



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AUTOMOTRIZ**


**AUTORES: DIEGO ESTALIN HINOJOSA JÁCOME  
DALI ALEJANDRO PIÑA GUAMÁN**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE INGRESO Y SALIDA DE  
GASES DEL MOTOR HONDA CBR600 F4i PARA EL PROTOTIPO FORMULA SAE 2014.**

**DIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO**

**CODIRECTOR: ING. FABIÁN SALAZAR**

**LATACUNGA, ABRIL 2015**

- 
- OBJETIVOS DEL PROYECTO
  - ANTECEDENTES
  - SISTEMAS DE CONTROL DE INGRESO Y SALIDA DE GASES EN MOTORES HONDA CBR600 F4I
  - DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
  - MONTAJE Y PRUEBAS
  - ANÁLISIS DE RESULTADOS
  - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



# OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir el sistema de control de ingreso y salida de gases de un motor Honda CBR600 F4i para el prototipo Formula SAE 2014.

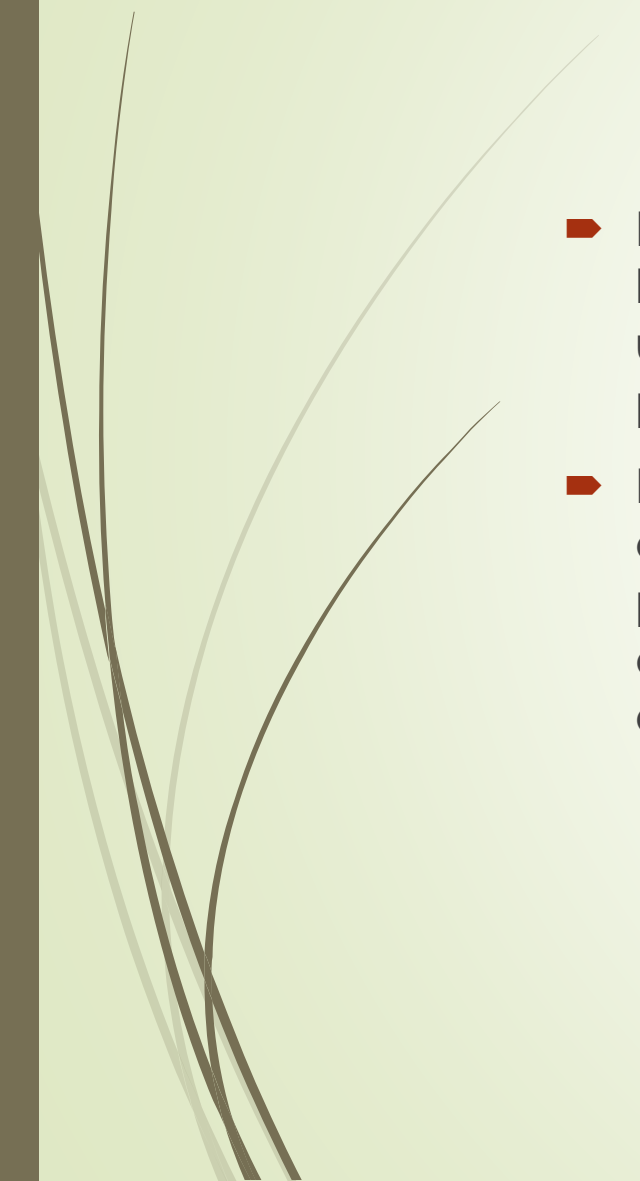


# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ▶ Investigar y recopilar toda la información referente a las especificaciones del reglamento vigente de la Formula SAE-Germany 2014.
- ▶ Analizar resultados experimentales de sistemas de control de ingreso y salida de gases en motores Honda CBR 600 F4i realizadas por investigadores de universidades que han participado en competencias FSAE
- ▶ Diseñar y construir el sistema de control de ingreso de aire que permita reducir al máximo las pérdidas de potencia del motor.
- ▶ Diseñar y construir el sistema de salida de gases de escape que no exceda un nivel de ruido de 110dB.
- ▶ Realizar mediciones del nivel de ruido del motor, además de mediciones de potencia y torque en un banco dinamométrico.
- ▶ Verificar el cumplimiento de las especificaciones referentes a todo el sistema de control de ingreso y salida de gases en la reglamentación de la Formula SAE 2014.



# ANTECEDENTES

- ▶ La FÓRMULA SAE es una competencia patrocinada por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE), la misma que busca enrolar estudiantes universitarios de todas partes del mundo en el diseño, construcción y puesta a punto de un vehículo tipo Formula.
  - ▶ Esta competencia es muy importante para los estudiantes de ingeniería, considerando el cambio de matriz productiva del país que nos impulsa a producir nuestros propios sistemas automotrices utilizando los recursos disponibles que existan en el país. Este cambio a su vez desarrolla el emprendimiento en el área automotriz.
- 



# ANTECEDENTES

- La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga participó en la Formula SAE-Germany, por primera vez en el año 2011. El equipo FESPE fue fundado ese mismo año como un grupo de estudiantes, para asegurar el continuo desarrollo y crecimiento del proyecto.
- El equipo FESPE proporciona un medio para agrupar estudiantes de diferentes disciplinas para que trabajen juntos en la creación de un vehículo prototipo para la competencia Formula SAE.



*Prototipo "COTOPAXI 1" Formula SAE-Germany 2011*



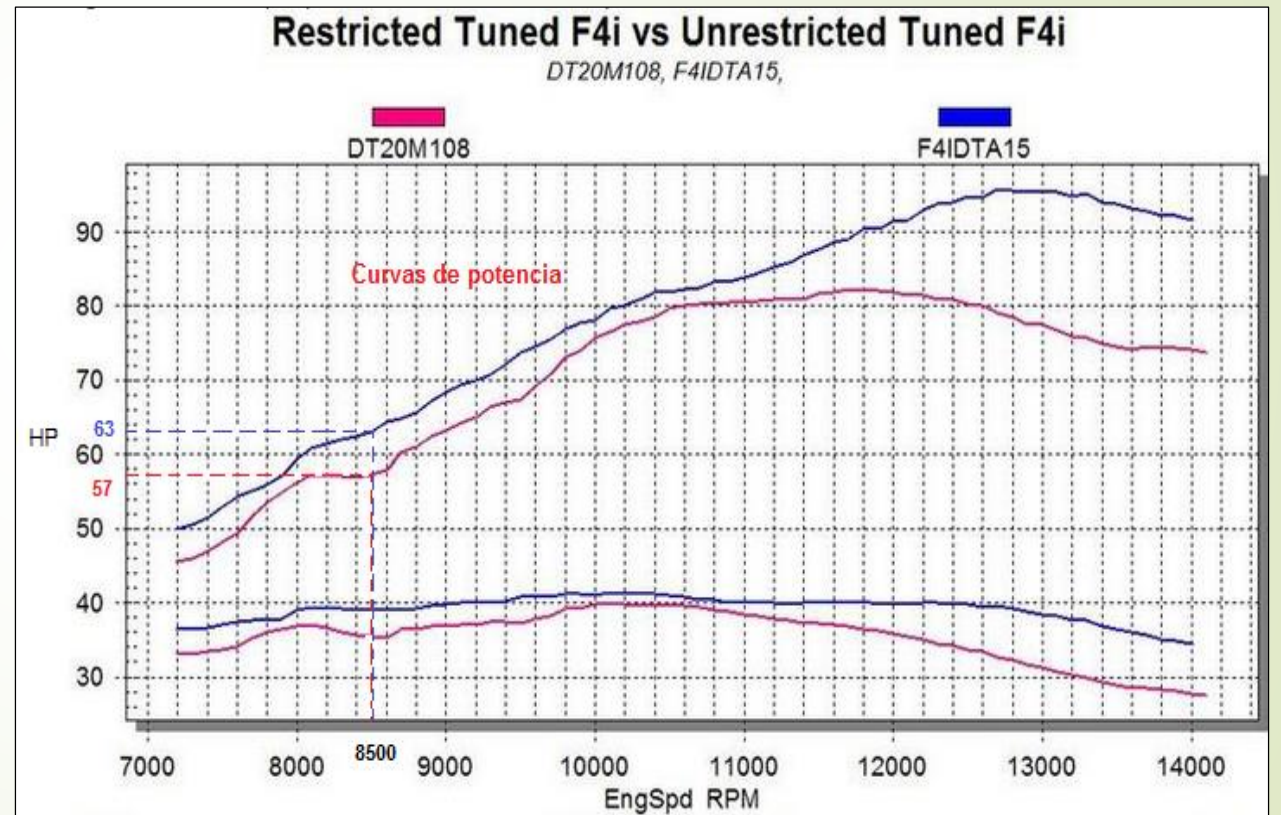
*Prototipo "COTOPAXI 2" Formula SAE-Germany 2012*



*Prototipo "COLIBRI" FORMULA SAE-Germany 2014*

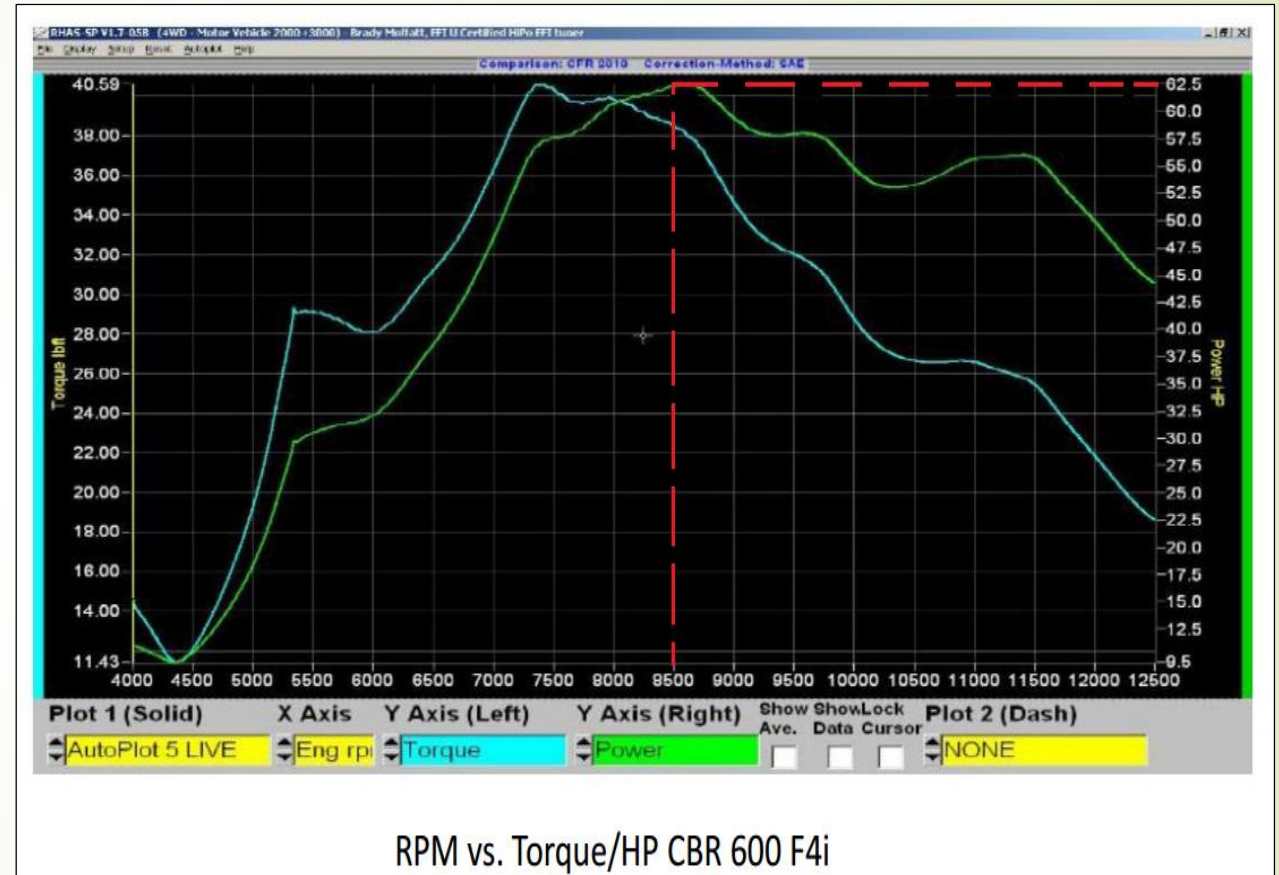
# SISTEMAS DE CONTROL DE INGRESO Y SALIDA DE GASES EN MOTORES HONDA CBR600 F4I

- Según investigadores de la Universidad de Western Washington Formula SAE 2008 un motor Honda CBR 600 F4i sin restricción de aire en la admisión alcanza una potencia de 63 HP a 8500 RPM. Y el mismo motor pero con una restricción de 20 mm de diámetro en su admisión alcanza 57 HP, es decir pierde el 9,5 % de su potencia original. En la figura 2.23 se puede observar las curvas de potencia de un motor con y sin restricción de aire en la admisión.

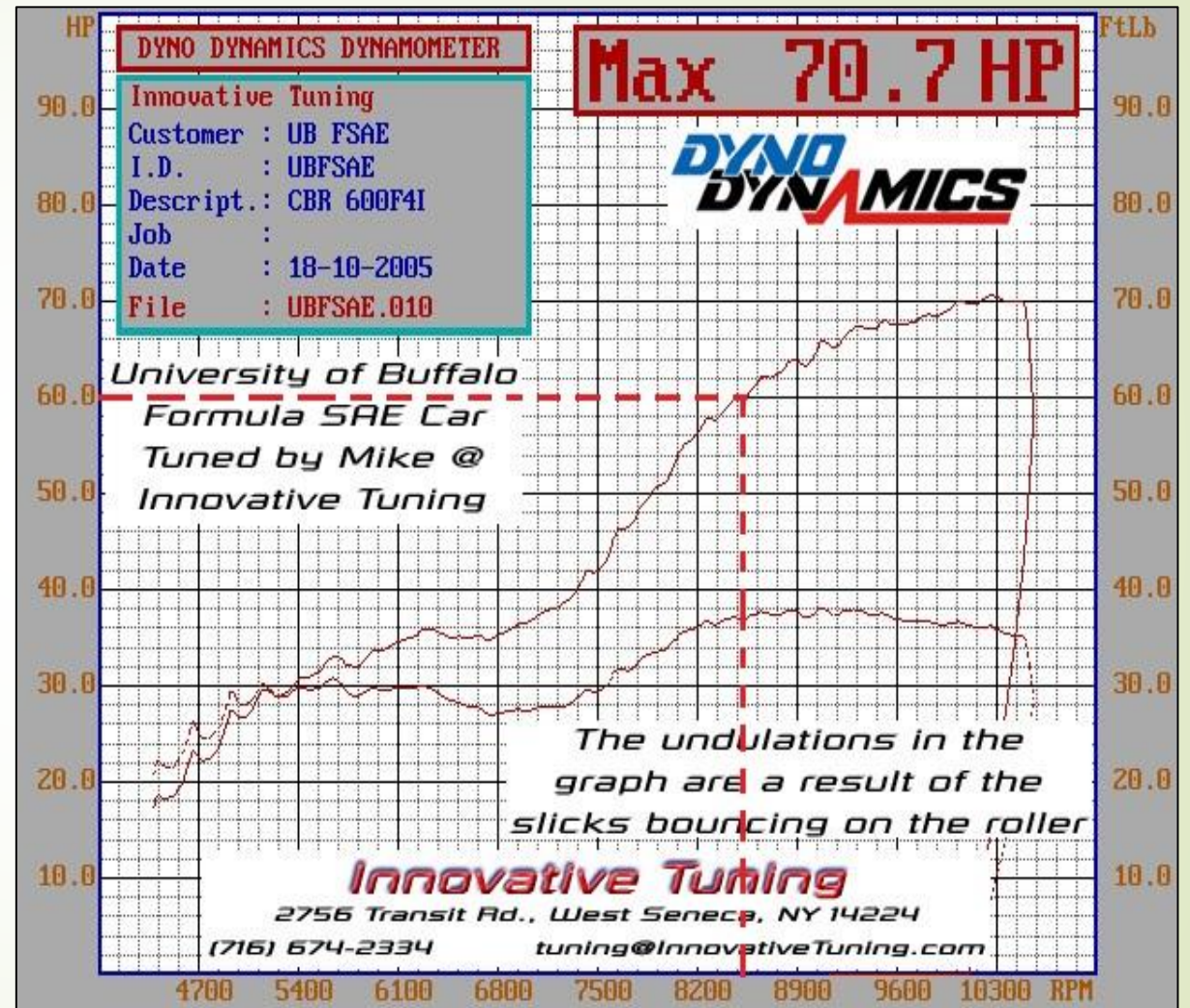






- Según investigadores de la Universidad de la Concordia FSAE 2012, un motor Honda CBR 600 F4i con una restricción de aire de 20mm de diámetro en la admisión, pero con un sistema de control de ingreso de aire que recupera la pérdida de potencia alcanza 62.5 HP a 8500 RPM.



- Según investigadores de la Universidad de Buffalo FSAE 2005, un motor Honda CBR 600 F4i con una restricción de aire de 20mm de diámetro en la admisión, pero con un sistema de control de ingreso de aire que recupera la pérdida de potencia alcanza 60 HP a 8500 RPM



- 
- Si se comparan los resultados de los investigadores de la Universidad de la Concordia FSAE 2012 con los de la Universidad Western Washington Formula SAE 2008 y la Universidad de Buffalo FSAE 2005, se tiene que un sistema de control de ingreso de aire recupera la pérdida de potencia de un motor Honda CBR 600 F4i en un promedio de 7.46 % en relación a un motor con restricción de aire de 20mm de diámetro en la admisión pero sin ningún sistema que recupere su potencia original.



## Resultados experimentales de sistemas de control de ingreso y salida de gases en motores Honda CBR 600 F4i.

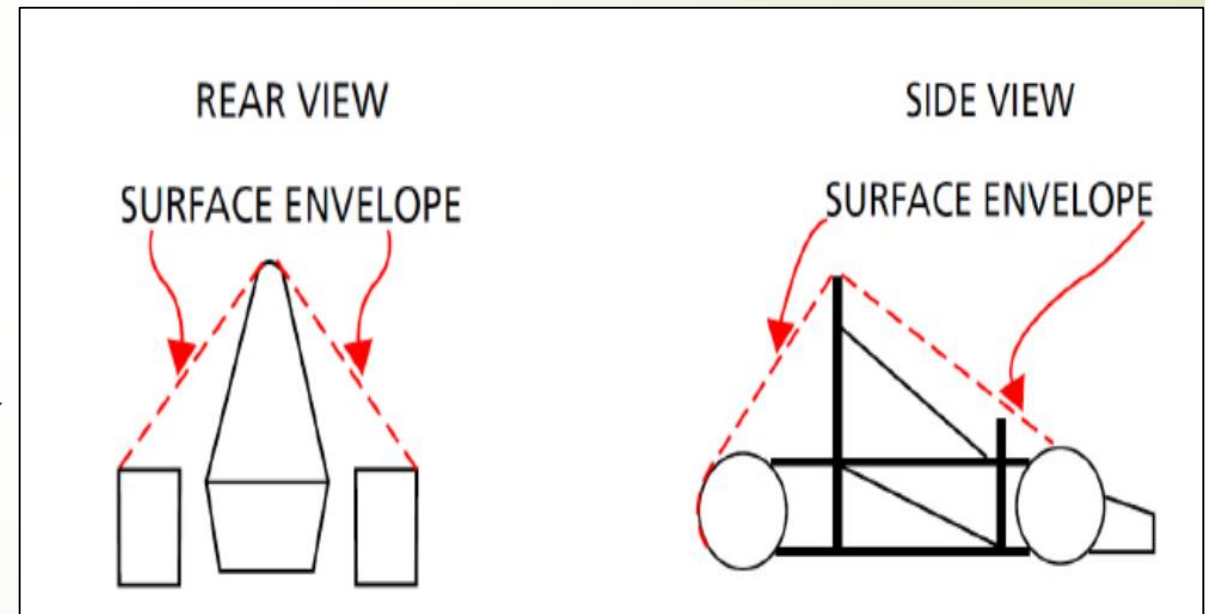
INVESTIGADORES	POTENCIA ALCANZADA A 8500 RPM CON UNA RESTRICCIÓN DE 20MM DE DIÁMETRO EN LA ADMISIÓN (HP)
Universidad Western Washington	57
Universidad de la Concordia	62.5
Universidad de Buffalo	60



# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

# LIMITACIONES DEL SISTEMA DE CONTROL DE INGRESO DE AIRE IMPUESTAS POR LA FSAE 2014

- ▶ El sistema de admisión no debe exceder la envolvente de la parte superior, "main roll hoop" y los cuatro neumáticos.
- ▶ Límite máximo para la ubicación de todo el sistema de admisión. Fuente: Reglamento de la FSAE 2014
- ▶ El colector de admisión tiene que fijarse mecánicamente al bloque del motor o de la culata.
- ▶ El aire que entra en el motor tiene que pasar a través de un restrictor de 20 mm de diámetro.
- ▶ El acelerador tiene que ser accionado mecánicamente por un sistema de cable o varilla
- ▶ El sistema de accionamiento del acelerador debe tener al menos dos muelles de retorno para evitar que el estrangulador se quede abierto.



# LIMITACIONES DEL SISTEMA DE SALIDA DE GASES IMPUESTAS POR LA FSAE 2014

- ▶ El sistema de escape se debe colocar de forma que el conductor no se exponga a los gases de escape a cualquier velocidad.
- ▶ La salida(s) de escape no debe extenderse más de 45 cm (17,7 pulgadas) detrás de la línea central del eje trasero, y será de no más de 60 cm (23,6 pulgadas) por encima del suelo.
- ▶ Cualquiera de los componentes de escape (cabeceras, silenciadores, etc.) que sobresalen lateralmente fuera del "Main Roll Hoop" deben estar cubiertos para evitar el contacto con las personas que se acercan al vehículo o el mismo conductor que sale del vehículo.
- ▶ El nivel máximo de ruido será de 110dB.

# DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE INGRESO DE AIRE

- ▶ El cuerpo de aceleración tipo mariposa consiste en una placa de aceleración redonda que gira en el interior del cuerpo del acelerador permitiendo el paso de aire en forma lineal. Su accionamiento es mecánico por sistema de cable y tiene dos muelles de retorno para el cierre del estrangulador.
- ▶ Para el cálculo del diámetro interno del cuerpo de aceleración en función de las características del motor se utiliza la ecuación 1.

$$TB = \sqrt{\frac{154 * \#Cil * s * RPM@Max HP * b^2}{67547}}$$



Donde:

TB= Diámetro interno del cuerpo de aceleración (mm)

Cil = Número de cilindros del motor

s = Carrera del cilindro (in)

RPM@Max HP= Revoluciones a las que el motor alcanza su potencia máxima

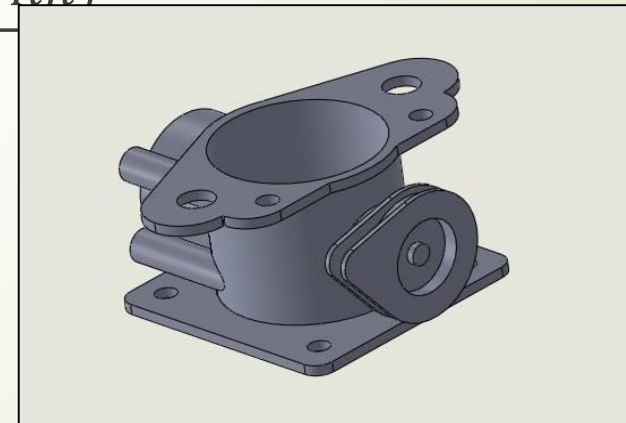
b = Diámetro del cilindro (in)

$$TB = \sqrt{\frac{154 * 4 * 1,67in * 13500rpm * (2,64in)^2}{67547}}$$

$$TB = \sqrt{\frac{96791853,31}{67547}}$$

$$TB = \sqrt{1432,955}$$

$$TB = 37,85 \text{ mm}$$



Del cálculo anterior podemos determinar que el diámetro interno óptimo para el



# DIFUSOR

- Todo el aire que entra en el motor debe pasar a través de un limitador de 20mm de diámetro según el reglamento de la Formula SAE.
- El objetivo es diseñar el difusor de tal manera que se minimice la caída de presión entre la entrada y la salida. Esto facilitará una mejor carga del pleno y en consecuencia aumentará la cantidad de aire que entra en los cilindros

# CÁLCULO DEL FLUJO MÁSIICO DE AIRE A TRAVÉS DEL DIFUSOR

$$\dot{m} = CA \sqrt{K * \rho * P \left( \frac{2}{K + 1} \right)^{(K+1)/(K-1)}}$$

Donde:

$\dot{m}$  = Flujo másico ( $\frac{\text{kg}}{\text{s}}$ )

C = Coeficiente de descarga

A = Área de la sección transversal ( $\text{m}^2$ )

k =  $\frac{c_p}{c_v}$  del gas

C<sub>p</sub> = Calor específico del gas a presión constante

C<sub>v</sub> = Calor específico del gas a volumen constante

$\rho$  = Densidad del gas real en P y T ( $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ )

P = Presión absoluta de gas de entrada (Pa)

# CÁLCULO DEL FLUJO MÁSIICO DE AIRE A TRAVÉS DEL DIFUSOR

Datos:

$\dot{m} = ?$

$C = 1$  (valor constante)

$A = 3,142 \times 10^{-4} \text{m}^2$

$k = 1.4$  (según tablas)

$\rho = 0,876 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  (@  $T = 10.5^\circ\text{C} \wedge H = 96\%$ )

$P = 71770 \text{Pa}$  (a 2800 m.s.n.m.)

$$\dot{m} = CA \sqrt{K * \rho * P \left( \frac{2}{K+1} \right)^{(K+1)/(K-1)}}$$

$$\dot{m} = 1 \times 3,142 \times 10^{-4} \text{m}^2 \sqrt{1,4 * 0,876 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 71770 \text{Pa} \left( \frac{2}{1,4+1} \right)^{(1,4+1)/(1,4-1)}}$$

$$\dot{m} = 3,142 \times 10^{-4} \text{m}^2 \sqrt{1,4 * 0,876 * 71770 (0,83)^6 \frac{\text{kg}^2}{\text{m}^4 \text{s}^2}}$$

$$\dot{m} = 3,142 \times 10^{-4} \text{m}^2 \times 270,83 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{m} = 0,085 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

# CÁLCULO DEL CAUDAL DE AIRE A TRAVÉS DEL DIFUSOR

$$Q_{\max} = \frac{\dot{m}}{\rho}$$

Donde:

$$Q_{\max} = \text{Caudal máximo } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$$

$$\dot{m} = \text{Flujo másico } \left(\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right)$$

$$\rho = \text{Densidad del gas } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$$

Datos:


$$Q_{\max} = ?$$

$$\dot{m} = 0,085 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\rho = 0,876 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

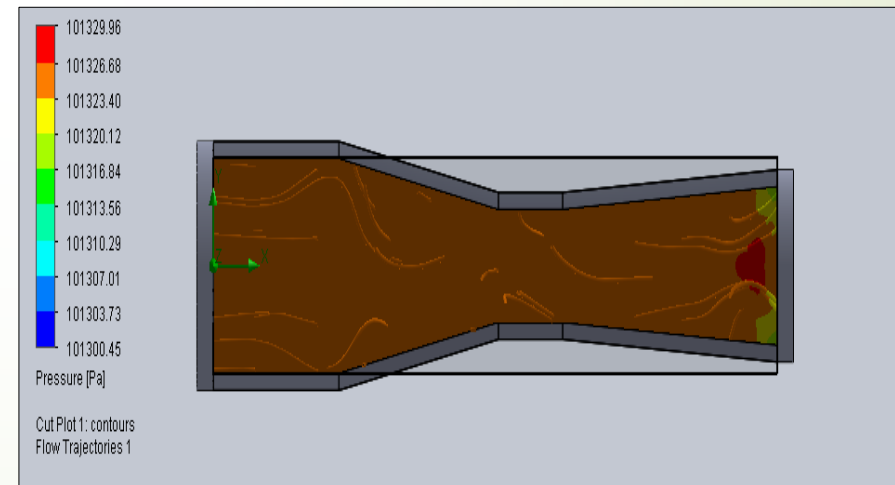
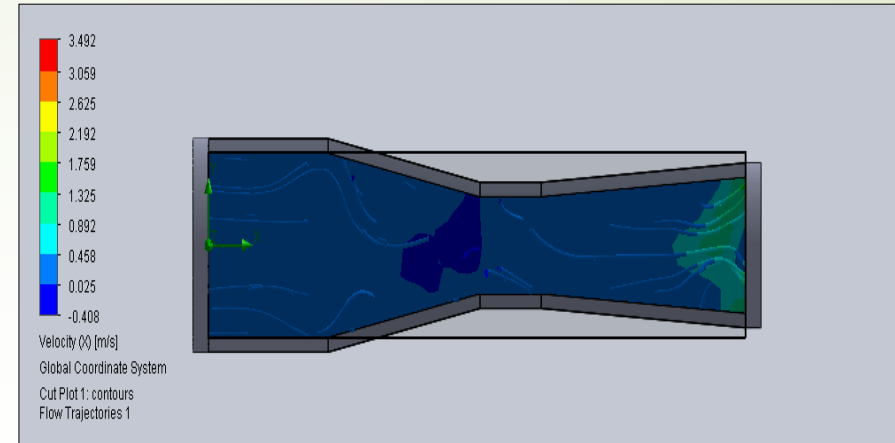
$$Q_{\max} = \frac{\dot{m}}{\rho}$$
$$Q_{\max} = \frac{0,085 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{0,876 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$
$$Q_{\max} = 0,097 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$



- 
- ▶ En las siguientes figuras se puede observar el comportamiento de la velocidad y presión del aire a la salida del difusor, como se puede notar la caída es mínima, lo que es muy ventajoso porque de esta manera se logra reducir en gran medida la pérdida de presión que se genera en la parte más angosta de la sección que es donde se encuentra la restricción de 20mm, esto se consigue debido a que el ángulo de salida de 7 grados no permite que el aire se separe inmediatamente de las paredes luego de pasar por la restricción, sino que lo hace en forma gradual.

En la figura se observa el comportamiento de la velocidad del aire que fluye a través del difusor. La parte de color azul representa el correcto flujo de aire, mientras que la parte de color verde representa la sección en donde existe un incremento de la velocidad del flujo de aire.

- ➔ En la figura anterior se observa el comportamiento de la presión del aire dentro de difusor. La parte de color marrón representa la uniformidad de presión tanto a la entrada como a la salida, mientras que la parte de color rojo representa la sección en donde existe un leve incremento de presión. La parte de color amarilla indica una caída presión.





- Definido el ángulo de salida de 7 grados en el interior del difusor tipo Venturi, se establece el diseño final mostrado en la figura



# COLECTOR DE ADMISIÓN

- El diseño del colector de admisión se puede observar en la figura



# CONDUCTOS DE ADMISIÓN

La velocidad de funcionamiento ideal del motor se ha determinado que está entre 8.000 RPM a 10.000 RPM. Los conductos de admisión están sintonizados para 8500 RPM.

## CÁLCULO DEL DIÁMETRO ÓPTIMO DE LOS CONDUCTOS DE ADMISIÓN

$$D_{\text{run}} = \sqrt{\frac{(\text{RPM}_{\text{PK}})(VH)(VE)}{3330}}$$

Donde:

$D_{\text{run}}$  =Diámetro de los conductos de admisión en pulgadas

$\text{RPM}_{\text{PK}}$  =RPM a las que se quiere obtener el máximo torque

$VH$  =Cilindrada del motor en litros

$VE$  =Eficiencia volumétrica en porcentaje %

3330 =Factor de conversión

# CONDUCTOS DE ADMISIÓN

Datos:

$D_{\text{run}} = ?$

$\text{RPM}_{\text{PK}} = 8500\text{RPM}$

$VH = 0.6\text{lt}$

$VE = 95\%$

3330 = Factor de conversión

$$D_{\text{run}} = \sqrt{\frac{(8500 \text{ RPM})(0.6\text{lt})(0.95)}{3330}}$$

$$D_{\text{run}} = 1.2\text{in}$$

$$D_{\text{run}} = 30.64\text{mm}$$

El diámetro óptimo mínimo de los conductos de admisión es de 30.64mm a 8500 RPM con una eficiencia volumétrica del 95%

## CÁLCULO DE LA LONGITUD ÓPTIMA DE LOS CONDUCTOS DE ADMISIÓN

$$L_{run} = \frac{84000}{N}$$

Donde:

$L_{run}$  = Longitud óptima de los conductos de admisión desde el pleno hasta la cabeza de las válvulas en pulgadas

N = RPM a las que se quiere obtener el máximo torque

84000 = Factor de conversión

Datos:

$L_{run} = ?$

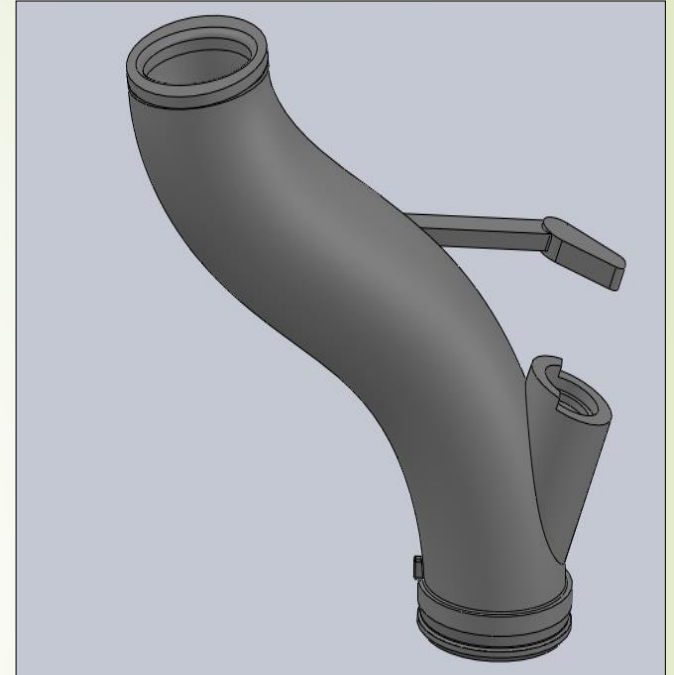
N = 8500 RPM

84000 = Factor de conversión

$$L_{run} = \frac{84000}{8500\text{RPM}}$$

$$L_{run} = 9.88\text{in}$$

$$L_{run} = 251.01\text{mm}$$



La longitud óptima mínima de los conductos de admisión es de 251.01mm a 8500 RPM.

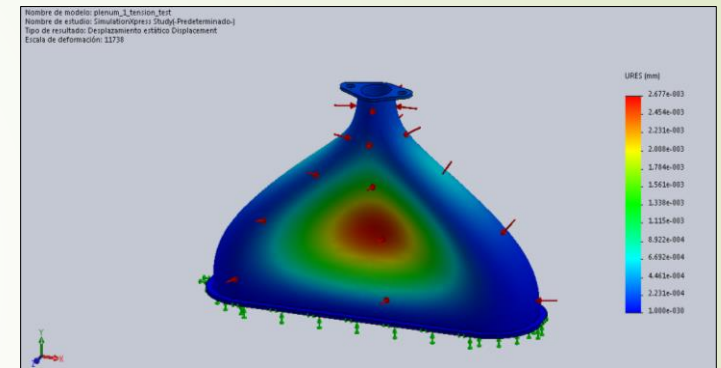
Se ha utilizado una longitud de conductos de admisión de 251mm para el colector a 8500RPM. Se debe tomar en cuenta que la longitud óptima de los conductos de admisión calculada comprende desde el pleno hasta la cabeza de las válvulas.

Un conducto de paso mecanizado en el bloque del motor de 73 mm de largo conecta desde el asiento de la válvula de admisión hasta el exterior del bloque.

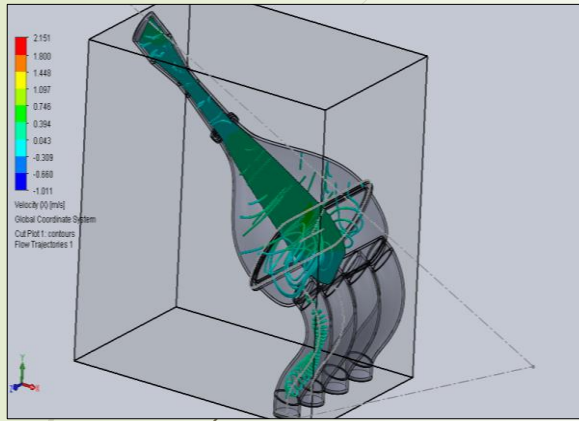
Por lo tanto, la longitud total del conducto de admisión que se mecanizó fue de 178mm desde el block del motor hasta el pleno. En la figura 11 se puede observar el diseño final de los conductos de admisión.

# PLENO

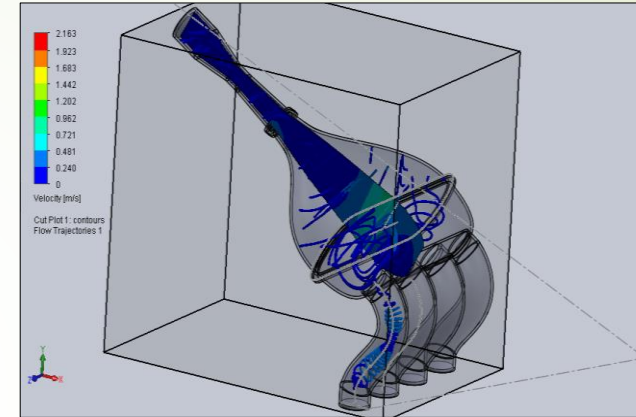
- ▶ El pleno se diseña para tener una transición suave desde la parte del difusor al resto del colector de admisión, esto ayuda a mejorar el flujo a los cilindros.
- ▶ La presión dentro del pleno tiene la tendencia a desviar las paredes planas, esto plantea la necesidad de determinar cuáles son las partes más críticas del pleno.
- ▶ Para entender este efecto se realiza una simulación en SolidWorks que muestra una gran cantidad de deflexión en las paredes bajo las condiciones normales de presión del colector. Los resultados se pueden ver en la figura



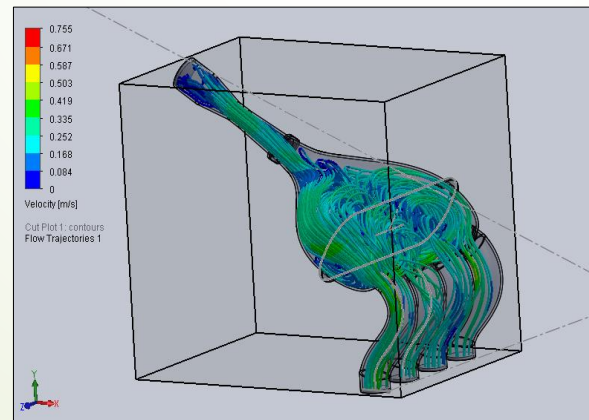
# CÁLCULO DEL VOLUMEN ÓPTIMO DEL PLENO



Comportamiento del flujo de aire con un volumen del pleno de 3.5 lt



Comportamiento del flujo de aire con un volumen del pleno de 4.5 lt

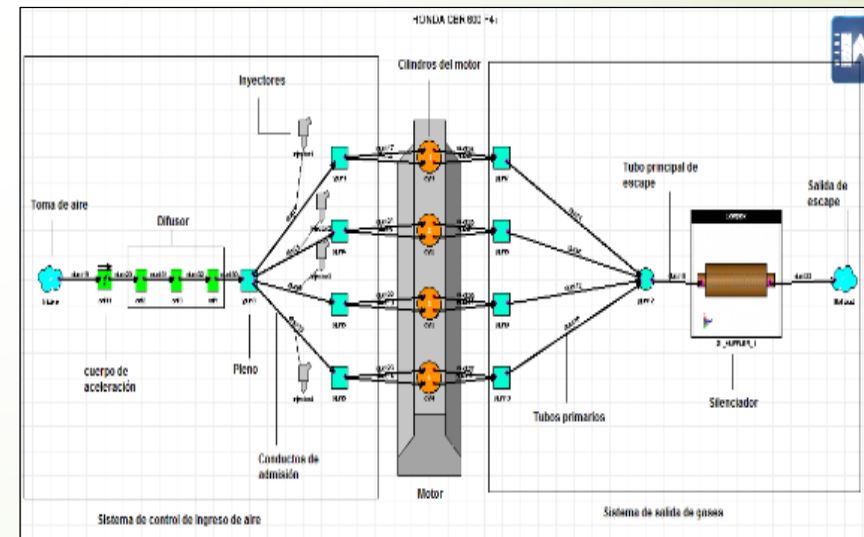


Comportamiento del flujo de aire con un volumen del pleno de 5.5 lt

- En la prueba se determinó que mientras menor es el volumen del pleno la respuesta de aceleración es más rápida, sin embargo ahora tenemos que determinar cuál es el menor volumen que nos asegure la suficiente cantidad de aire en cada ciclo de admisión, para esto se utiliza el programa Ricardo WAVE

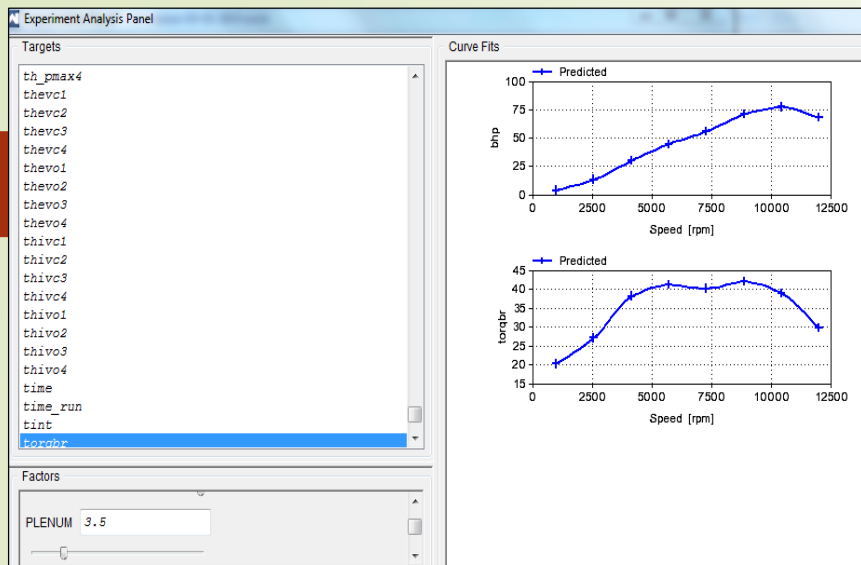
## PROGRAMA RICARDO WAVE

Diámetro de los conductos de admisión	30.64mm
Longitud de los conductos de admisión	251mm
Ángulo de salida del difusor	7 grados
Diámetro del orificio del cuerpo de aceleración	38mm
Distancia del inyector a la cabeza de la válvula de admisión	61mm

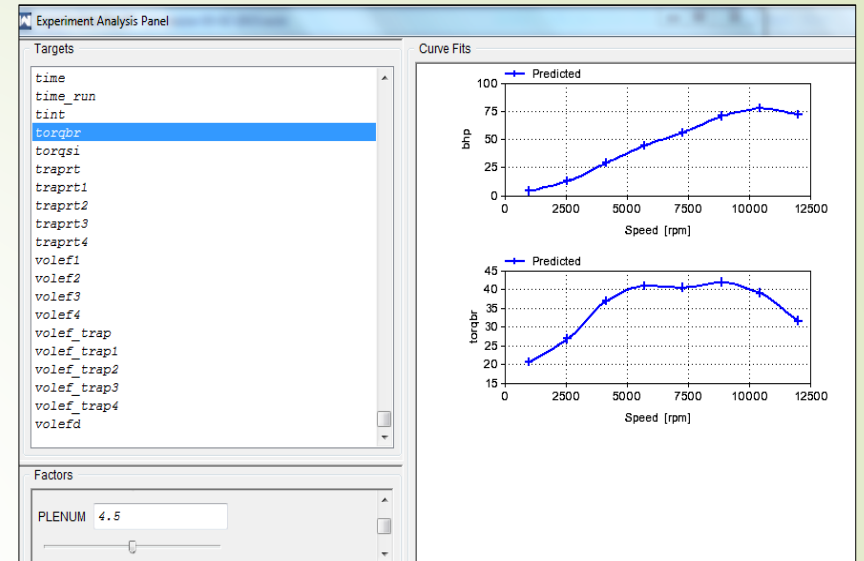


Modelación del motor CBR 600 F4i junto con el sistema de ingreso y salida de gases en el programa Ricardo Wave

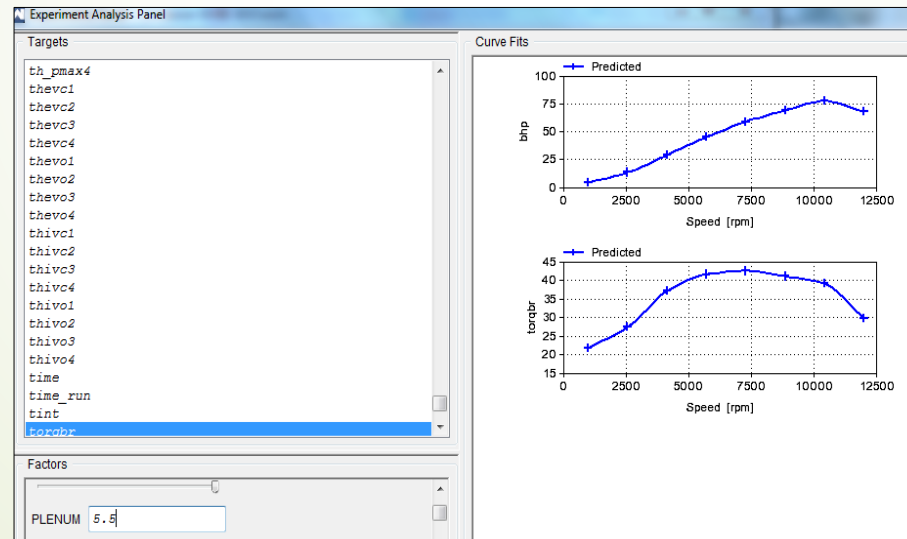





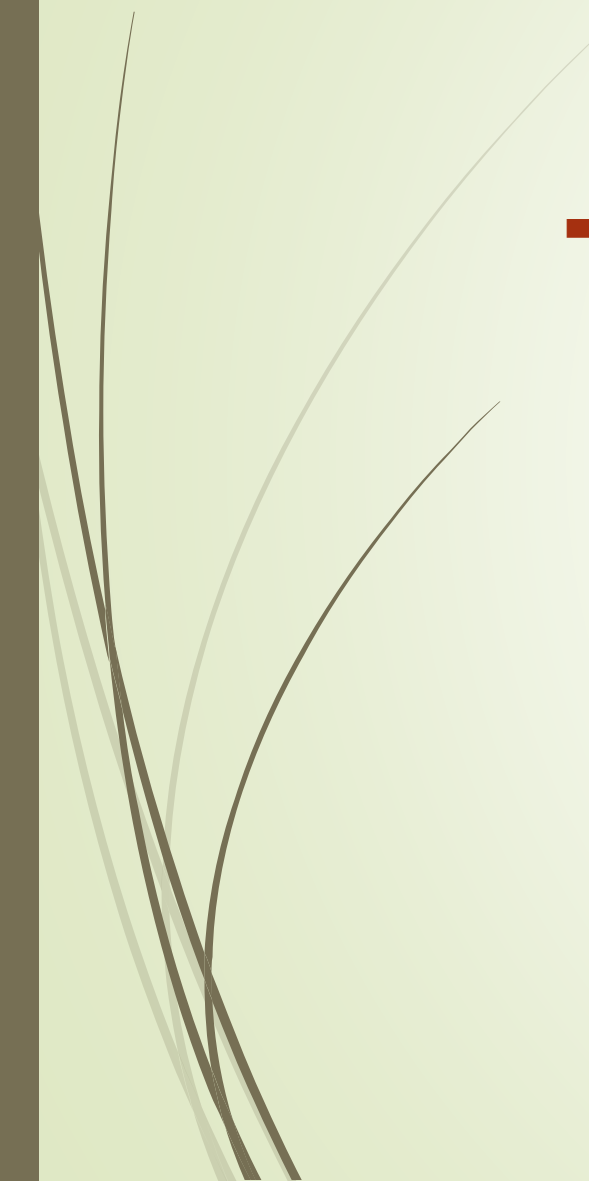
Curvas de torque y potencia con un volumen del pleno de 3.5lt



Curvas de torque y potencia con un volumen del pleno de 4.5lt



Curvas de torque y potencia con un volumen del pleno de 5.5lt

- 
- 
- Después de analizar los tres casos que se puso a consideración, se ha determinado que a 8500 RPM el volumen del pleno que genera mayor torque y potencia es de 4.5lt.

# LIMITACIONES DEL SISTEMA DE SALIDA DE GASES IMPUESTAS POR LA FSAE 2014

- ▶ El sistema de escape se debe colocar de forma que el conductor no se exponga a los gases de escape a cualquier velocidad.
- ▶ La salida(s) de escape no debe extenderse más de 45 cm (17,7 pulgadas) detrás de la línea central del eje trasero, y será de no más de 60 cm (23,6 pulgadas) por encima del suelo.
- ▶ Cualquiera de los componentes de escape (cabeceras, silenciadores, etc.) que sobresalen lateralmente fuera del "Main Roll Hoop" deben estar cubiertos para evitar el contacto con las personas que se acercan al vehículo o el mismo conductor que sale del vehículo.
- ▶ El nivel máximo de ruido será de 110dB.

# DISEÑO DEL SISTEMA DE SALIDA DE GASES

La velocidad de funcionamiento ideal del motor se ha determinado que está entre 8.000 RPM a 10.000 RPM. Los tubos están sintonizados para 8500 RPM.

## ► Tubos primarios

Longitud

$$P = \frac{850 * ED}{rpm} - 3$$

Donde:

P= longitud de los tubos primarios (in)

ED= 180 + grados que se abre la válvula antes del PMI  
(Punto muerto inferior)

RPM= revoluciones del motor (rpm)

# DISEÑO DEL SISTEMA DE SALIDA DE GASES

- Longitud de los tubos primarios

Datos:

P=?

ED= 180 + 38 (según el manual del motor)

RPM= 8500

$$P = \frac{850 * 218\text{grados}}{8500\text{rpm}} - 3$$

$$P = 18,8 \text{ in}$$

$$P = 477,52\text{mm}$$

# DISEÑO DEL SISTEMA DE SALIDA DE GASES

- ▶ Diámetro interno de los tubos primarios

$$ID = \sqrt{\frac{cc}{(P + 3) * 25}} * 2,1$$

Donde:

ID= diámetro interno de los tubos primarios (in)

cc= cilindrada de cada cilindro (cc)

P= longitud de los tubos primarios (in)

# DISEÑO DEL SISTEMA DE SALIDA DE GASES

- Diámetro interno de los tubos primarios

Datos:

ID=?

cc= 149.75 cc (según manual del motor)

P=18.8 in

$$ID = \sqrt{\frac{149,75cc}{(18,8in + 3) * 25}} * 2,1$$

$$ID = 1,19 \text{ in}$$

$$ID = 30,22 \text{ mm}$$

Considerando el incremento del 10% al diámetro el resultado es 33,2mm, es decir será necesario usar tubo de acero al carbono de 1,5 in con 2mm de espesor, que tiene un diámetro interno de 34,1mm.

# DISEÑO DEL SISTEMA DE SALIDA DE GASES

- ▶ Longitud del tubo de escape principal

Donde:

TL= longitud del tubo de escape (in)

P= longitud de los tubos primarios (in)

Datos:

TL= ?

P= 18,8in

$$TL = P + 3$$

$$TL = 18,8in + 3$$

$$TL = 21,8 \text{ in}$$

$$TL = 553,72 \text{ mm}$$



# DISEÑO DEL SISTEMA DE SALIDA DE GASES

- ▶ Diámetro interno del tubo de escape principal

$$ID3 = \sqrt{\frac{cc * 2}{(P + 3) * 25}} * 2$$

Donde:

ID3= diámetro interno del tubo de escape (in)

cc= cilindrada de cada cilindro (cc)

# DISEÑO DEL SISTEMA DE SALIDA DE GASES

- Diámetro interno del tubo de escape principal

Datos:

ID3=?

cc= 149.75cc

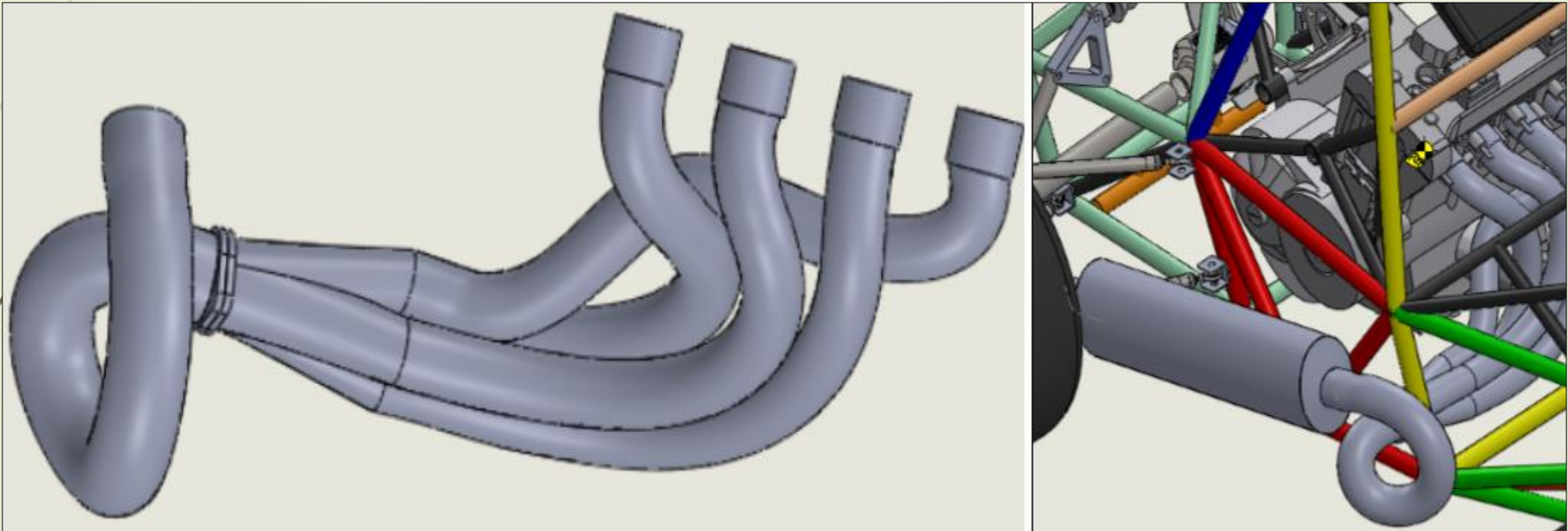
P=18.8in

$$ID3 = \sqrt{\frac{149,75cc * 2}{(18,8in + 3) * 25}} * 2$$

ID3 = 1,55 in  
ID3 = 39,54 mm

Considerando el incremento del 10% al diámetro el resultado es 43,49mm, es decir será necesario usar tubo de acero al carbono de 2 in con 2mm de espesor, que tiene un diámetro interno de 46,8mm, que es el valor más próximo al calculado.

# DISEÑO DEL SISTEMA DE SALIDA DE GASES



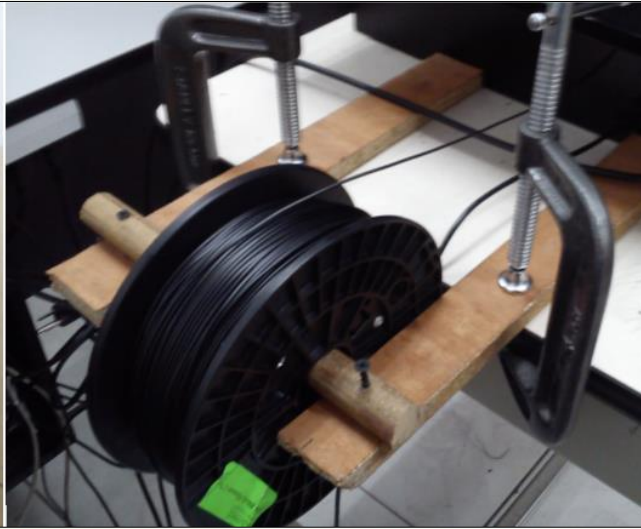
# CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE INGRESO DE AIRE

- Cuerpo de aceleración



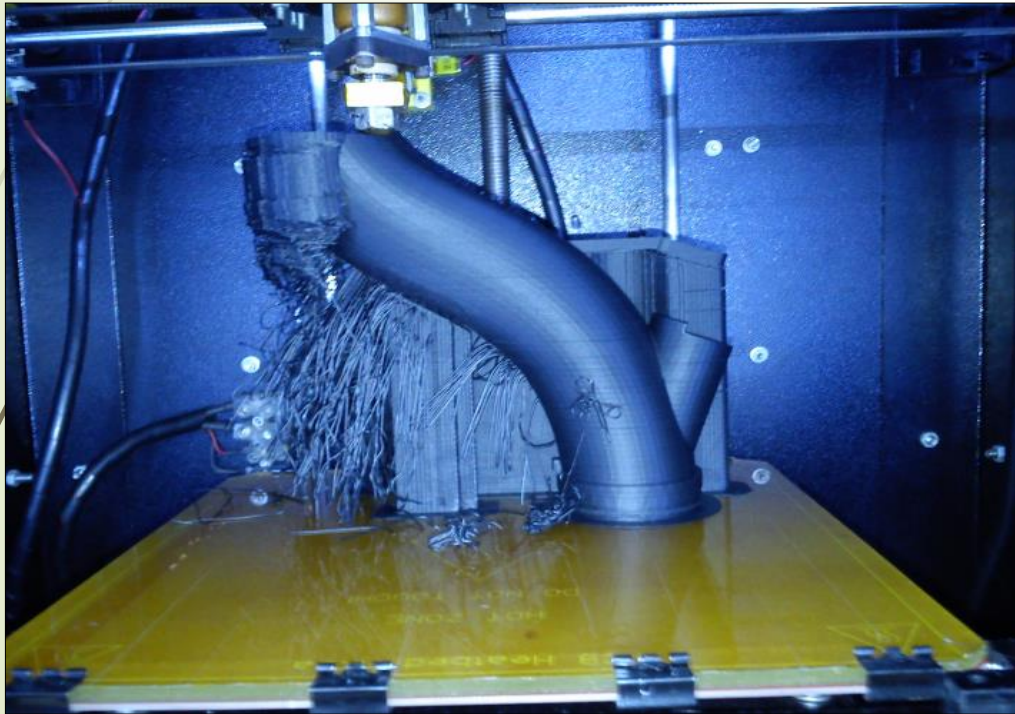
# CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE INGRESO DE AIRE

➤ Difusor



# CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE INGRESO DE AIRE

➤ Conductos de admisión



# CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE INGRESO DE AIRE

➤ Pleno Superior



# CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE INGRESO DE AIRE

## ► Pleno Inferior





# CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE INGRESO DE AIRE

- Verificación de acoplamiento en el motor



# CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE INGRESO DE AIRE

➤ Pintado



# CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE SALIDA DE GASES

➤ Tubos primarios



# CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE SALIDA DE GASES

- Colector de escape



# CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE SALIDA DE GASES

- Múltiple de escape



# CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE SALIDA DE GASES

➤ Tubo de escape principal



# CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE SALIDA DE GASES

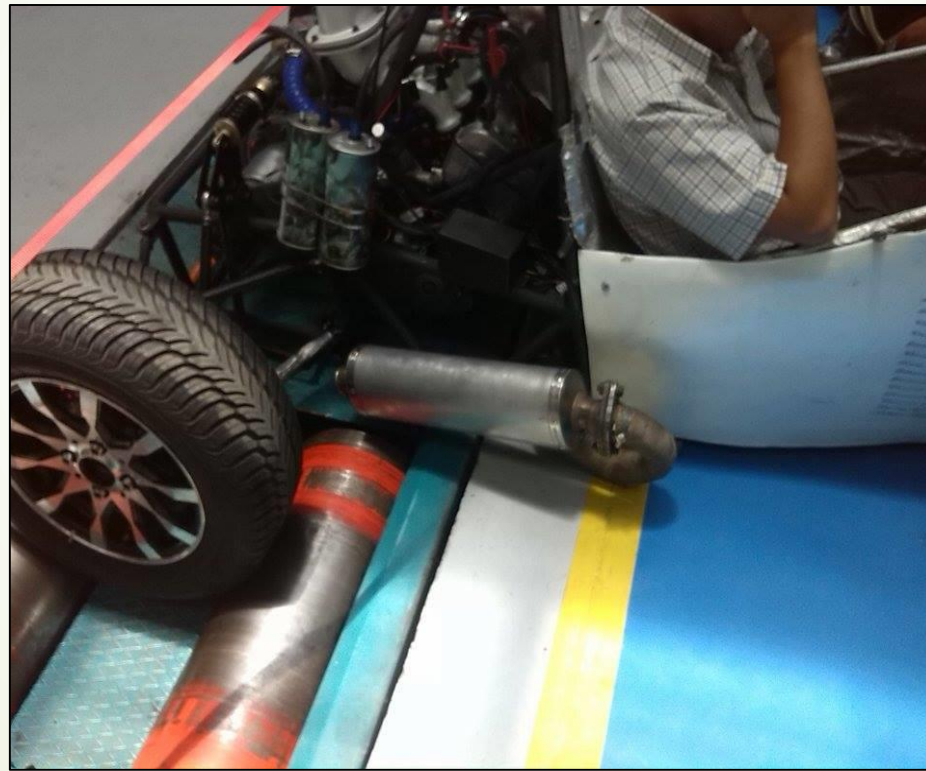


# MONTAJE DEL SISTEMA DE CONTROL DE INGRESO DE AIRE





# MONTAJE DEL SISTEMA DE SALIDA DE GASES



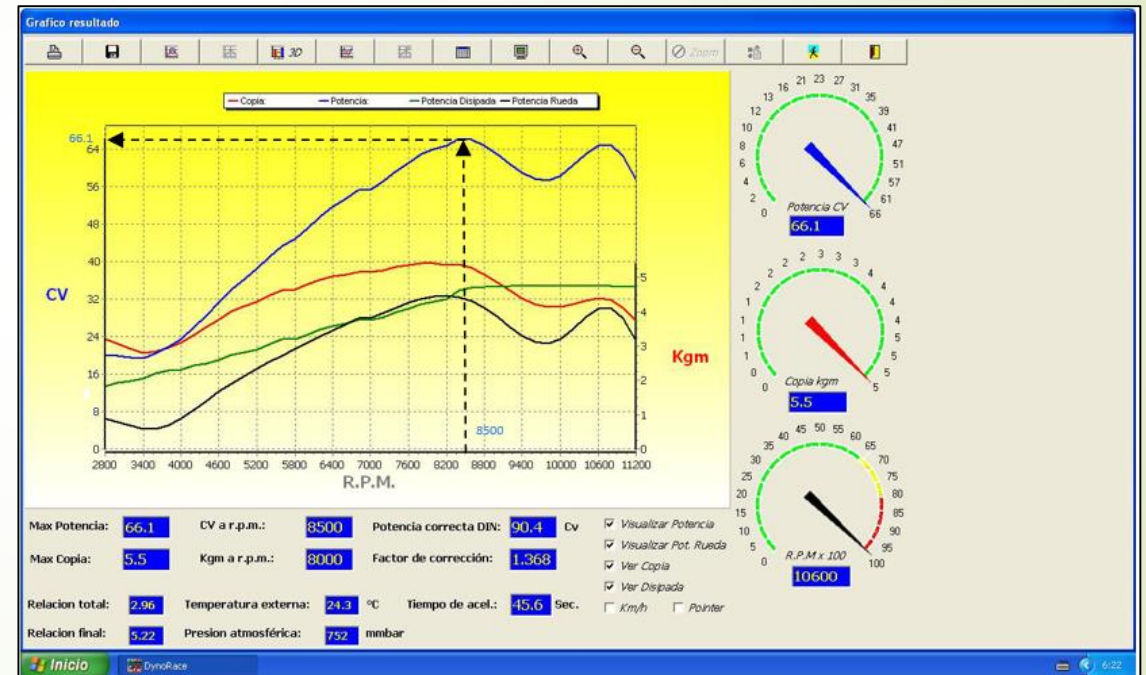
# PRUEBAS

## ➔ RUIDO



# PRUEBAS

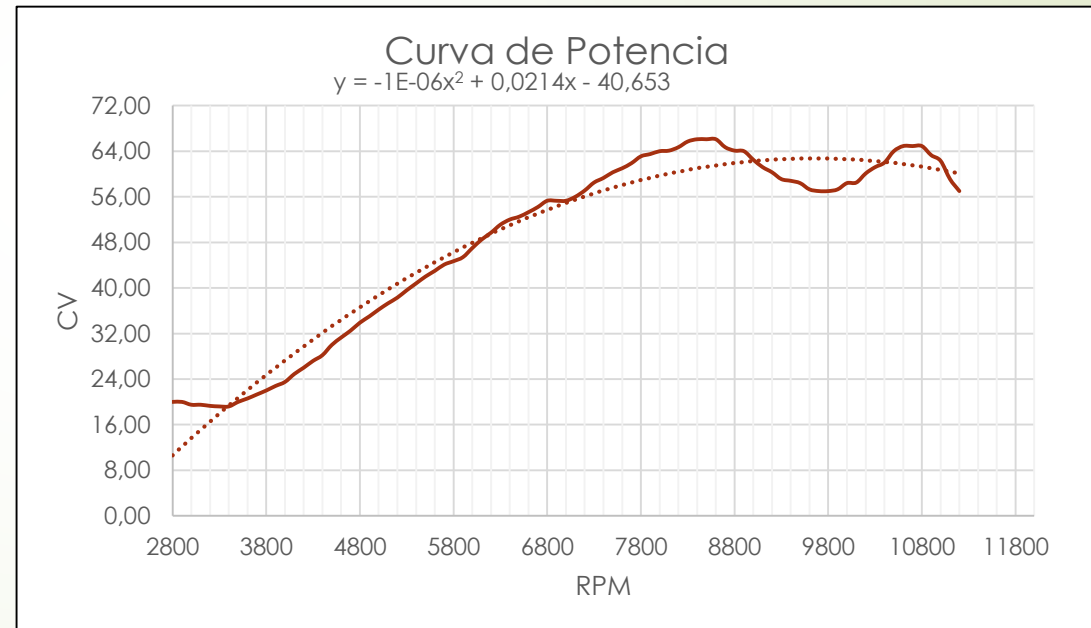
## ➔ POTENCIA



# PRUEBAS

## ► POTENCIA

RPM	CV	Kg. m	CV Diss	CV ruota
7300	58,50	5,33	29,00	30,00
7400	59,30	5,34	29,30	30,30
7500	60,30	5,35	29,60	30,60
7600	61,00	5,40	30,00	31,00
7700	61,90	5,42	30,30	31,50
7800	63,10	5,45	30,60	32,00
7900	63,50	5,47	30,90	32,50
8000	64,00	5,50	31,40	33,00
8100	64,10	5,45	31,80	33,50
8200	64,70	5,40	32,00	33,50
8300	65,70	5,40	33,00	33,50
8400	66,10	5,40	34,00	33,00
<b>8500</b>	<b>66,10</b>	5,35	34,50	32,50
8600	66,10	5,30	35,00	32,00
8700	64,70	5,20	35,30	31,00
8800	64,10	5,10	35,70	30,00
8900	64,00	5,00	35,70	29,00
9000	62,50	4,90	35,70	28,00
9100	61,20	4,80	35,70	27,00
9200	60,30	4,70	35,80	26,00
9300	59,10	4,60	35,90	25,00
9400	58,80	4,50	36,00	24,00
9500	58,40	4,40	36,00	23,60



# PRUEBAS

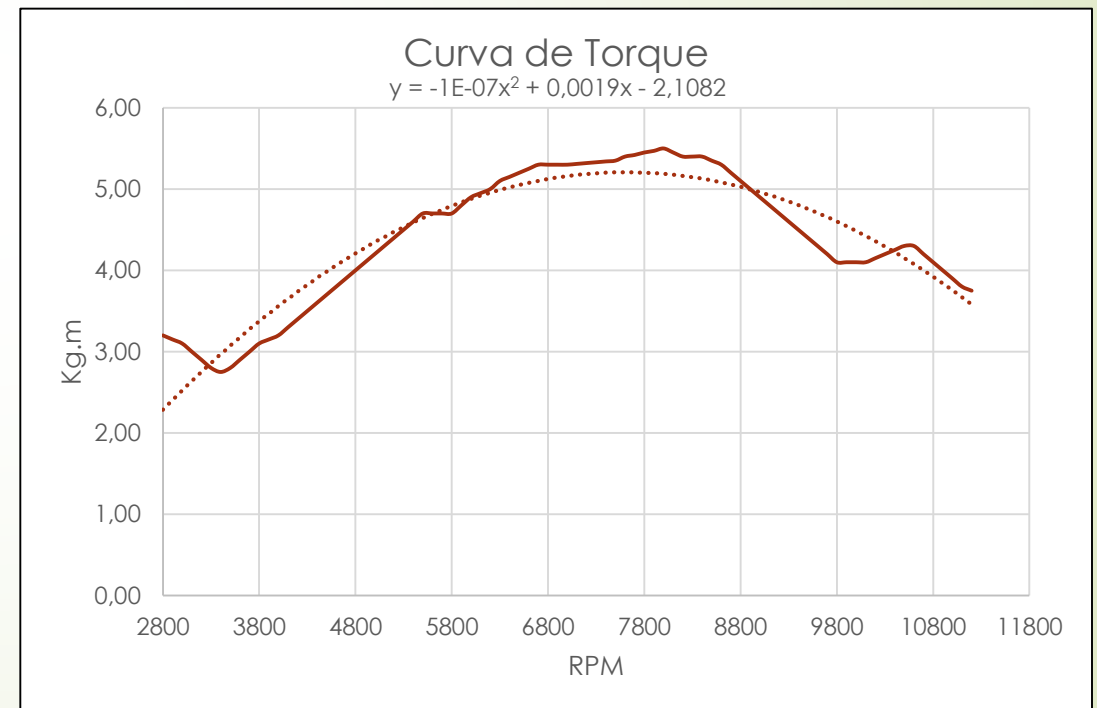
## TORQUE



# PRUEBAS

## ► TORQUE

RPM	CV	Kg. m	CV Diss	CV ruota
7200	57,10	5,32	28,60	29,50
7300	58,50	5,33	29,00	30,00
7400	59,30	5,34	29,30	30,30
7500	60,30	5,35	29,60	30,60
7600	61,00	5,40	30,00	31,00
7700	61,90	5,42	30,30	31,50
7800	63,10	5,45	30,60	32,00
7900	63,50	5,47	30,90	32,50
8000	64,00	5,50	31,40	33,00
8100	64,10	5,45	31,80	33,50
8200	64,70	5,40	32,00	33,50
8300	65,70	5,40	33,00	33,50
8400	66,10	5,40	34,00	33,00
<b>8500</b>	66,10	<b>5,35</b>	34,50	32,50
8600	66,10	5,30	35,00	32,00
8700	64,70	5,20	35,30	31,00
8800	64,10	5,10	35,70	30,00
8900	64,00	5,00	35,70	29,00
9000	62,50	4,90	35,70	28,00
9100	61,20	4,80	35,70	27,00
9200	60,30	4,70	35,80	26,00



# ANÁLISIS DE RESULTADOS

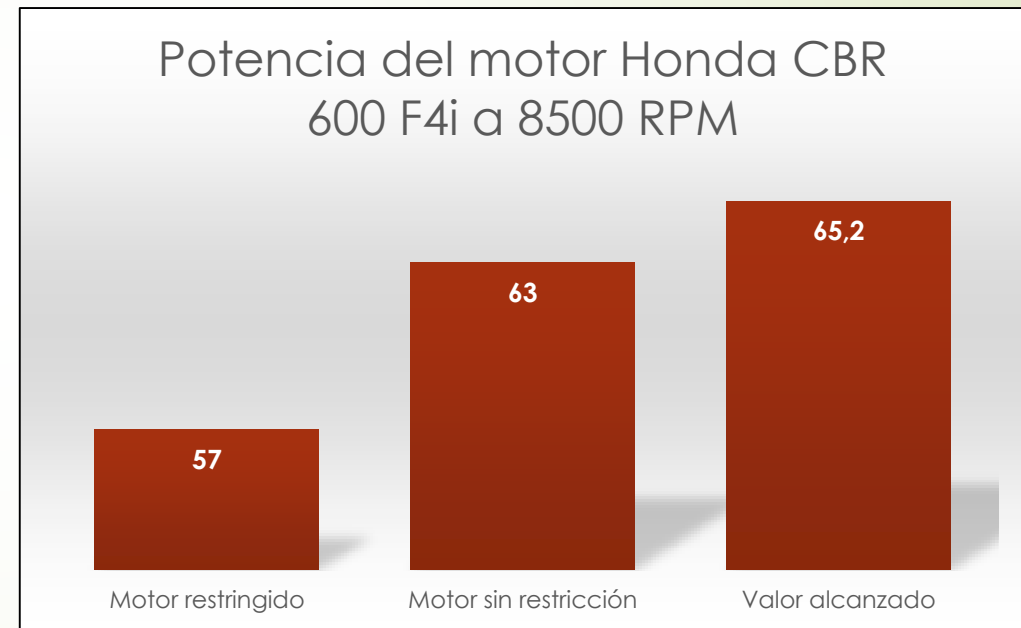
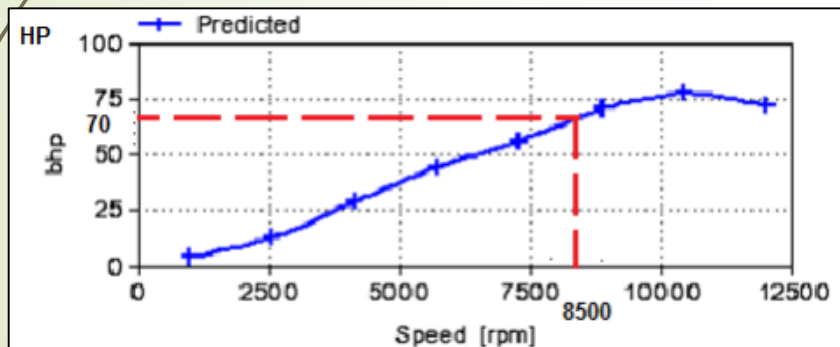
## ➤ RUIDO

	Meta	Valor alcanzado
Nivel de ruido	Menos de 110dB	109 dB

# ANÁLISIS DE RESULTADOS

## POTENCIA

	Motor restringido	Motor sin restricción	Meta	Valor alcanzado
Potencia a 8500 RPM	57 HP	63HP	Alrededor de 70 HP	65.20 HP

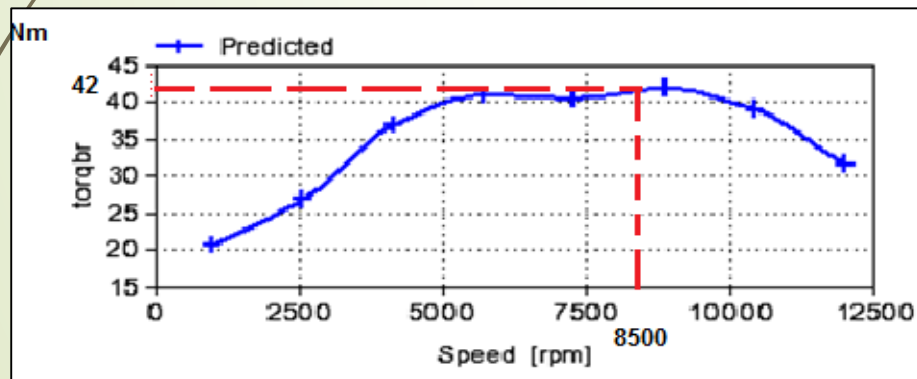




# ANÁLISIS DE RESULTADOS

## TORQUE

	Motor restringido	Motor sin restricción	Meta	Valor alcanzado
Torque a 8500 RPM	47,07 N-m	52,07 N-m	Alrededor de 50 N-m	53,83 N-m

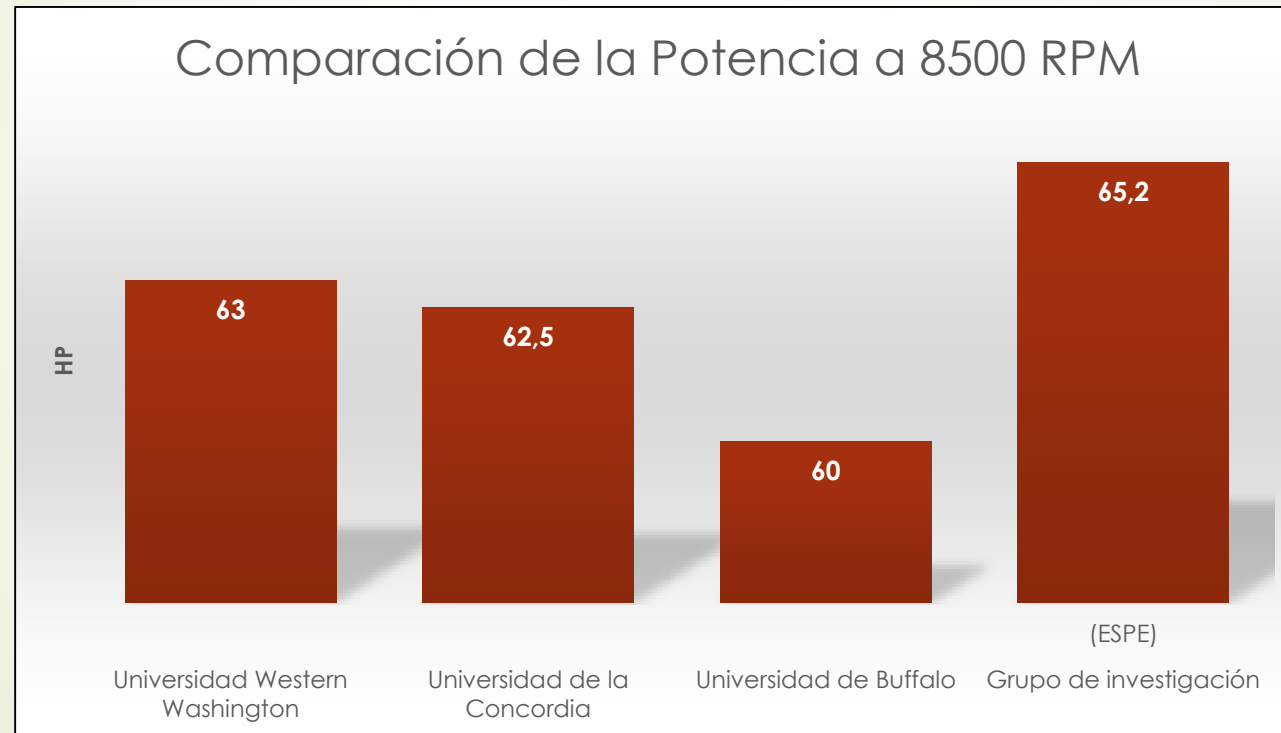


Torque del motor Honda CBR 600 F4i a 8500 RPM



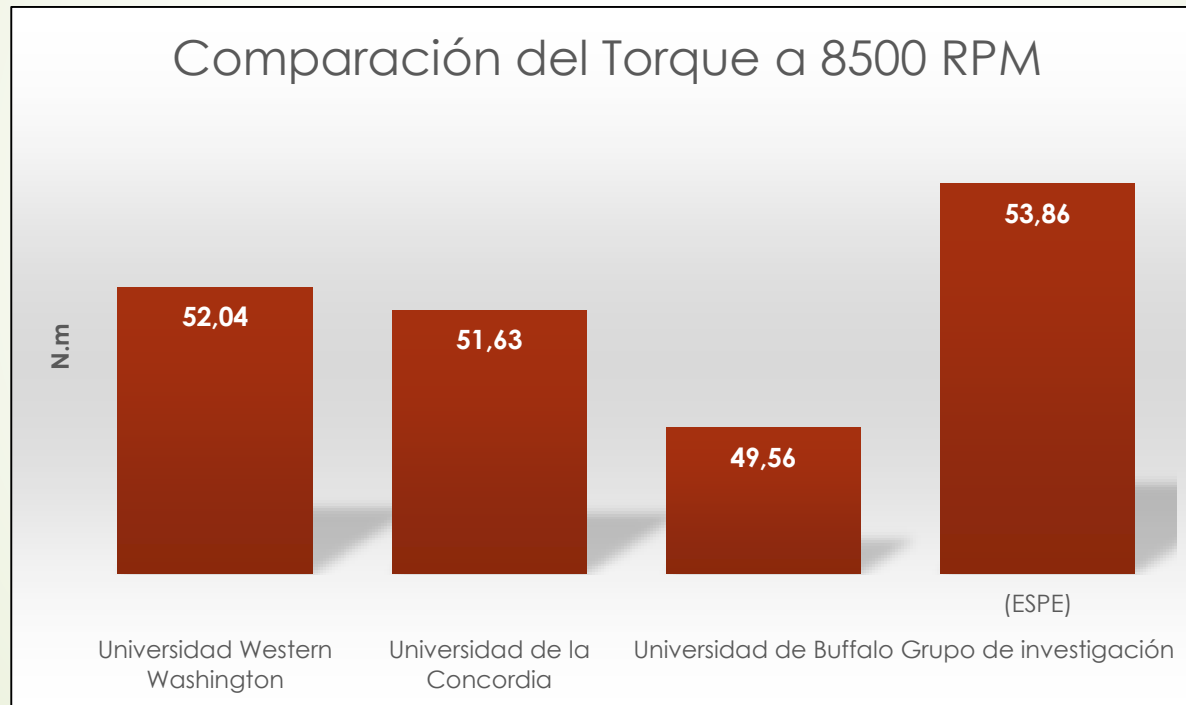
# COMPARACIÓN DE RESULTADOS

## ► POTENCIA



# COMPARACIÓN DE RESULTADOS

## TORQUE



# COMPARACIÓN DE RESULTADOS

## ► TORQUE Y POTENCIA

@8500 RPM	Universidad Western Washington	Universidad de la Concordia	Universidad de Buffalo	Grupo de investigación (ESPE)
Torque (N-m)	52,04	51,63	49,56	53,86
Potencia (HP)	63	62,5	60	65,2



# CONCLUSIONES

- ▶ Se diseñó y construyó un sistema de control de ingreso y salida de gases que cumple todas las especificaciones del reglamento de la formula SAE 2014.
- ▶ Se diseñó y construyó un sistema de control de ingreso y salida de gases que recuperó la pérdida de potencia de 57 HP a 65.20 HP es decir un 14.38% a 8500 RPM con respecto a un motor del mismo tipo pero restringido 20 mm de diámetro en su admisión.
- ▶ Se diseñó y construyó un sistema de control de ingreso y salida de gases que recuperó la pérdida de torque de 47.07 N-m a 53.83 N-m es decir un 14.36 % a 8500 RPM con respecto a un motor del mismo tipo pero restringido 20 mm de diámetro en su admisión.



# CONCLUSIONES

- ▶ Con el diseño y construcción del sistema de control de ingreso y salida de gases se alcanzó un torque máximo de 53.93 N-m a 8000 RPM que representa un 7.86 % más con respecto a la meta planteada de 50 N-m al inicio del proyecto.
- ▶ Los valores de potencia y de torque de 65.20 HP y 53.83 N-m respectivamente que alcanza el motor CBR 600 F4i del vehículo prototipo con el sistema de control de ingreso y salida de gases se alcanzaron con un mapa modificado de una computadora Haltech 1000 que maximizó su rendimiento.



# CONCLUSIONES

- ▶ El diseño y construcción del sistema de salida de gases alcanzó un nivel de ruido máximo de 109 dB, el cual se encuentra dentro del rango permitido por el reglamento de la competición que exige no sobrepasar los 110dB.
- ▶ El software Ricardo WAVE permitió modelar de manera precisa algunas variables desconocidas en función de parámetros conocidos para poder simular y determinar los casos más óptimos para alcanzar el máximo rendimiento posible de acuerdo a las exigencias del proyecto.



# RECOMENDACIONES

- ▶ El presente proyecto está enfocado en recuperar la potencia perdida debido a la restricción de 20mm a la entrada de aire y en no exceder los 110dB de ruido, sin dar la atención necesaria a las emisiones contaminantes producidas. Sería importante analizar el vehículo desde el punto de vista de contaminación.
- ▶ Al momento de armar el sistema de control de ingreso de aire se debe asegurar de hacerlo en forma hermética para que no ingrese aire por las uniones del sistema al momento del funcionamiento y distorsione la medida que toma el sensor MAP para enviar la señal a la computadora del vehículo.






# RECOMENDACIONES

- ▶ Después de acelerar a fondo al momento de realizar la prueba en el banco dinamométrico se debe dejar que el vehículo prototipo se desacelere por sí solo, es decir no se debe accionar el pedal de freno del vehículo ya que la curva de potencia se reescribe y altera.
- ▶ Los valores obtenidos en el programa Ricardo WAVE son a partir de modelaciones del sistema en 2D, considerando que el programa tiene la opción para trabajar en 3D, sería importante analizar los resultados desde el punto de vista tridimensional.



# RECOMENDACIONES

- ▶ Los conductos de admisión del sistema de control de ingreso de aire del presente proyecto se fabricaron en acero inoxidable debido a que se exponen a altas temperaturas por su proximidad al motor. Esto hace que el peso del sistema aumente considerablemente. Sería importante buscar la manera de reducir el peso mediante la utilización de otros materiales más resistentes y ligeros.
- 



GRACIAS POR SU  
ATENCIÓN