



## Carrera de Ingeniería Automotriz

**Trabajo de unidad de integración curricular, previo a la obtención del título de  
Ingeniero Automotriz**

**Tema: “Análisis gráfico de la evolución de la presión en el cilindro, fases de  
distribución de gases y ajuste al encendido en motores de ciclo Otto  
sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por  
transducción de presión.”**

**Autor:**

**Punín Itás, Leonado Javier**

**Tutor:**

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

**Latacunga, Marzo 2024**



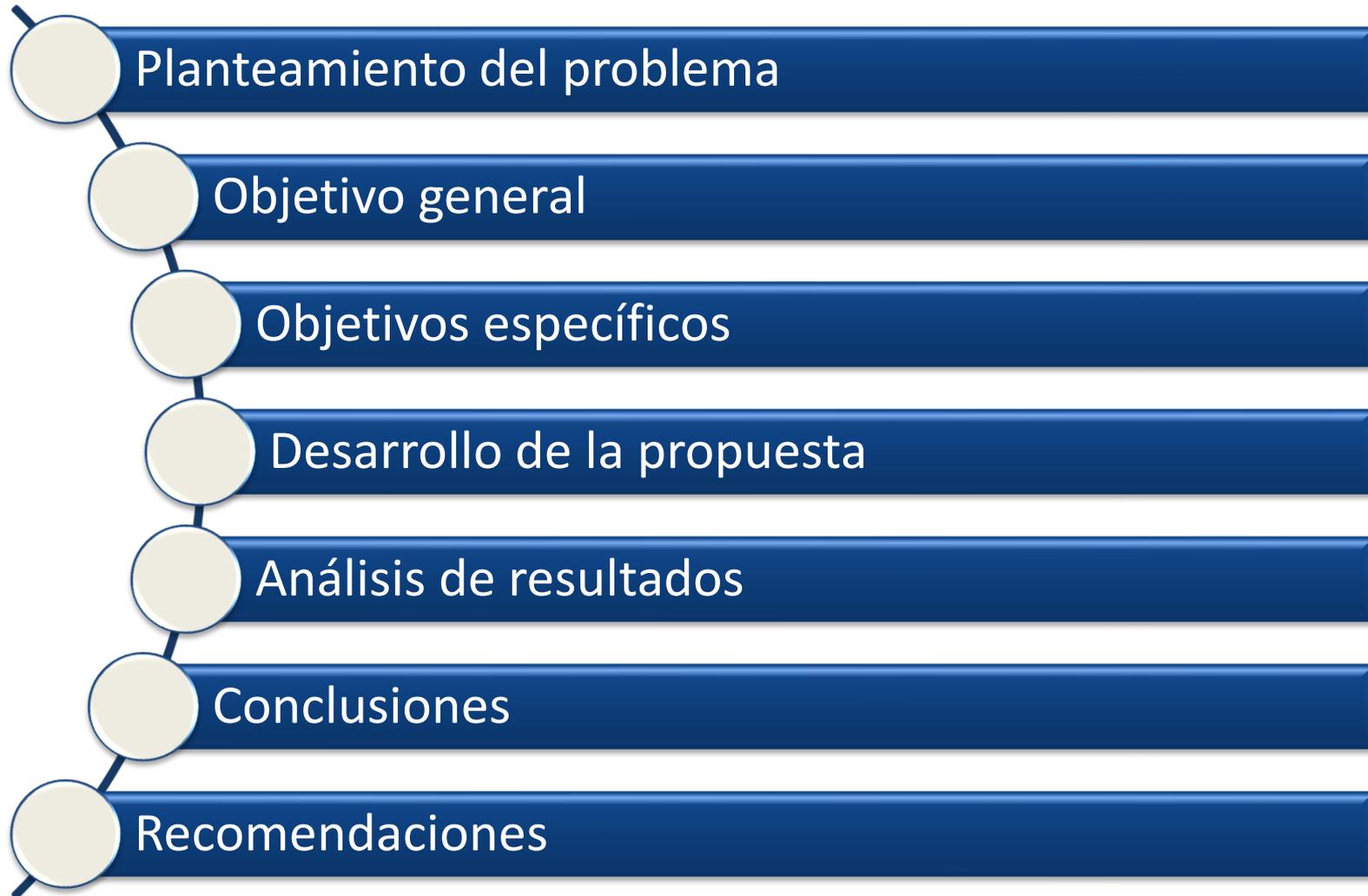
**"No es necesario trabajar duro para tener éxito,  
a veces solo necesitas estar en el lugar correcto  
en el momento adecuado."**

Mark Twain



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

# CONTENIDO



# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



La presión y temperatura atmosférica varían en cada ciudad, lo que puede afectar negativamente a muchos motores de combustión interna. La altitud en la que funcionan estos motores puede causar problemas debido a la menor cantidad de oxígeno disponible, lo que resulta en una combustión incompleta y un aumento de las emisiones contaminantes.

Con la instalación de la válvula compensadora en vehículos ubicados por encima de los 1500 metros sobre el nivel del mar se busca mejorar el rendimiento del motor en términos de potencia, torque y emisiones contaminantes además de una mejor autonomía. Esto busca validar sus capacidades en Ecuador, donde es un dispositivo desconocido para muchos propietarios, pero accesible para su economía.



# OBJETIVO GENERAL

Analizar gráficamente la evolución de la presión en el cilindro, fases de distribución de gases y ajuste al encendido en motores de ciclo Otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión.



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1

- Fundamentar científicamente la evolución de la presión en el cilindro, fases de distribución de gases y ajuste al encendido en motores de ciclo Otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión.

2

- Desarrollar un protocolo de ensayo para el equipo USB AUTOSCOPE, a fin de visualizar, grabar y analizar las señales por transducción de presión.

3

- Desarrollar la visualización y grabación para medición de las formas de onda de presión del cilindro de un vehículo del motor de combustión interna ciclo Otto sobrealimentado.



4

- Analizar de manera gráfica las fases de distribución de gases, presión en el cilindro y ajuste al encendido en motores de ciclo Otto sobrealimentados con dispositivo externo compensador de altitud por transducción de presión.

5

- Analizar los datos obtenidos en el informe del script Px, estableciendo la relación de la variación de la altitud respecto de la sincronización de válvulas, sincronización de encendido con el tiempo de encendido en el rango operativo y evolución de la presión en el cilindro.

6

- Evaluar todo lo relacionado con el tiempo de apertura y cierre de las válvulas a través del script.

7

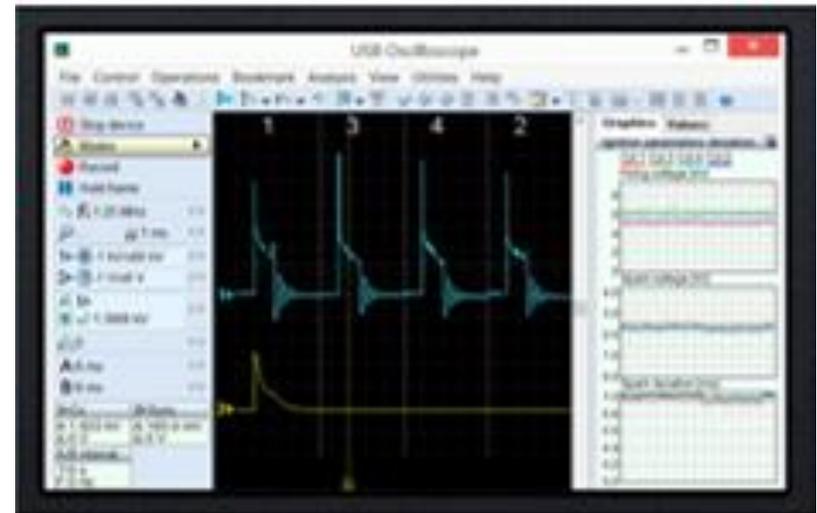
- Evaluar la incidencia ambiental en motores de combustión interna sobrealimentados antes y después de la implementación del dispositivo externo compensador de altitud



# DESARROLLO DE LA PROPUESTA

## Equipos Utilizados

*Analizador gráfico en tiempo real*



## Aplicación móvil de medida de altitud



## Scanner automotriz



- (A) interfaz del scanner
- (B) estuche protector
- (C) módulo del scanner
- (D) cable de conexión OBD-II.

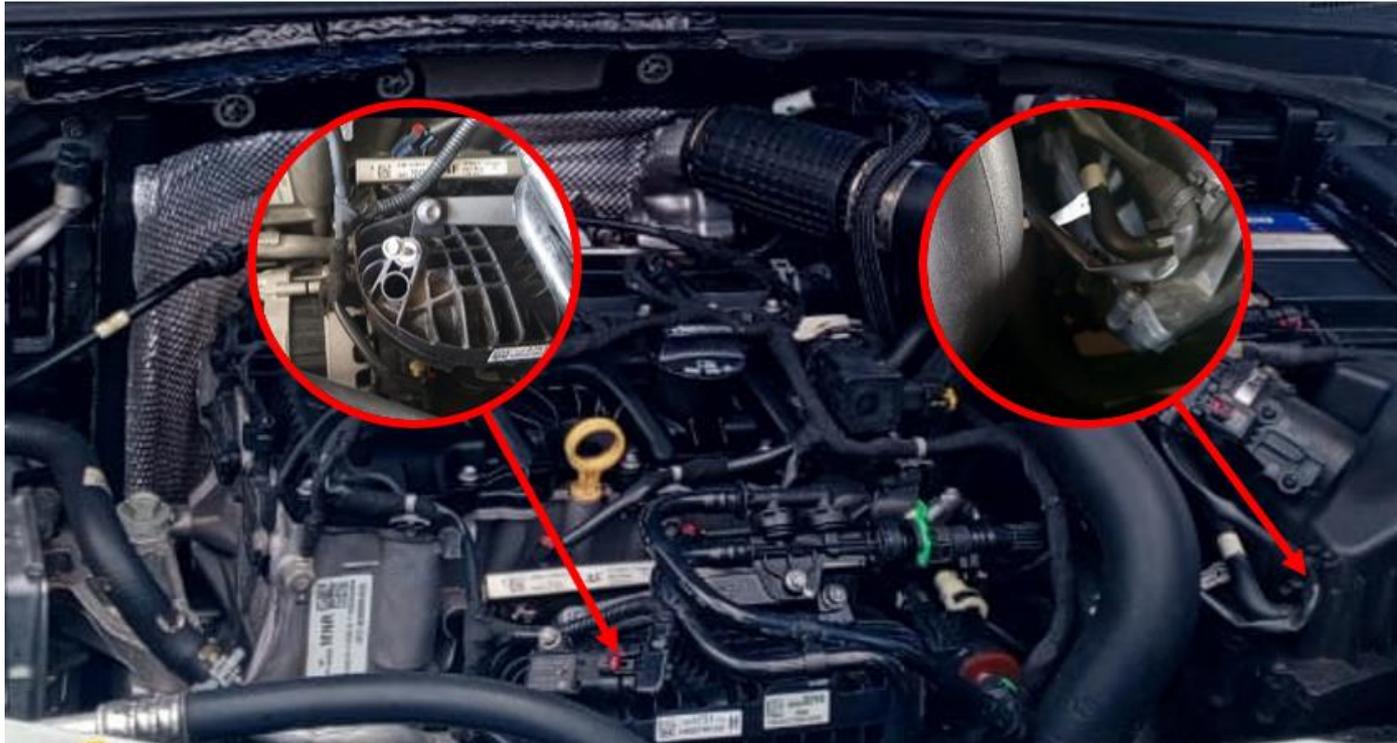
## DTCs

- P0171-Sistema de ajuste de combustible pobre
- P0201-Circuito de control de inyector
- P0300-Falla del motor detectada
- P1101-Rendimiento del sistema de flujo de aire de admisión



# Adaptación del compensador de altitud en el vehículo

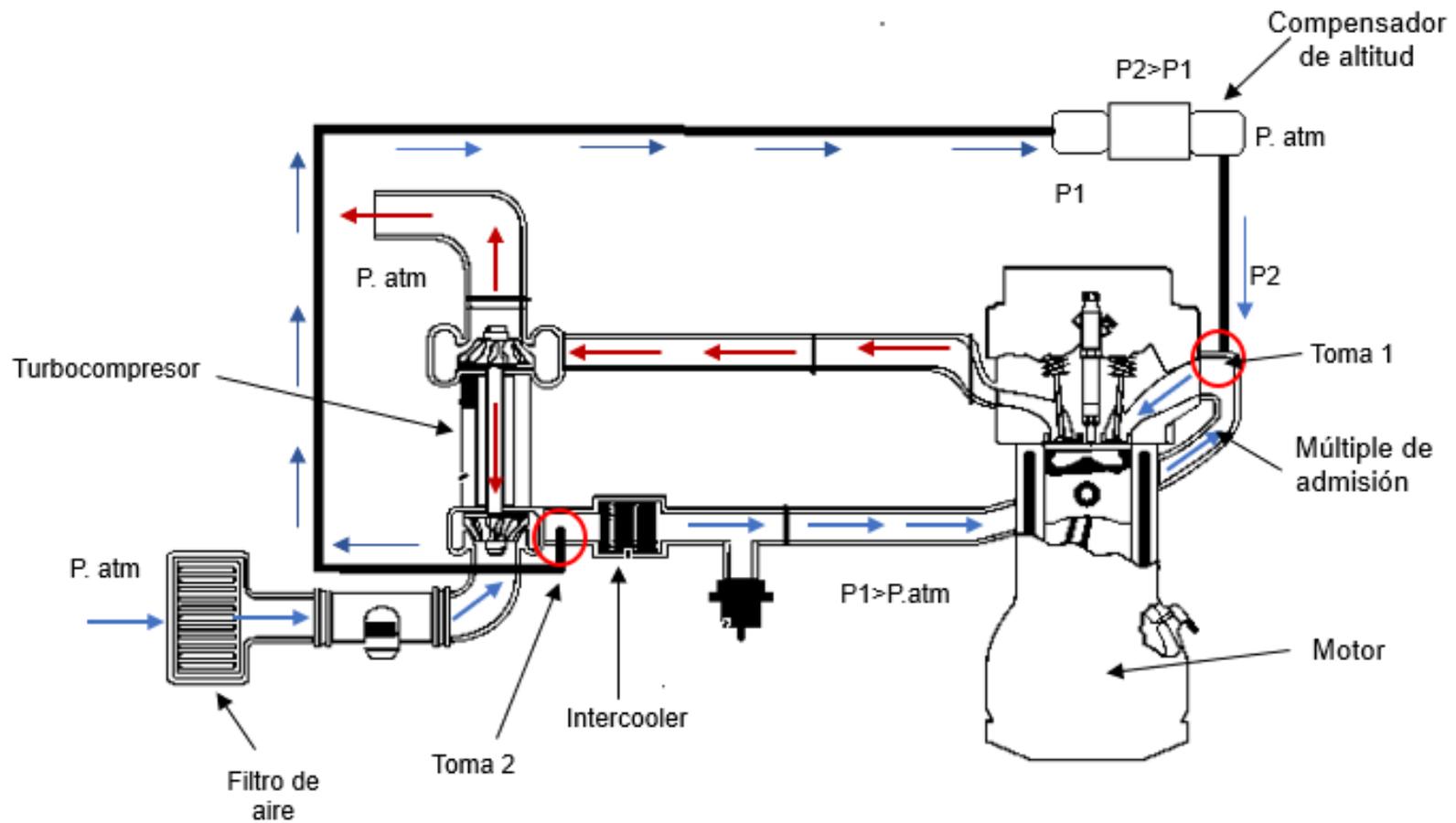
*Identificación de entradas de aire*



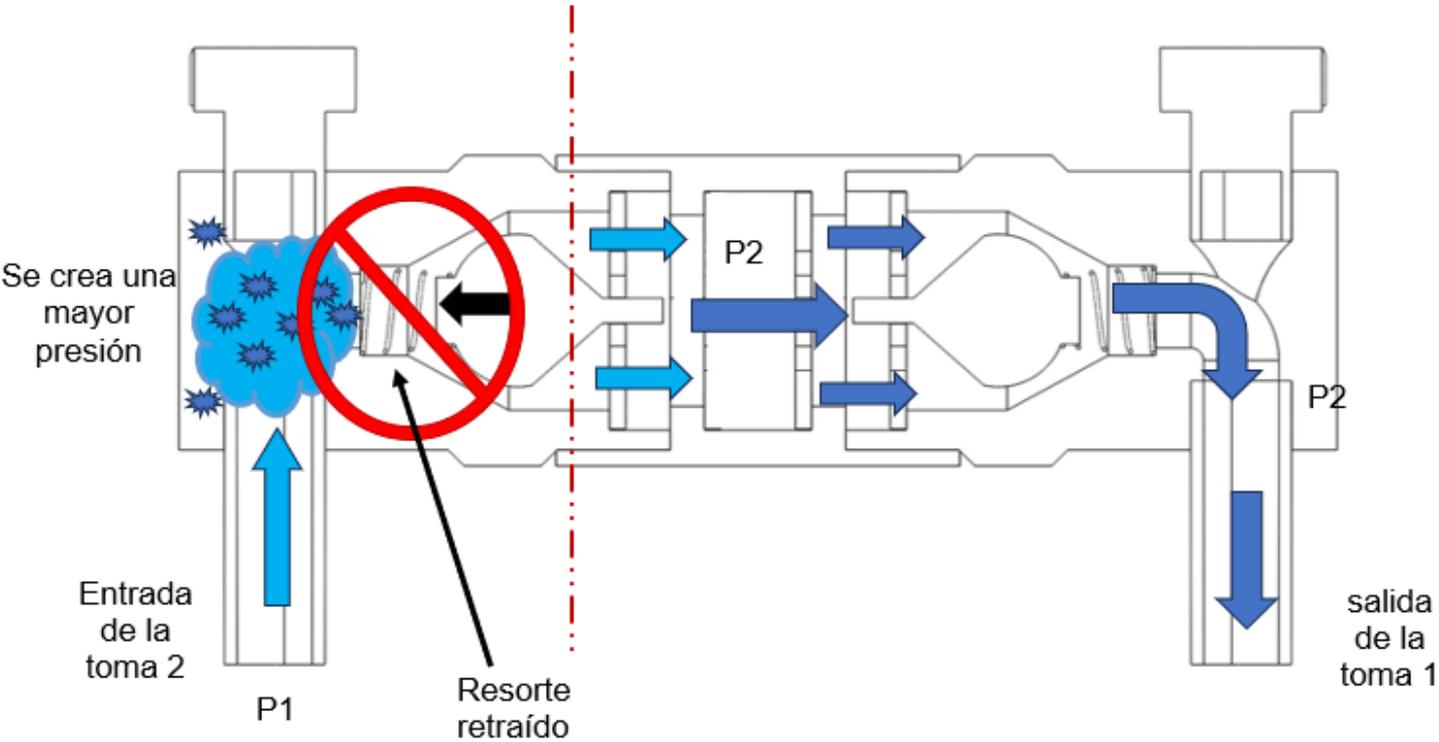
## *Unión de válvulas*



## Fundamentación de funcionamiento del sistema



# Descripción del funcionamiento de la válvula



# Acoples

*Acople en T*



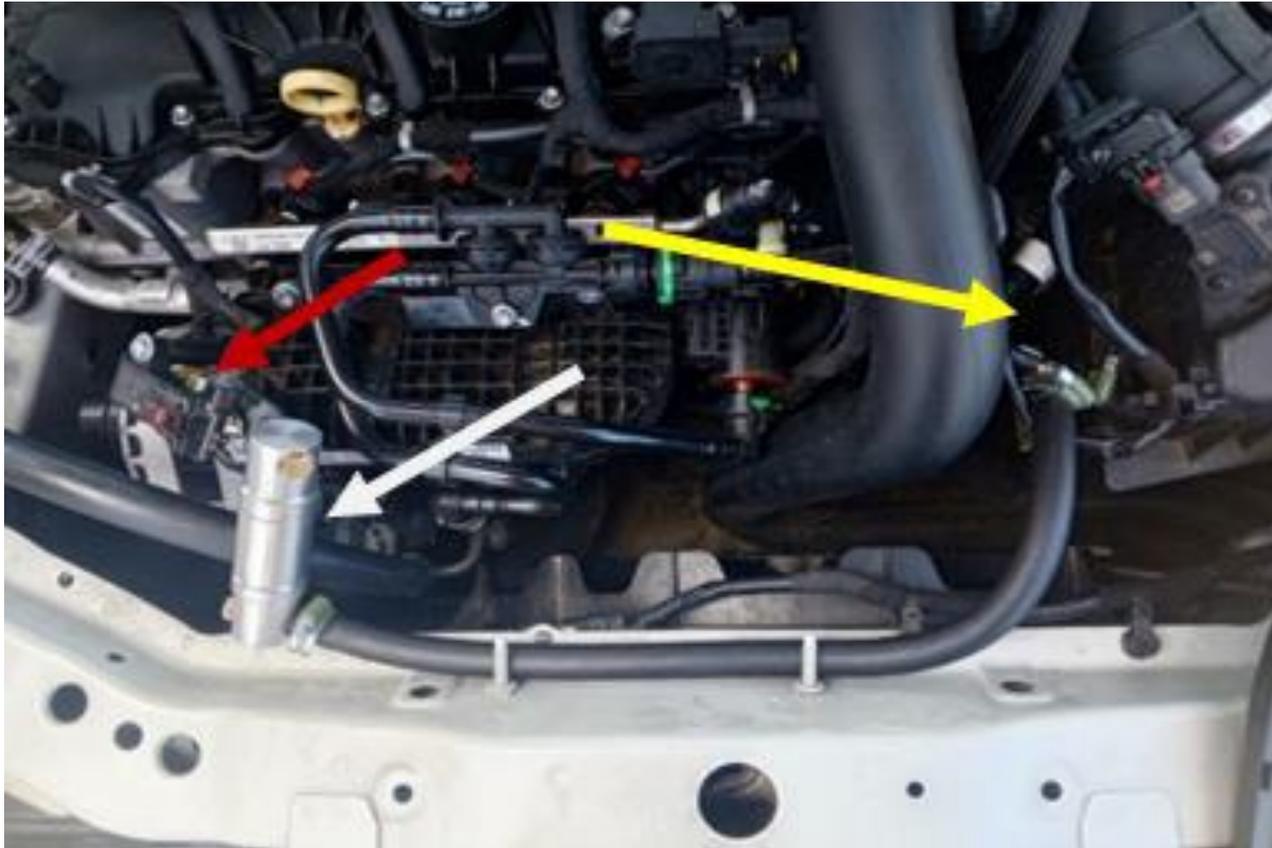
*Manguera en acople en T*



## Sistema de conexiones



## *Implementación de la válvula en el vehículo*



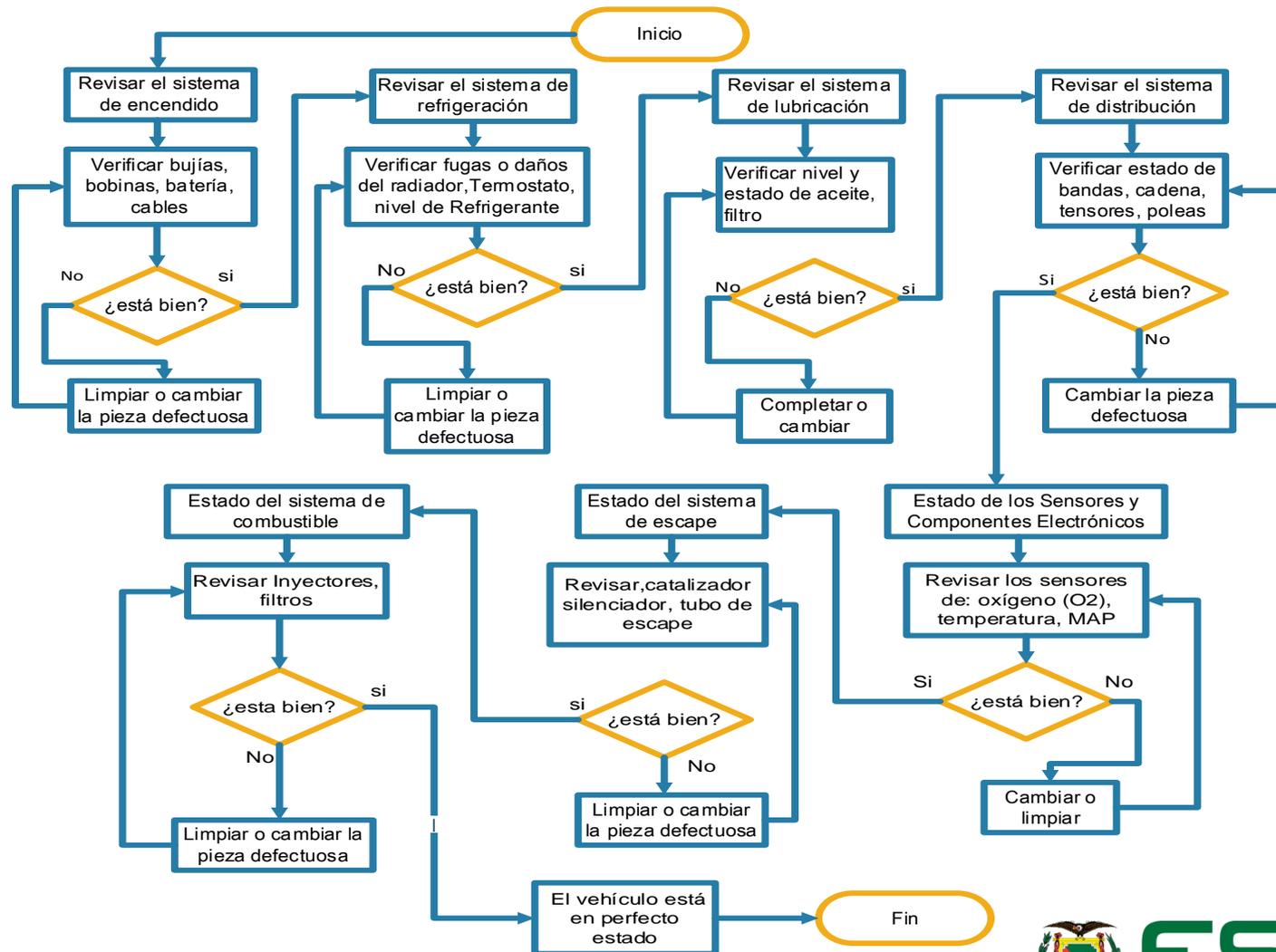
# PARÁMETROS DE PRUEBA

## *Escenarios*

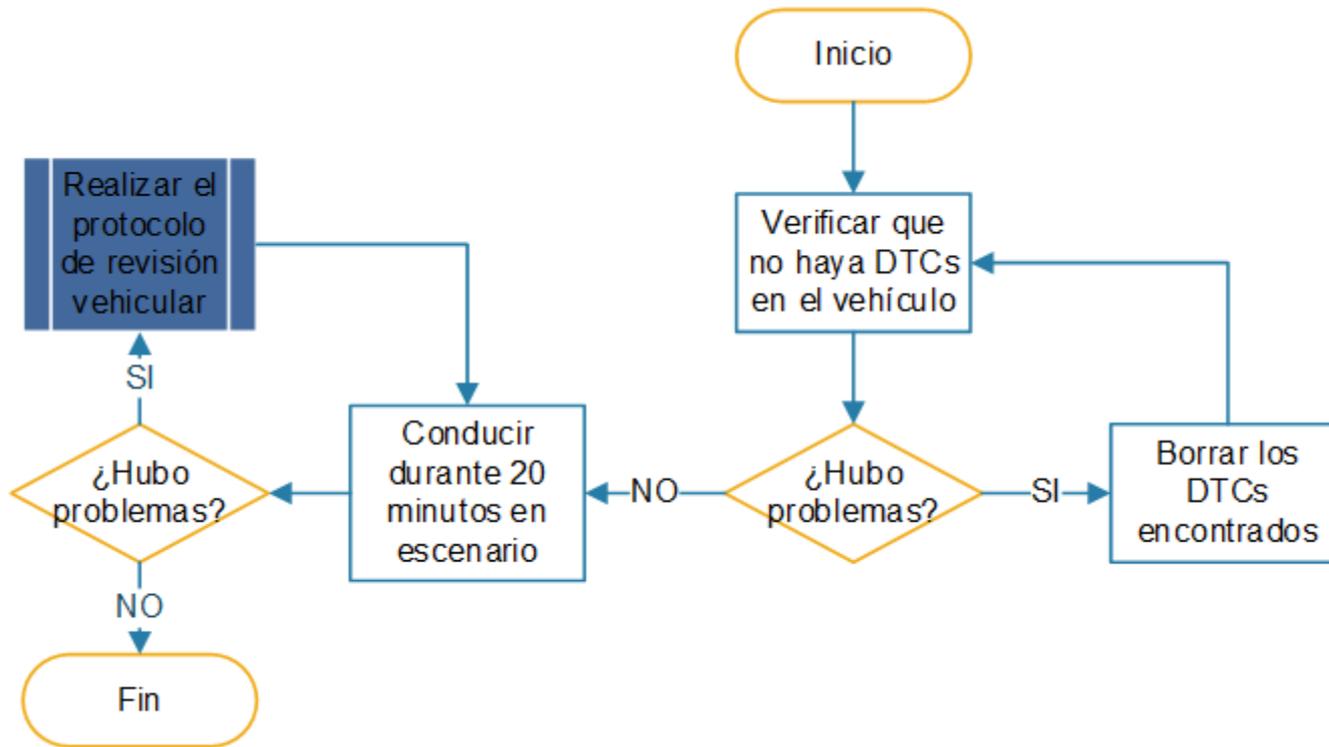
<b>Altitud (m)</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Presión atmosférica(bar)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
<b>7</b>	0°04'15"N 80°03'29"W	1,0132	26-32
<b>501</b>	0°14'57"S 79°12'06"W	0,954	24-30
<b>1003</b>	0°20'11"S 78°53'56"W	0.898	23-28
<b>1500</b>	0°25'11"S 78°47'35"W	0.845	22-27
<b>2002</b>	0°26'33"S 78°44'44"W	0.795	22-27
<b>2503</b>	0°26'22.8"S 78°41'40.0"W	0.747	21-26
<b>3000</b>	0°31'08"S 78°35'03"W	0.701	19- 25



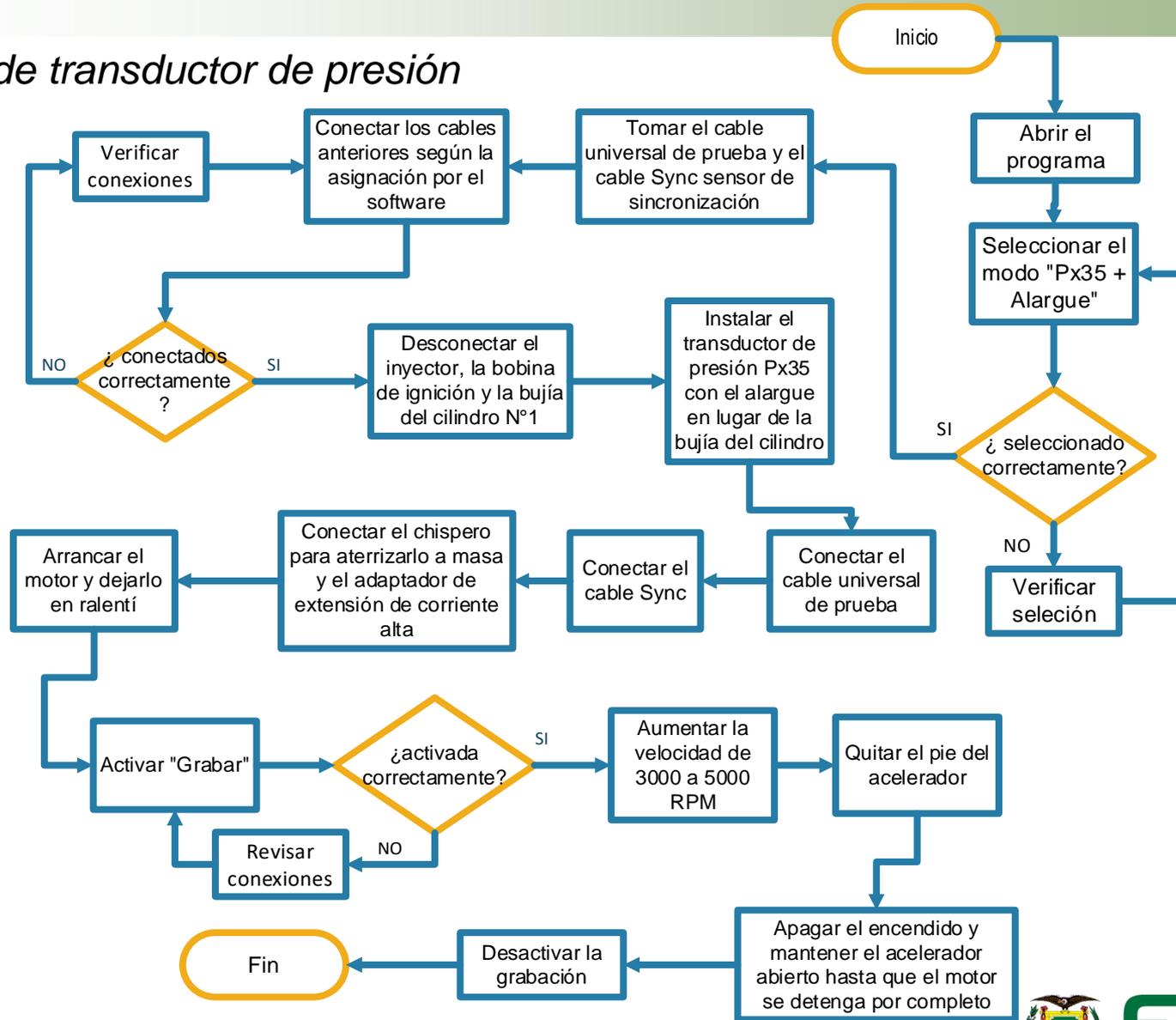
# Verificación del estado del vehículo



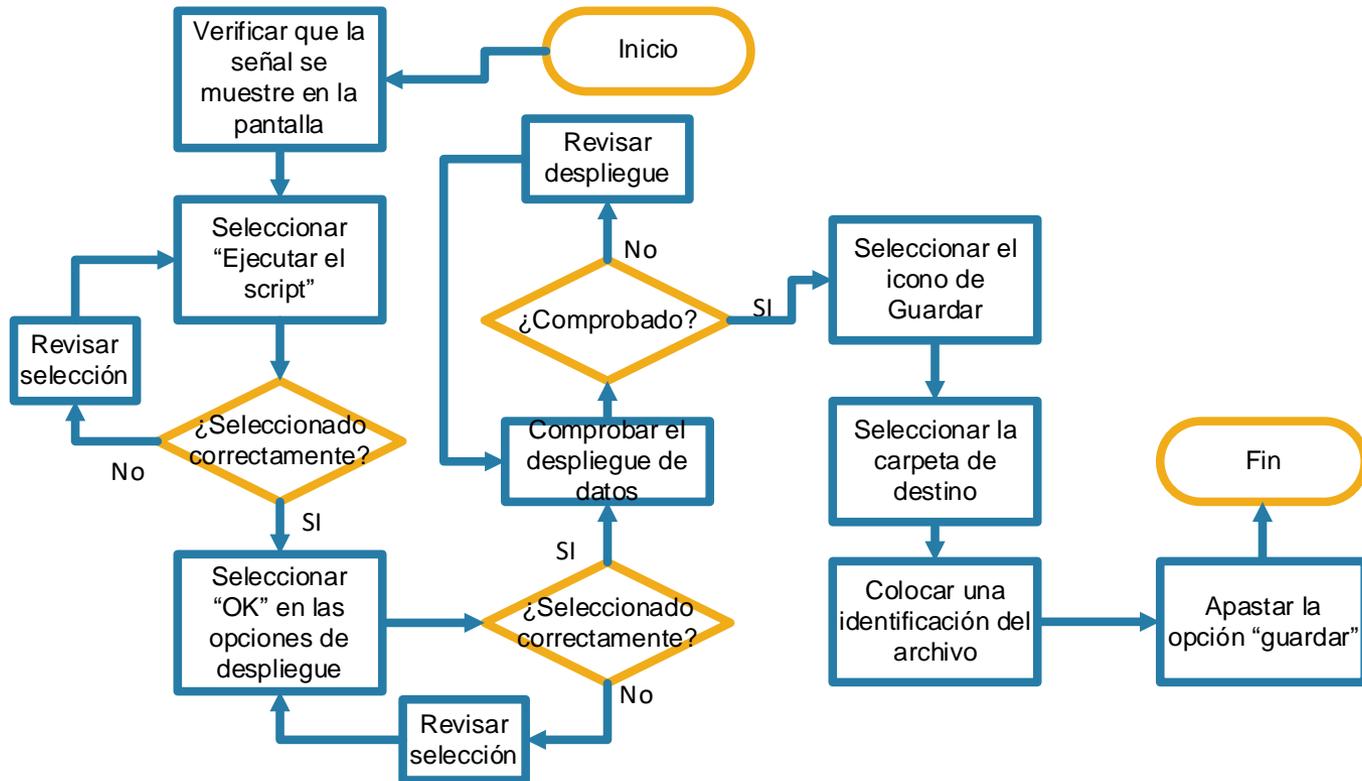
## Adaptabilidad del vehículo en los escenarios



# Prueba de transductor de presión

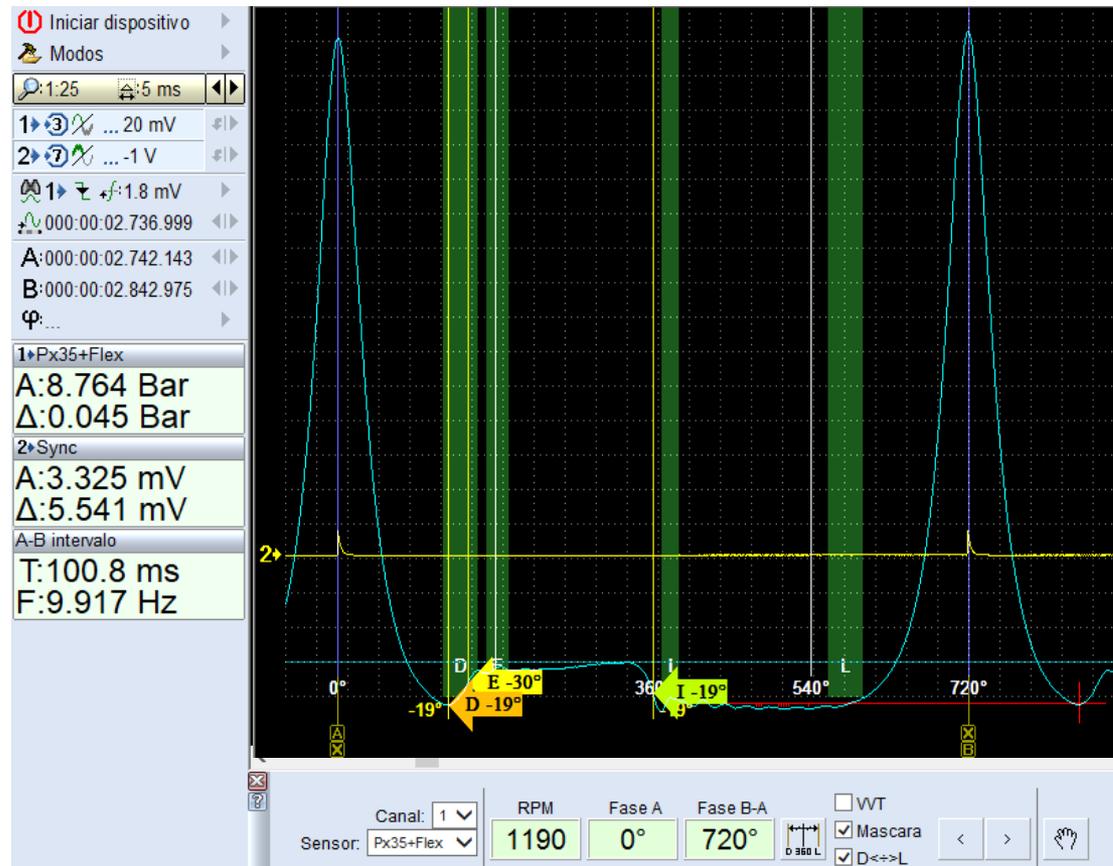


## Ejecutar y guardar script



# RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS

*Señal de la forma de onda de presión en el cilindro*



# Ejecución del script

## SUMMARY CONCLUSION

- ⚠ Velocidad de ralentí demasiado alta (posiblemente el motor esta frio)
- ⚠ Exceso de llenado del cilindro al ralentí (posiblemente causado por encendido atrasado)
- ⚠ Bajo vacío en el multiple de admisión en ralentí
- ✅ Detectado sobrellenado del cilindro en 5500 RPM
- ⚠ Avance de encendido atrasado de lo óptimo - en ralentí

## CARACTERÍSTICAS GENERALES



Pérdidas de gas en 1190 RPM (15...20), %	12
Relación de compresión calculada (9:1...11:1)	9.5:1
RPM ralentí (650...950), RPM	1190
Fases de distribución de gases en 1240 RPM	
Ángulo de apertura de la válvula de escape (120...150), °	117
Ángulo de cierre de la válvula de escape (350...385), °	352
Ángulo de apertura de la válvula de admisión (335...370), °	349
Ángulo de cierre de la válvula de admisión (570...600), °	592

## AVANCE



en ralentí	
en 1190 RPM (5...15), °	-1
inestabilidad de sincronización de encendido ( $\pm 0...1$ ), °	$\pm 1$
a carga máxima	
en 1000 RPM (-6...5), °	-12
en 2000 RPM (4...17), °	9
en 3000 RPM (10...25), °	13
en 4000 RPM (8...23), °	15
en 5000 RPM (7...22), °	13
en 6000 RPM (12...27), °	12



# Fases de distribución de gases

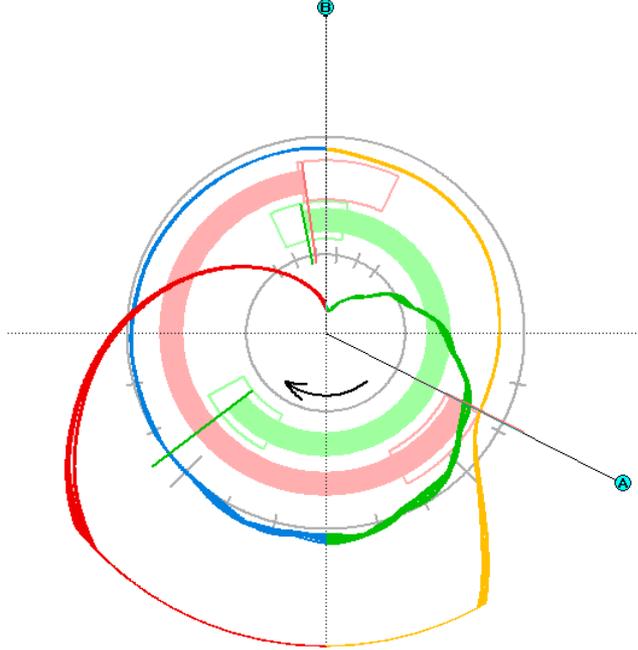
Cantidad de gas en cilindro (la distancia desde el centro) en función de ángulo de rotación de cigüeñal (ángulo) y de tacto (color) en 1240 RPM

Admisión  Compresión  Expansión  Escape  Fase de admisión  Fase de escape

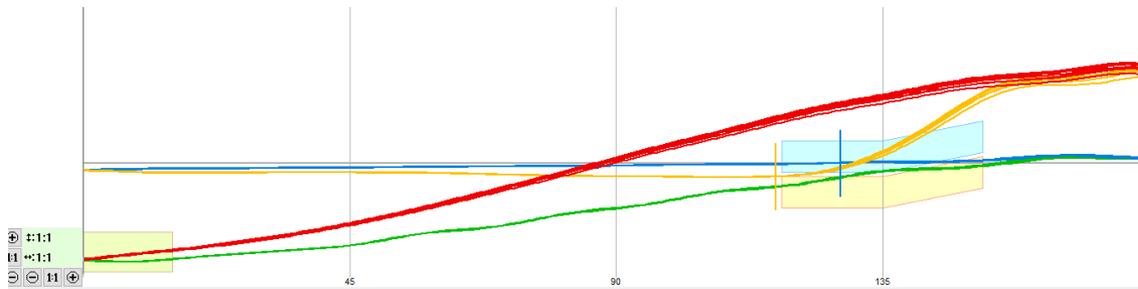
Tacto:  
3 - Expansión  
0

Ángulo:  
117.2 °  
-117.2 °

Cantidad:  
87.27 %  
6.35 %



1:1  
⊖ 1:1 ⊕

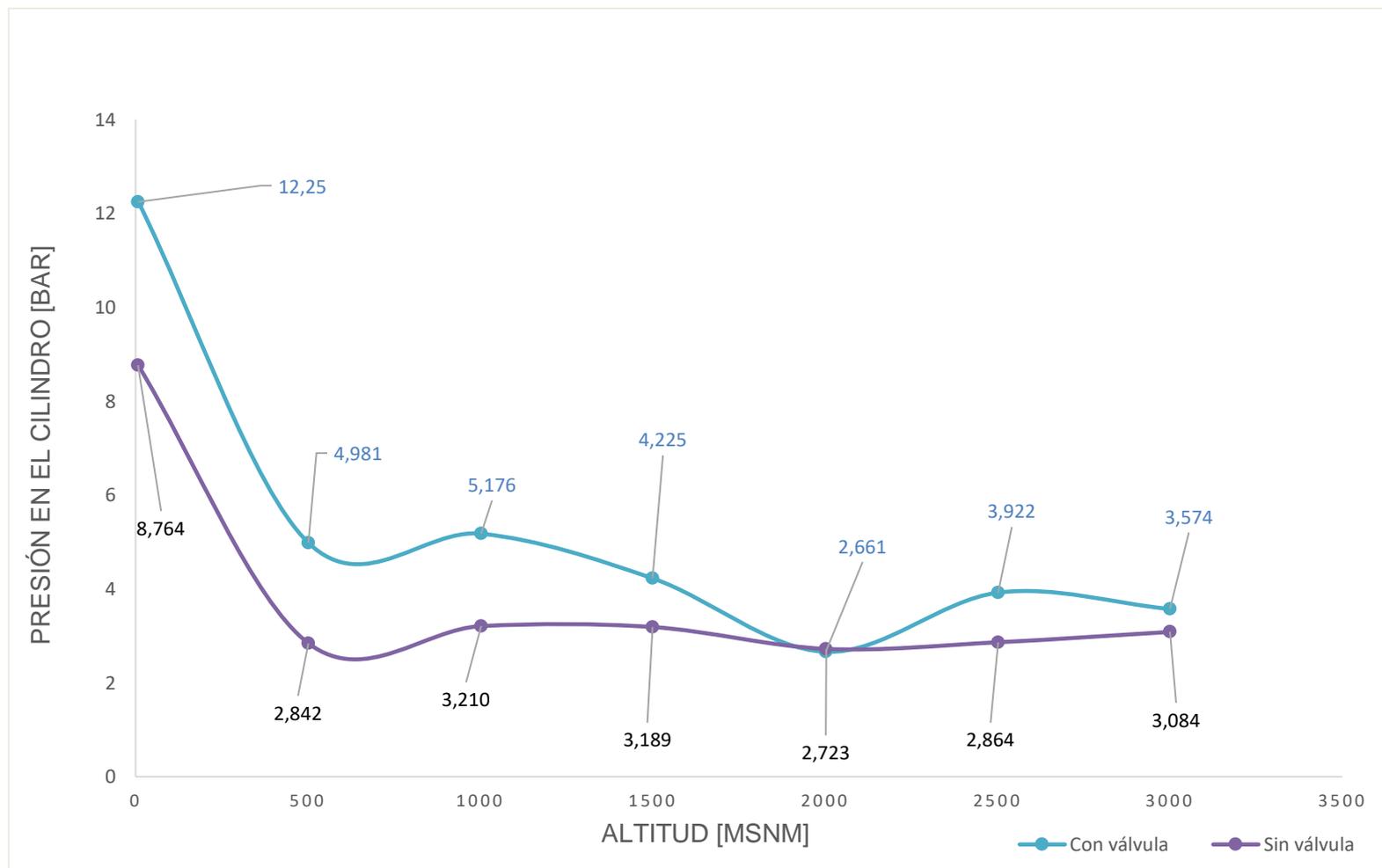


# ANÁLISIS DE RESULTADOS

*Valores de la presión en el cilindro*

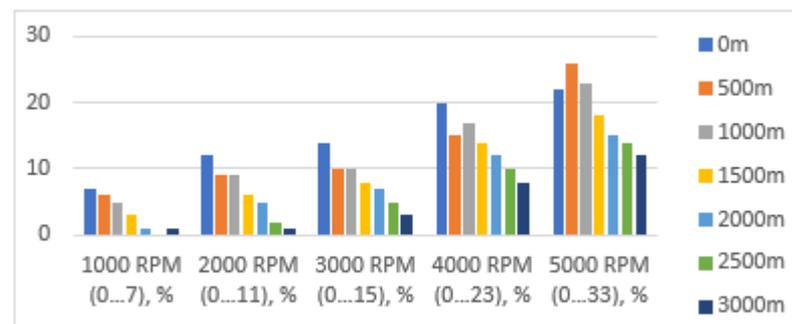
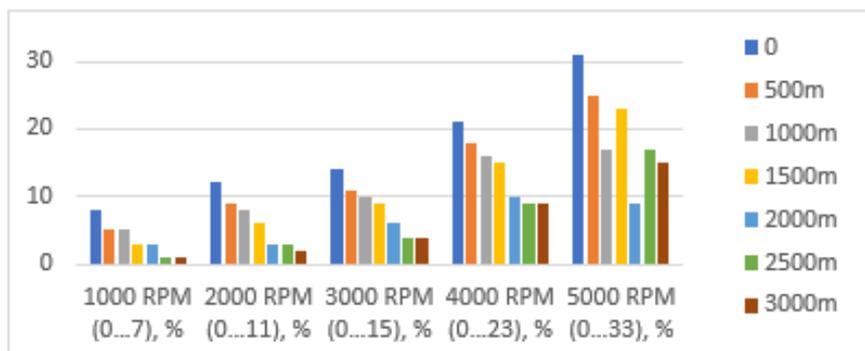
Escenario	Presión en el cilindro (bar)			Variación
	Con válvula	Sin válvula	Diferencia	Porcentaje
7	12,25	8,764	3,486	28,46%
501	4,981	2,842	2,139	42,94%
1003	5,176	3,210	1,966	37,98%
1500	4,225	3,189	1,036	24,52%
2002	2,661	2,723	-0,062	-2,33%
2502	3,922	2,864	1,058	26,98%
3000	3,574	3,084	0,490	13,71%
<b>Total</b>			1,44	24,61%





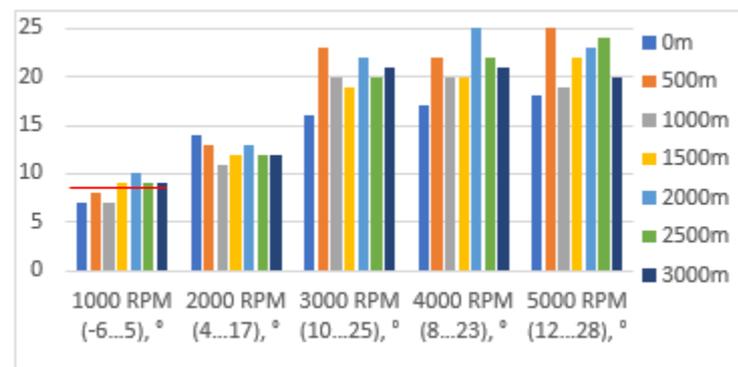
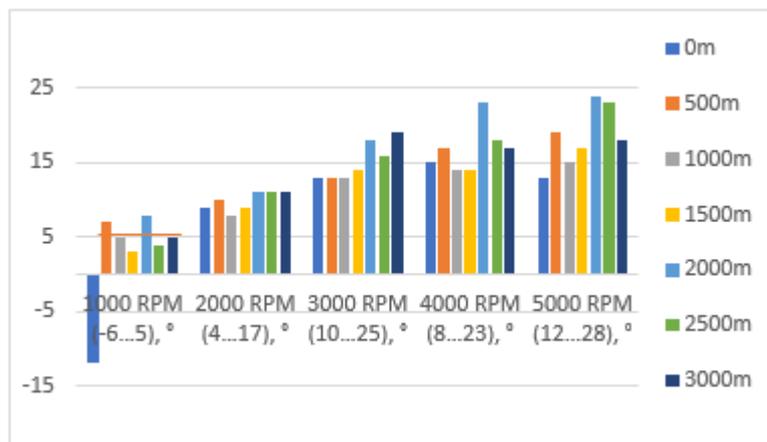
### Pérdida de potencia en la carrera de escape (%)

Escape RPM	Sin válvula								Variación %	Con válvula								Variación %
	0	500	1000	1500	2000	2500	3000			0	500	1000	1500	2000	2500	3000		
1000 (0...7)	8	5	5	3	3	1	2	3.86	7	6	5	3	1	0	1	3,29		
2000 (0...11)	12	9	8	6	3	3	2	6.14	12	9	9	6	5	2	1	6,29		
3000 (0...15)	14	11	10	9	6	4	4	8.29	14	10	10	8	7	5	3	8,134		
4000 (0...23)	21	18	16	15	10	9	9	14	20	15	17	14	12	10	8	13.71		
5000 (0...33)	31	25	17	23	9	17	15	19.57	22	17	23	18	15	14	12	18.57		
	<b>Total</b>								10.37	<b>Total</b>								9.7



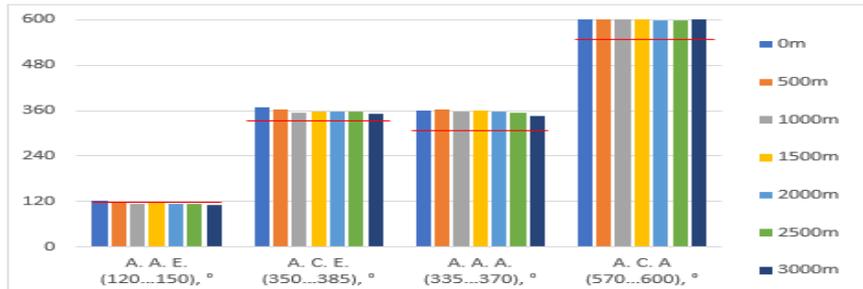
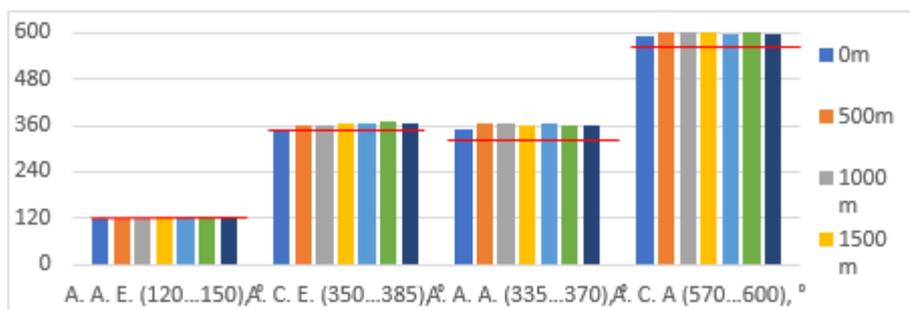
Avance de encendido a carga máxima de diferentes alturas

carga máxima (°)																	
Avance	Sin válvula								Variación	Con válvula							
	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	%		0	500	1000	1500	2000	2500	3000	%
1000 (-6...5)	-12	7	5	3	8	4	-12	0,429	7	8	7	9	10	9	9	8,4286	
2000 (4...17)	9	10	8	9	11	11	11	9,857	14	13	11	12	13	12	12	12,429	
3000 (10...25)	13	13	13	14	18	16	19	15,14	16	23	20	19	22	20	21	20,143	
4000 (8...23)	15	17	14	14	23	18	17	16,86	17	22	20	20	25	22	21	21	
5000 (12...28)	13	19	15	17	24	23	18	18,43	18	25	19	22	23	24	20	21,571	
<b>Total</b>								<b>12,14</b>	<b>Total</b>								<b>16,714</b>



## Fases de distribución de gases a diferentes alturas

Características generales	Fases de distribución de gases (°)													
	Sin válvula							Con válvula						
	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	0	500	1000	1500	2000	2500	3000
A. A. E. (120...150)	117	120	120	124	123	125	122	121	119	113	116	113	115	110
A. C. E. (350...385)	352	363	363	368	365	369	367	368	364	354	357	356	358	351
A. A. A. (335...370)	349	365	364	363	364	362	361	360	363	357	360	356	354	347
A. C. A. (570...600)	592	600	600	600	599	600	599	605	604	602	603	599	598	601



# Análisis de gases de escape

*Datos antes de la instalación de la válvula*

Pruebas	TEMPERATURA		CO (%vol.)	CO2 (%vol.)	O2 (%vol.)	HC (ppmvol)	LAMBDA
	DEL MOTOR (°C)	RPM					
Al mínimo	93	850	0.01	14,9	0.34	7	1.014
En aceleración	93	2570	0.01	14.8	0.25	12	1.010

*Datos después de la instalación de la válvula*

Pruebas	TEMPERATURA		CO (%vol.)	CO2 (%vol.)	O2 (%vol.)	HC (ppmVol)	LAMBDA
	DEL MOTOR (°C)	RPM					
Al mínimo	91	1100	0.08	14.6	0.40	4	1.018
En aceleración	91	2580	0.04	14.7	0.18	6	1.008



# CONCLUSIONES

- Se estableció una base científica para comprender cómo los dispositivos compensadores de altitud afectan la presión en el cilindro, las fases de distribución de gases y el ajuste de encendido en motores sobrealimentados. Esto permitió una mejor comprensión de cómo influye el rendimiento y la eficiencia de los motores sobrealimentados en diferentes altitudes.
- Se desarrolló un protocolo de prueba que permitió visualizar y grabar con precisión las formas de onda de presión en el cilindro utilizando un analizador gráfico en tiempo real. Esta metodología favoreció fundamentalmente la investigación y el desarrollo de este estudio.
- Se visualizó y grabó las formas de onda de presión del cilindro en motores sobrealimentados de una forma precisa para monitorear su rendimiento y realizar ajustes según sea necesario.



- Se realizó un análisis a diferentes altitudes de los valores obtenidos por el script Px donde se revelaron datos significativos relacionado con la variación de la altitud, la sincronización de válvulas, el tiempo de encendido y la evolución de la presión en el cilindro
- Se obtuvo un análisis del tiempo de apertura y cierre de las válvulas realizado a través del script lo que permitió identificar áreas de mejora para optimizar el rendimiento y la eficiencia del motor.
- Se fundamentó el impacto positivo del dispositivo compensador de altitud en el rendimiento y la eficiencia del motor sobrealimentado, especialmente a diferentes altitudes.
- Se utilizó gráficos de barras y tablas comparativas para analizar visualmente los valores obtenidos a diferentes alturas con y sin la implementación de la válvula compensador de altitud.



- La diferencia porcentual de presiones entre los valores sin modificar el vehículo con respecto a la modificación del mismo es de un 24.61% de rendimiento compensado al momento de instalar la válvula compensadora de altitud.
- Con las fases de distribución de gases se determinó los adelantos y retrasos que existió en las válvulas de admisión y escape, sin la instalación de la válvula solo hubo un pequeño adelanto extra de 3° específicamente a los 0 m.s.n.m. lo que provocó una pequeña pérdida de trabajo, mientras que con la instalación de la válvula se observó que desde los 500 m.s.n.m. hasta los 3000 m.s.n.m. se tiene un promedio de adelanto a la apertura del escape de 5° incidiendo en pérdidas de trabajo, por otro lado, ese sobre adelanto genera una mejor forma de expulsión de los gases de escape.



- Los resultados de la instalación de la válvula mostraron un impacto positivo en las emisiones de gases y la eficiencia del motor. Se ha reducido las emisiones de CO, CO<sub>2</sub> y HC en un 3%, mejorado la relación aire/combustible y disminuyó ligeramente la temperatura del motor. Estos cambios fueron indicativos de una combustión más limpia y eficiente, lo que es beneficioso tanto para el rendimiento del motor como para el medio ambiente



# RECOMENDACIONES

- Continuar investigando los modelos teóricos para comprender completamente el desarrollo del dispositivo compensador de altitud a diferentes altitudes.
- Capacitarse previamente para el uso adecuado del analizador gráfico y así poder garantizar la obtención de datos precisos.
- Realizar varias pruebas en las distintas altitudes a modo de obtener datos correspondientes y verdaderos para el análisis del mismo.
- Revisar que las grabaciones de las señales se hayan grabado y guardado sin ningún problema para una obtención de valores y gráficas correctas.
- Realizar cuadros, tablas y gráficas comparativas que detallen los valores obtenidos para facilitar el análisis en especial cuando hay muchos valores obtenidos.



- Evaluar la incidencia ambiental de análisis de gases del vehículo sobrealimentado con el dispositivo compensador de altitud instalado para verificar la estabilidad y rendimiento del mismo.



*¡ Gracias por su  
atención !*

