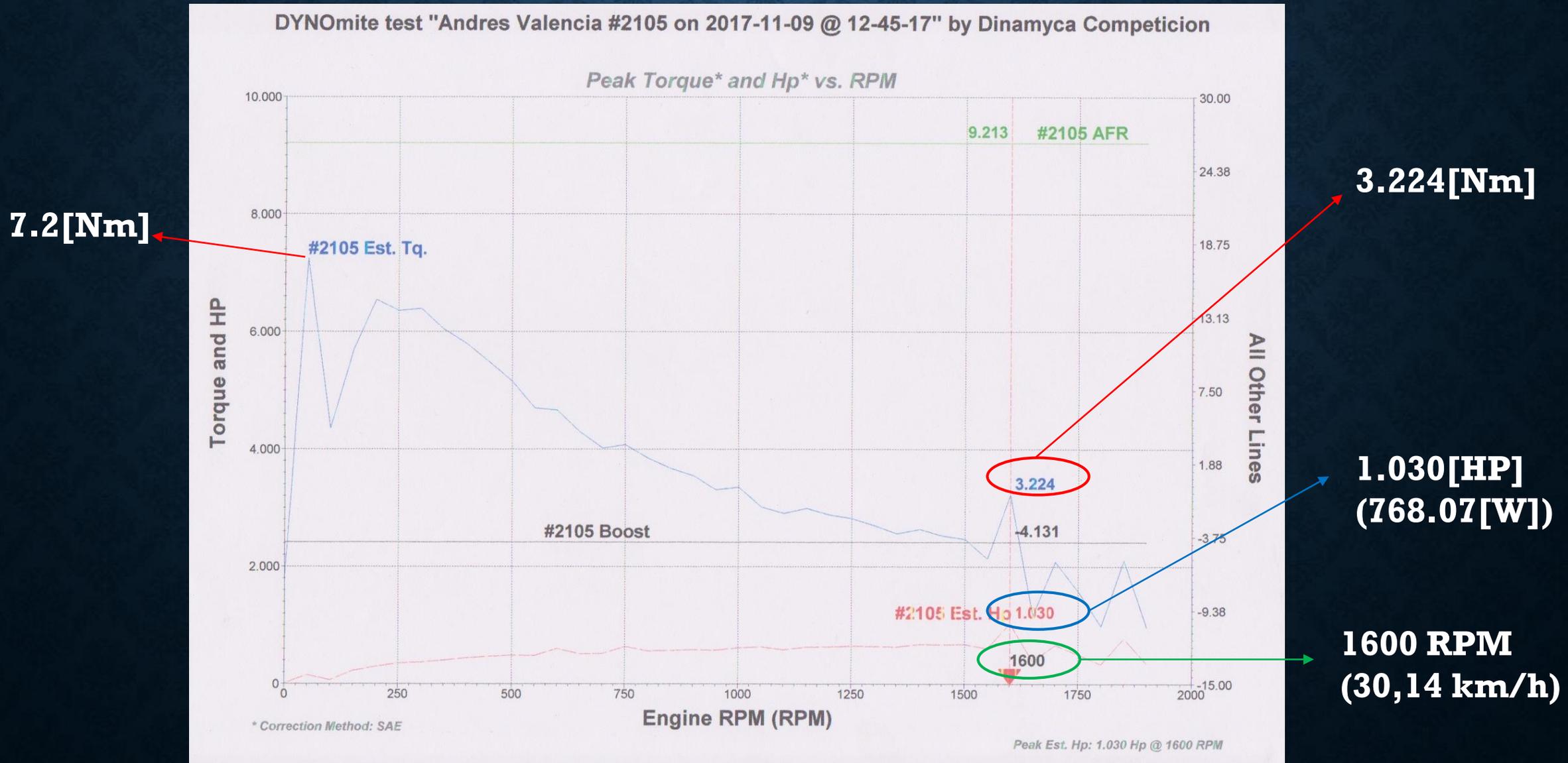
Segunda Prueba:



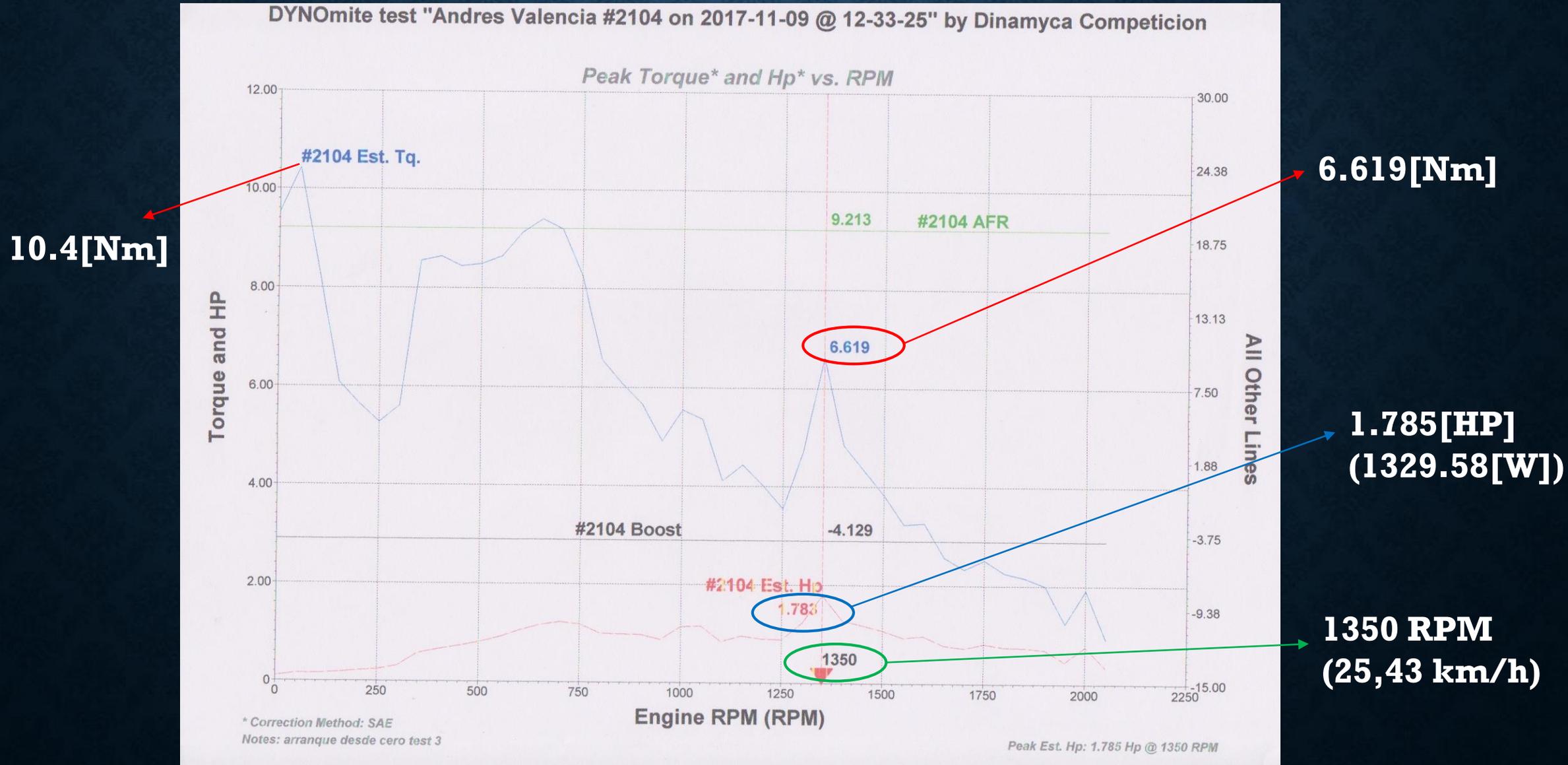
Mediciones	Voltaje (V)	Amperaje (A)
1	48.77	10.7
2	45.13	4.4
3	43.39	8.0

Mediciones	Voltaje (V)	Amperaje (A)
1	43.55	10.8
2	41.21	9.6
3	44.22	8.7

# GRÁFICAS DE TORQUE Y POTENCIA VS. REVOLUCIONES PRIMERA PRUEBA



# GRÁFICAS DE TORQUE Y POTENCIA VS. REVOLUCIONES SEGUNDA PRUEBA



# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## Conclusiones:

- Los resultados en ambas pruebas de torque y potencia obtenidos del gráfico de resultados en el dinamómetro, no son estimables y están por debajo de las características de torque y potencia del motor eléctrico.
- La motocicleta eléctrica sería una iniciativa para reducir la contaminación de la ciudad de Quito.

## Recomendaciones:

- Para mejorar la autonomía del motor, se requiere implementar otro tipo de baterías, como las de Ion-Litio.
- Para las personas que deseen realizar un proyecto similar a este, se le recomienda tomar como referencia el análisis económico de la Tabla 18.

# VIDEO DEMOSTRATIVO DEL EXPERIMENTO FINAL

