



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA



## “Análisis comparativo del comportamiento dinámico de amortiguadores Macpherson en el banco de pruebas Soft-Engine shock 3.0”

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

AUTORES: Angel Polivio Balseca Pucha

DIRECTOR: Ing. Víctor Danilo Zambrano

Latacunga - Ecuador

Noviembre del 2016



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

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. JUSTIFICACIÓN**
- 3. OBJETIVOS**
- 4. MATERIALES Y MÉTODOS**
- 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS**
- 6. MARCO ADMINISTRATIVO**
- 7. CONCLUSIONES**
- 8. RECOMENDACIONES**



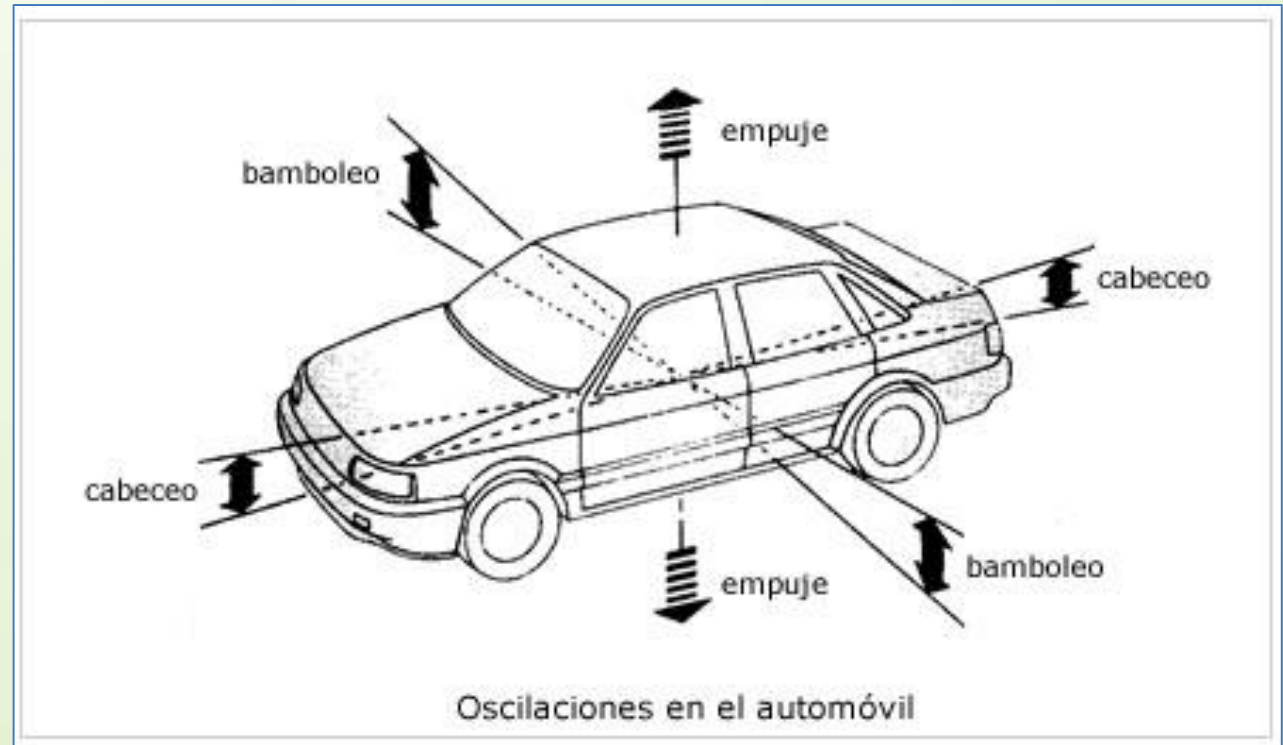
# Qué es el sistema de suspensión.

La función de la suspensión es mantener en cada condición de marcha, el contacto de las ruedas con la calzada y de minimizar la transmisión de movimientos vibratorios a la carrocería del vehículo; por lo que hablamos de confort, tracción y estabilidad en condiciones críticas de funcionamiento.



Suspensión delantera y posterior

La suspensión también ayuda a producir la menor cantidad de oscilaciones para que no se transmitan a los ejes cuando son expuestos los neumáticos a baches o irregularidades del camino



Oscilaciones generadas en un vehículo.

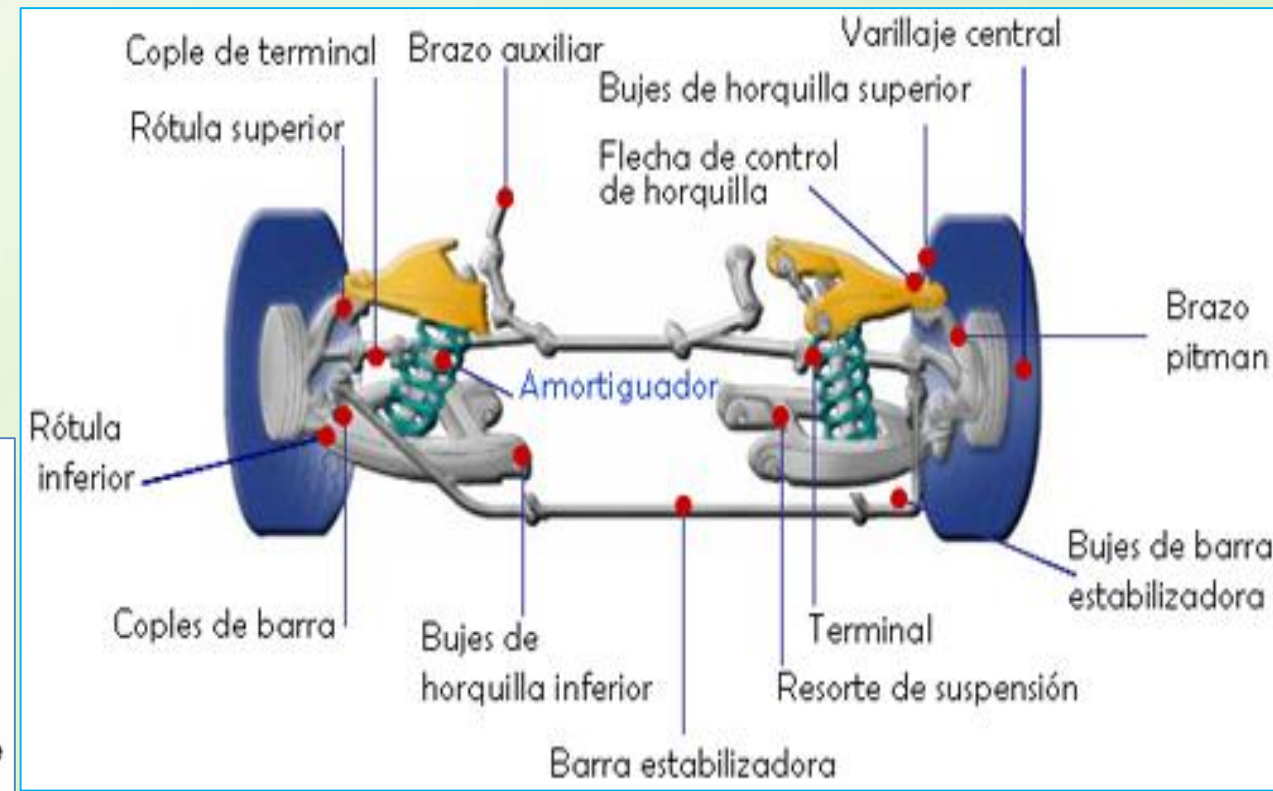
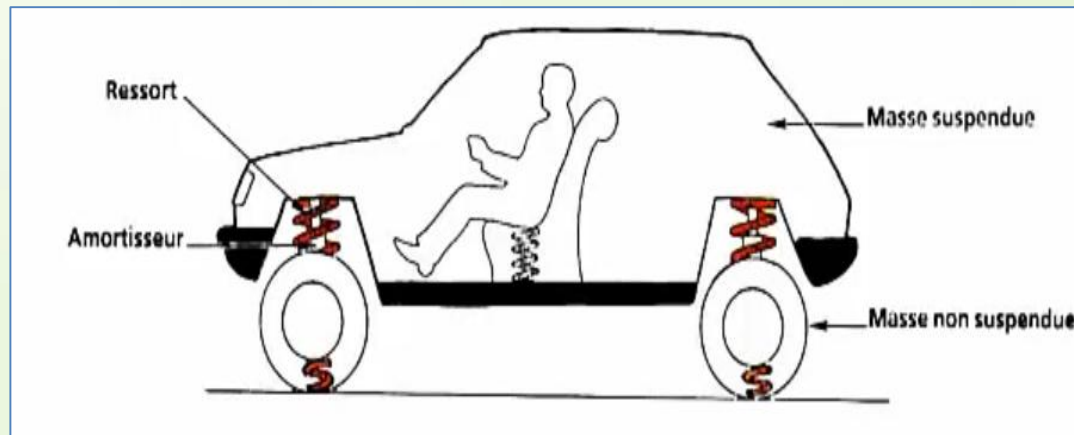
# Componentes de la suspensión

Son aquellos que están interpuestos entre las **masas suspendidas** y las **masas no suspendidas**.

Los componentes del sistema son :

Elementos flexibles: **resortes**, **cauchos**, **gas**

Elementos de amortiguación: **amortiguador**.

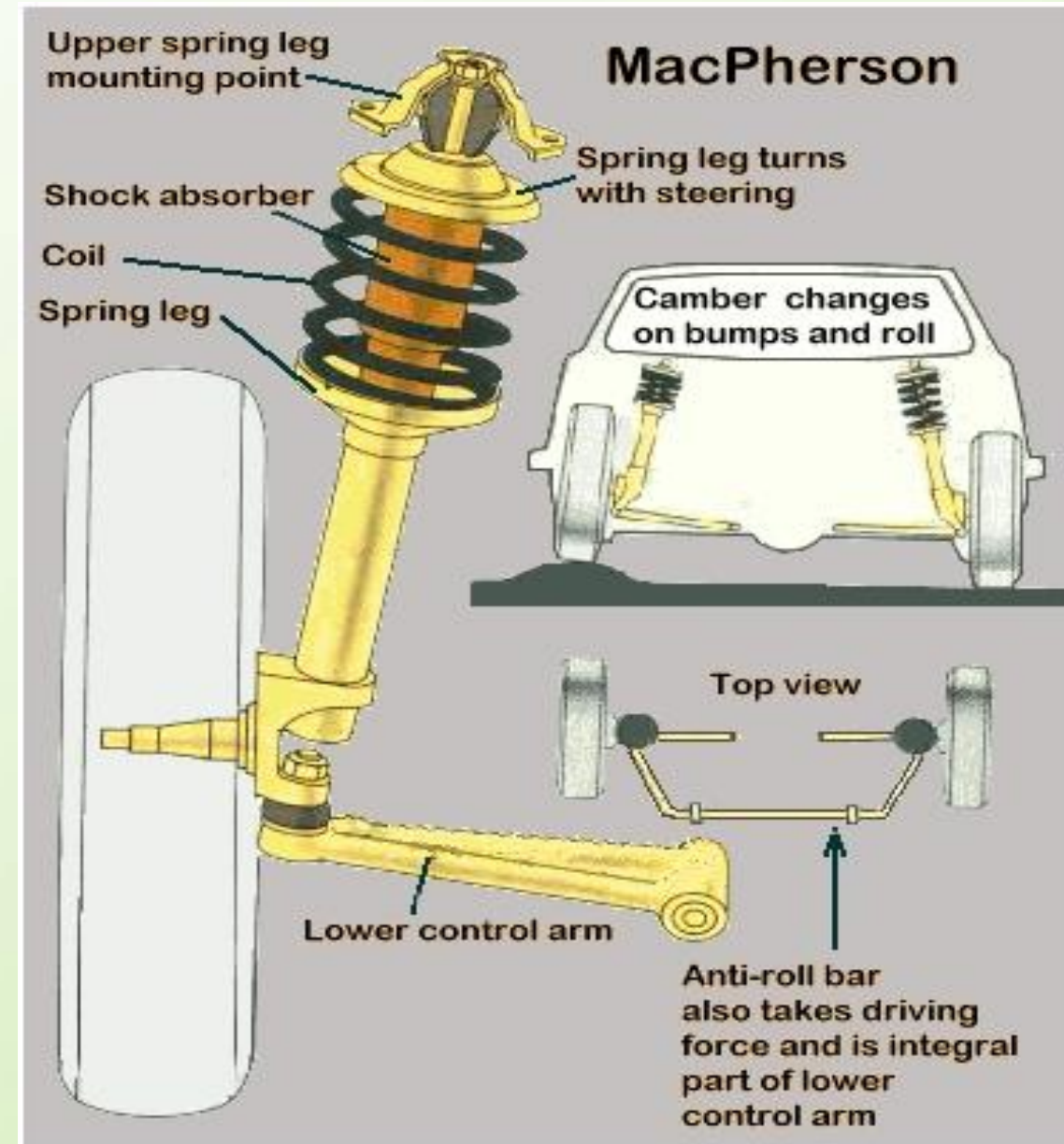




## Suspensión MacPherson

Esta suspensión , además de cumplir su función como suspensión y amortiguación, también sirve como eje vertical de giro de las ruedas y punto de apoyo de la dirección.

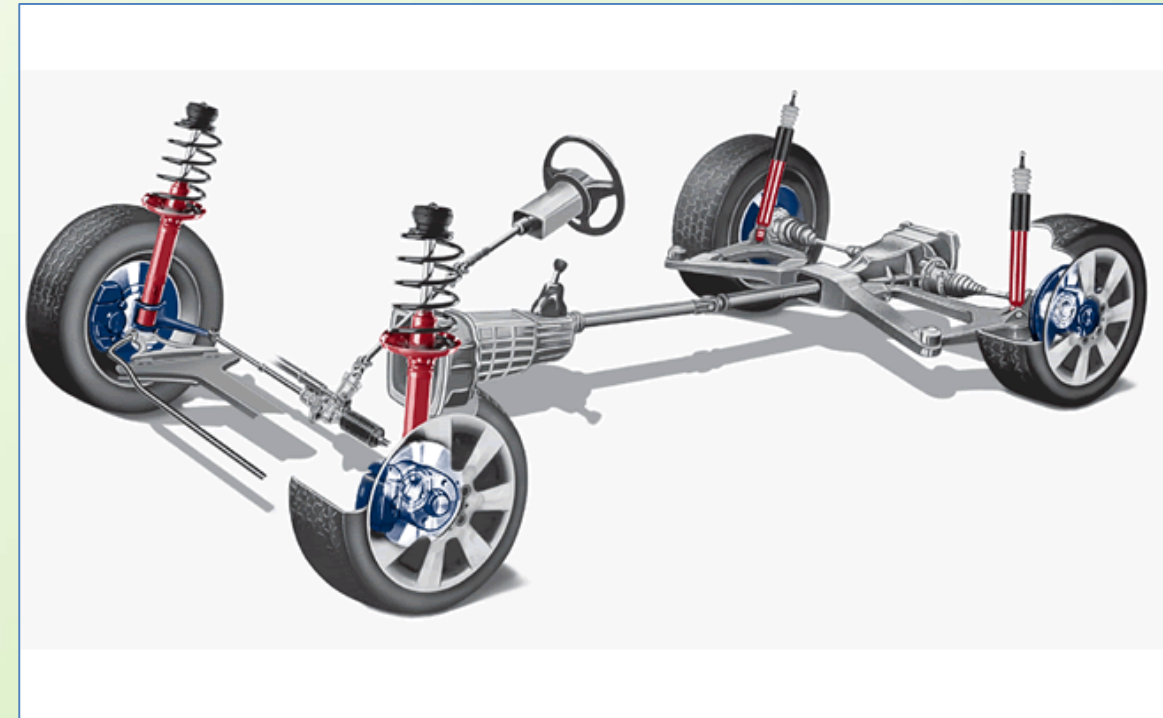
Esta conformada por un triángulo articulado formado por el bastidor, el brazo inferior y el conjunto muelle-amortiguador.





# Amortiguadores

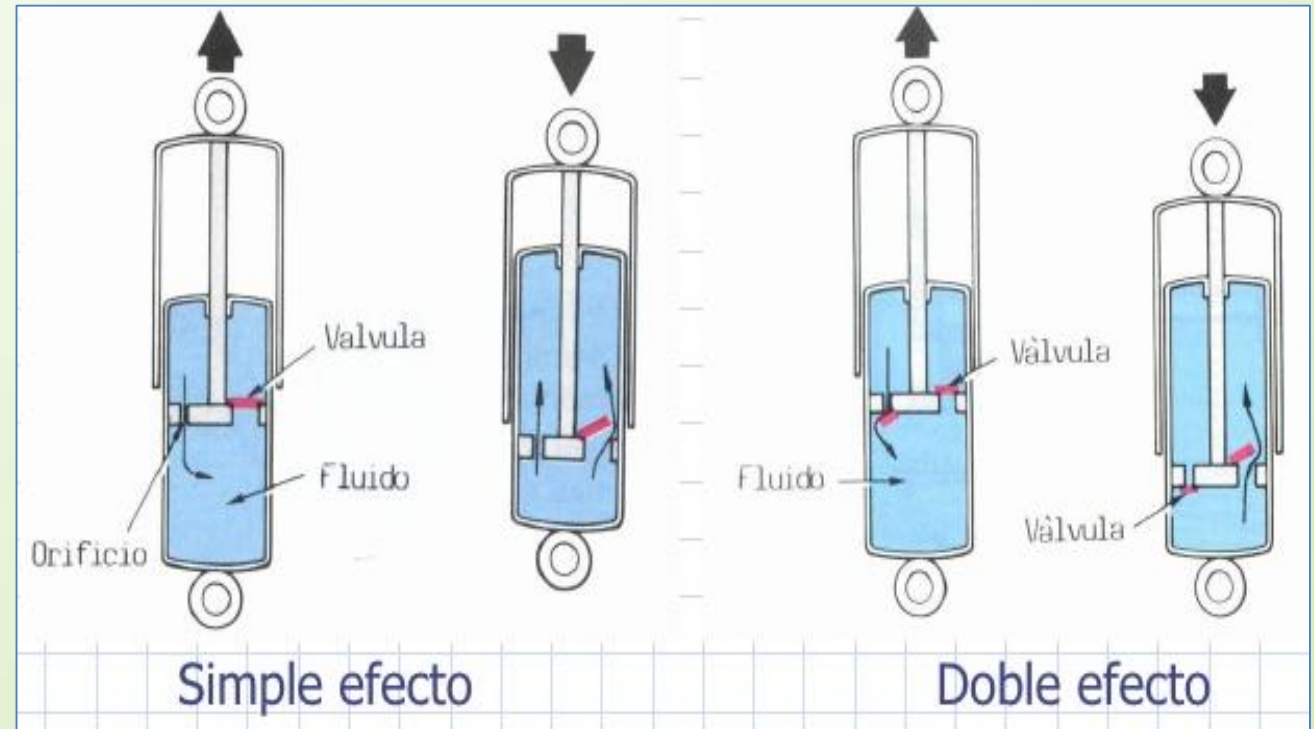
El amortiguador es un dispositivo que absorbe energía, utilizado normalmente para disminuir las oscilaciones no deseadas de un movimiento periódico o para absorber energía proveniente de golpes o impactos.



Amortiguadores

# Tipos de amortiguadores

- Según su sentido de trabajo:
1. Amortiguadores de simple efecto: **sólo amortiguan en un sentido.**
  2. Amortiguadores de doble efecto: amortiguan en extensión y compresión.



Amortiguadores simple y doble efecto.





# Tipos de amortiguadores

- Según el fluido de amortiguación:

## 1. Amortiguadores de gas.

en realidad no son "de gas", son hidráulicos y además vienen cargados con gas nitrógeno presurizado, esto significa que en lugar de quedar aire en las cámaras cuando sale el aceite hay gas nitrógeno.

**VENTAJAS:** Evita que se formen burbujas, Incrementa la velocidad de retorno y disminuye el tiempo de las oscilaciones

**DESVENTAJA:** que son más "RIGIDOS"

## 2. Amortiguadores hidráulicos.

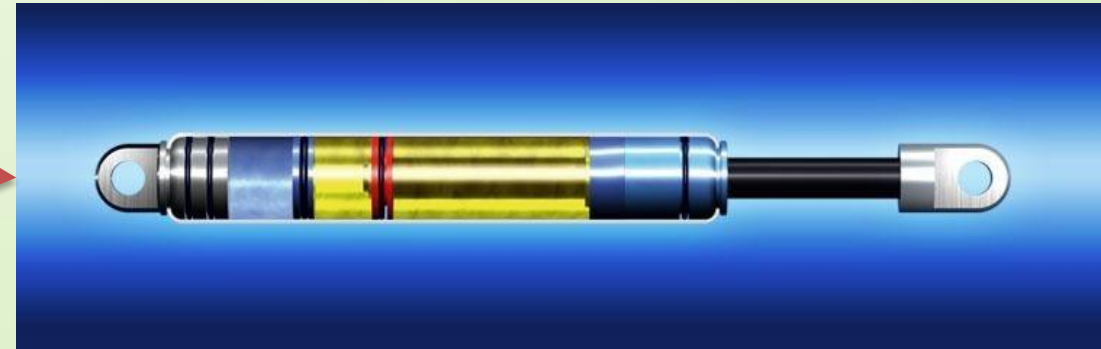
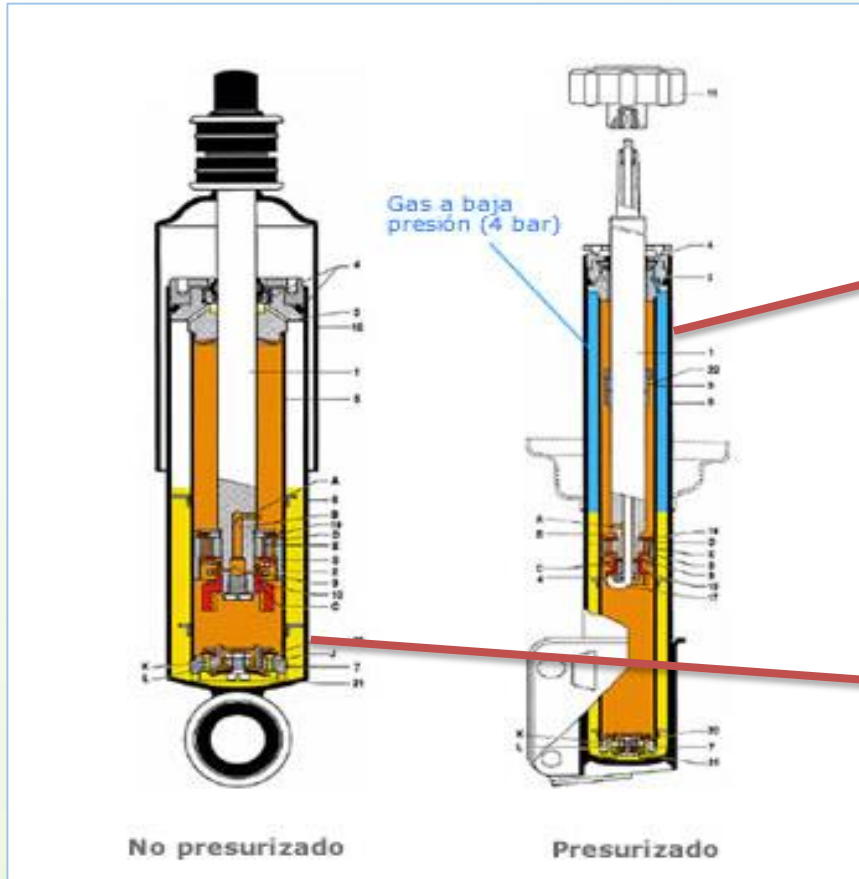
trabajan únicamente con aceite, estos contienen dos cámaras y según el movimiento del vástago el aceite pasa de una cámara a otra, estas cámaras contienen aire solamente donde va entrando el aceite por medio de unas válvulas reguladoras

**VENTAJAS:** No son tan rígidos

**DESVENTAJA:** Menos rendimiento en curvas exigentes, genera burbujas el paso del aceite de una cámara a otra.



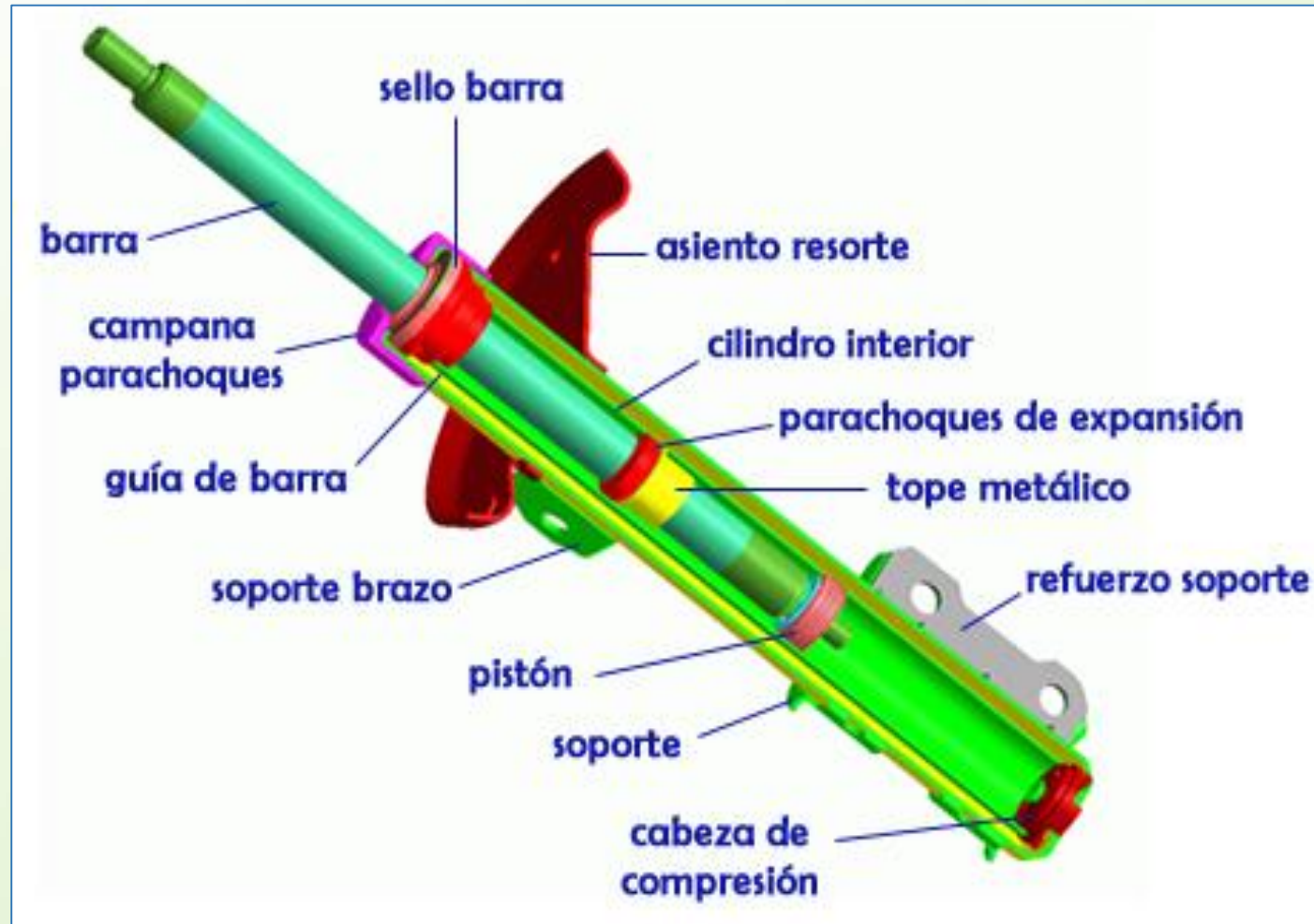
## Amortiguador de gas



Amortiguadores hidráulico vs gas.

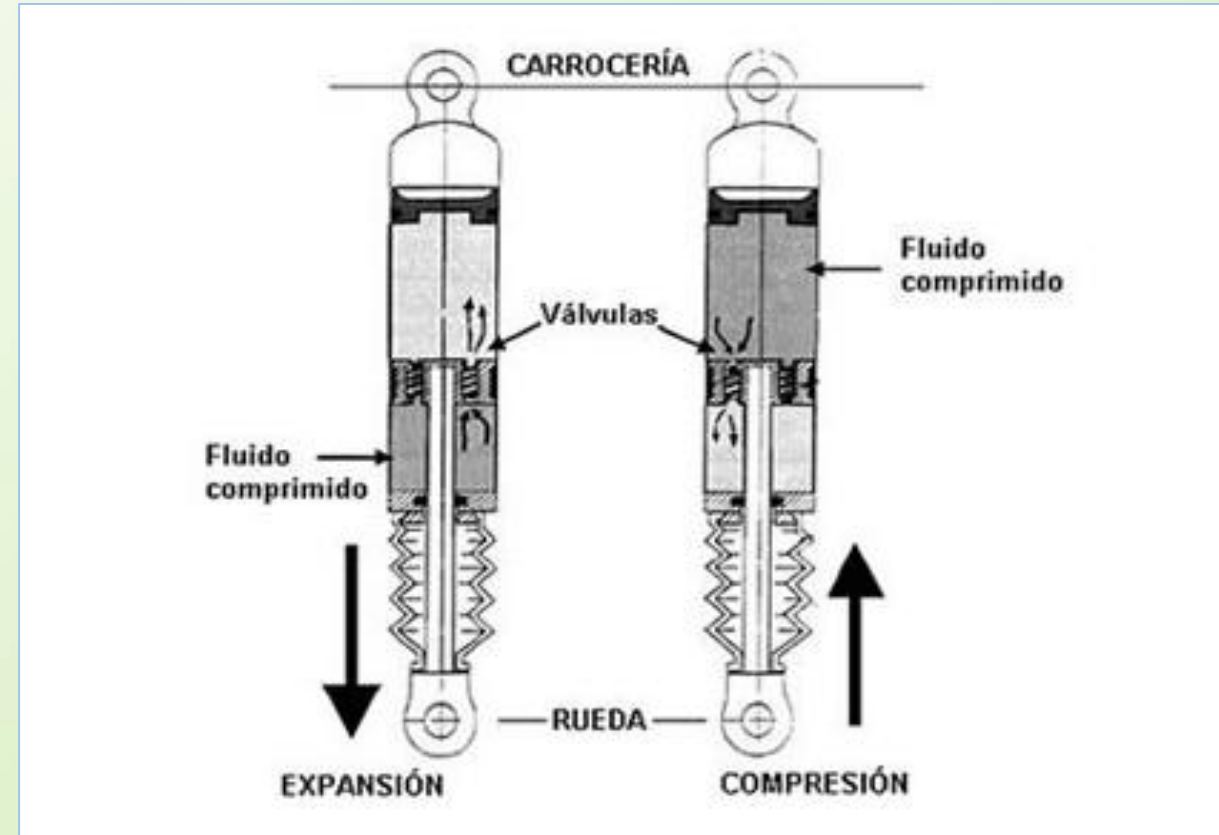
Amortiguador hidráulico

# Componentes del amortiguador

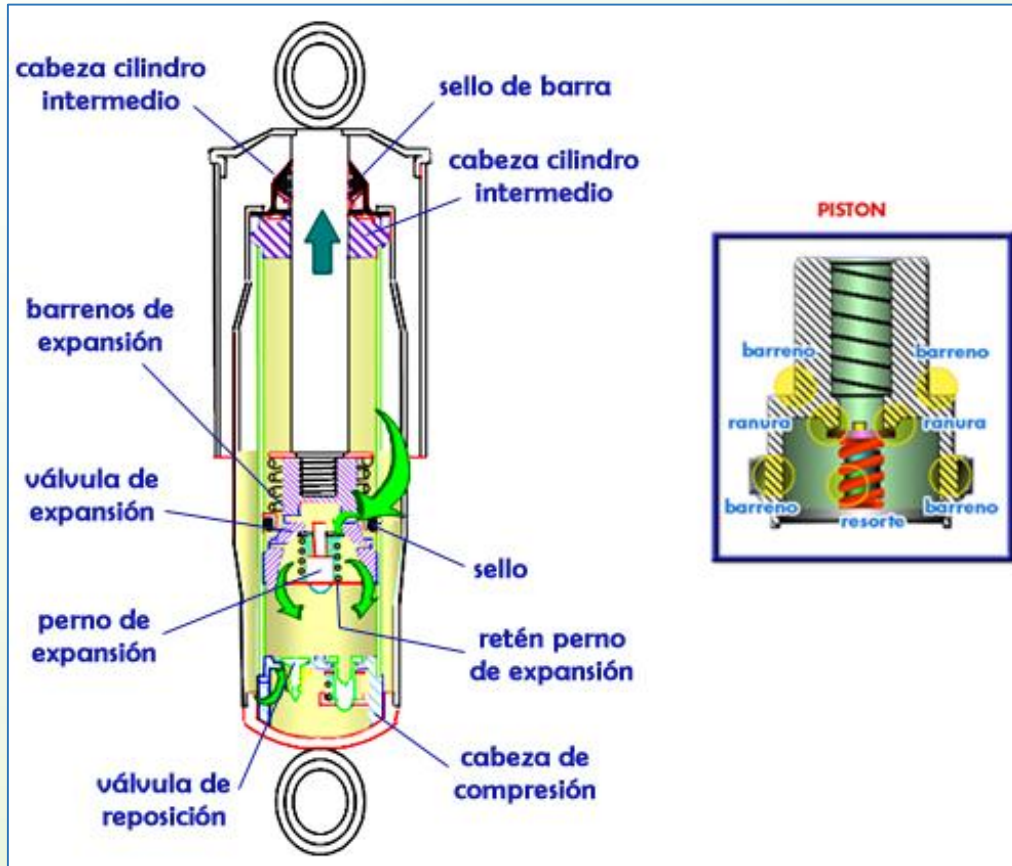


# Funcionamiento del amortiguador.

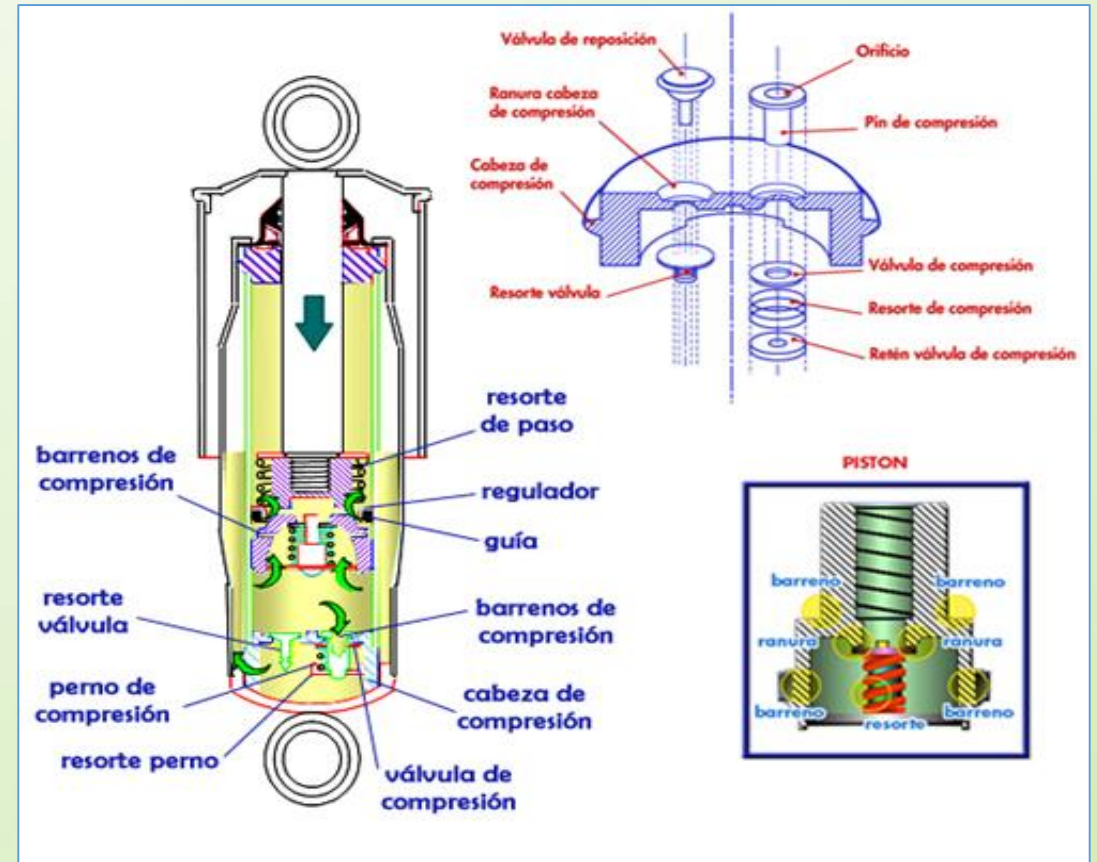
- El funcionamiento de este componente se basa principalmente en la circulación de aceite/fluido entre los componentes internos a través de un conjunto de válvulas que generan oposición al paso del mismo entre las cámaras., de esta forma se controlan las oscilaciones de la suspensión durante las fases de expansión y compresión del amortiguador.



## Amortiguador en expansión

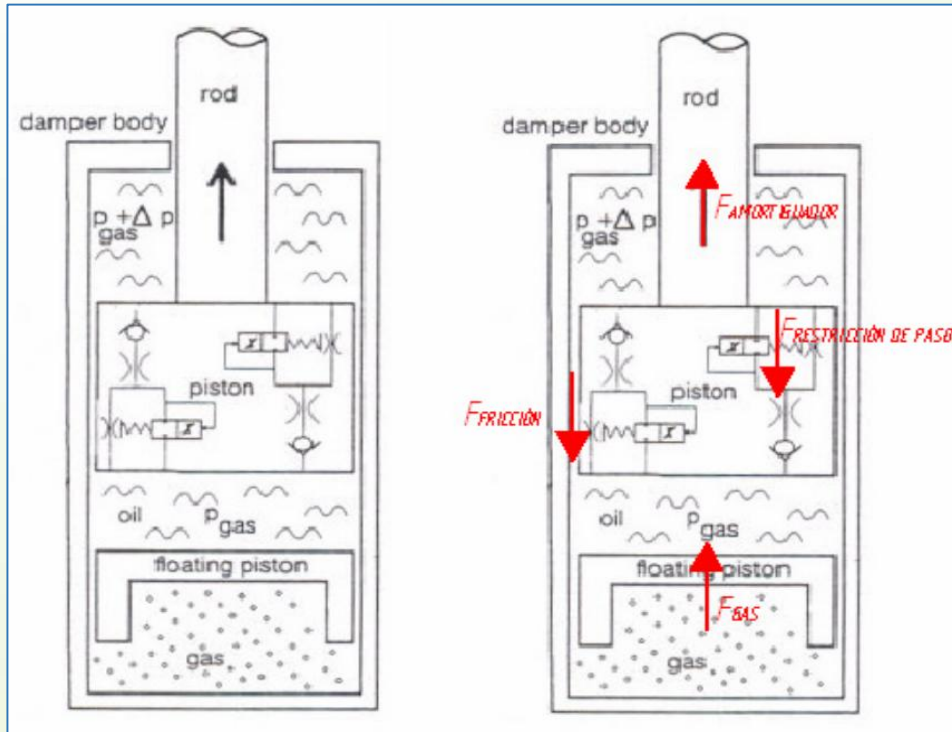


## Amortiguador en compresión



# Modelos matemáticos

## Modelo de Reybrouck K.



## Modelo de Rhoades

- Con este modelo se pueden crear apropiadamente las gráficas Fuerza-Velocidad y Fuerza-Desplazamiento para su posterior análisis. Para lo cual, Rhoades hizo uso de una diagramadora para comprobar la correcta correlación de los datos teóricos con los experimentales

$$F (\text{amortiguador}) = F(\text{gas}) - F(\text{restricciondepaso}) - F(\text{friccion}) \quad (1)$$



# Modelo de Rhoades

Diagrama fuerza/velocidad

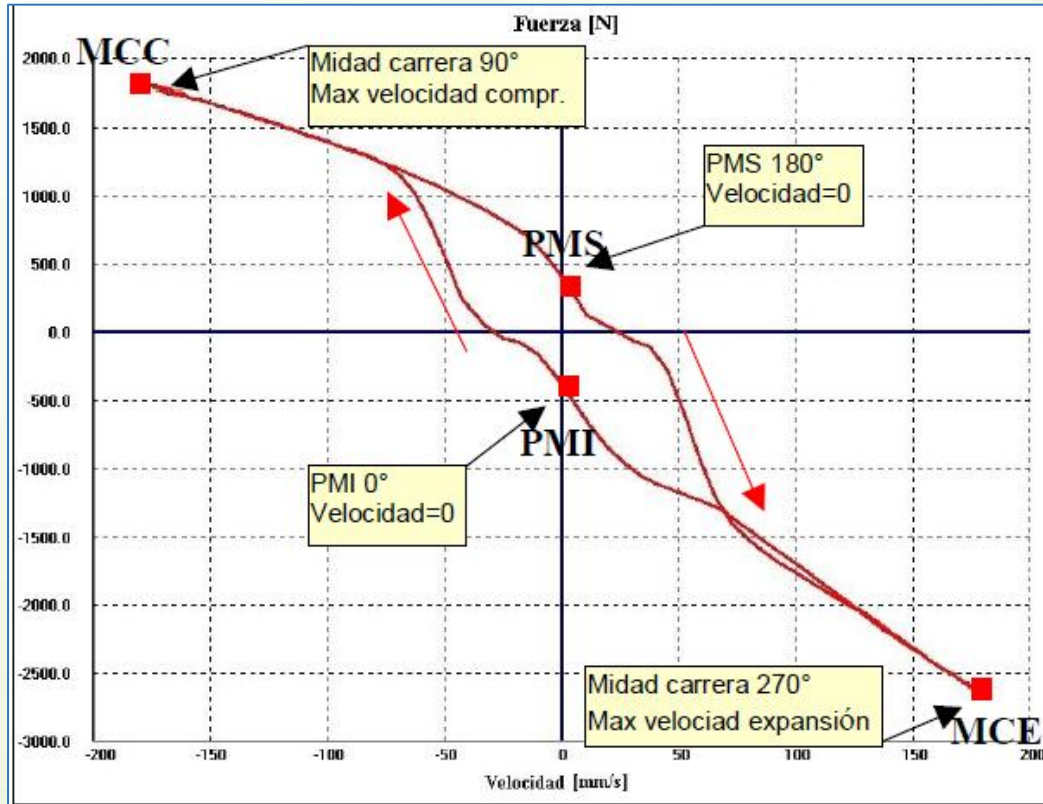
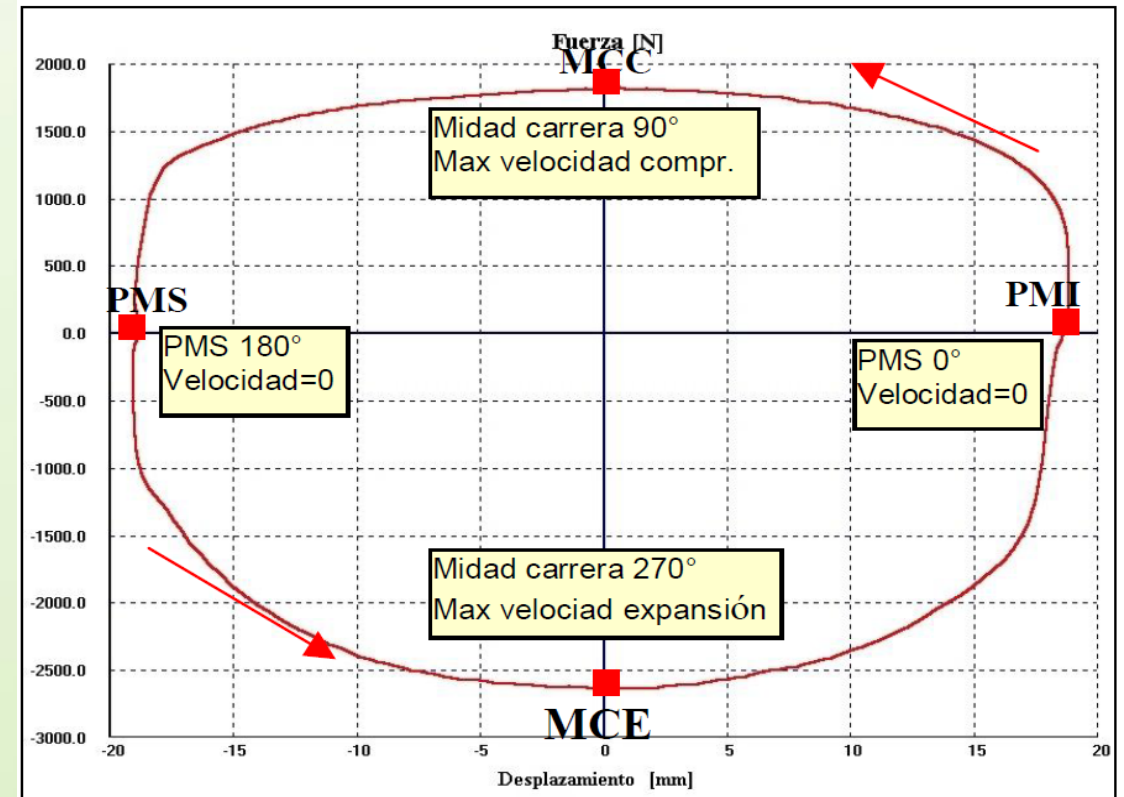


Diagrama fuerza/desplazamiento





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

1. INTRODUCCIÓN
2. JUSTIFICACIÓN
3. OBJETIVOS
4. MATERIALES Y MÉTODOS
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS
6. MARCO ADMINISTRATIVO
7. CONCLUSIONES
8. RECOMENDACIONES



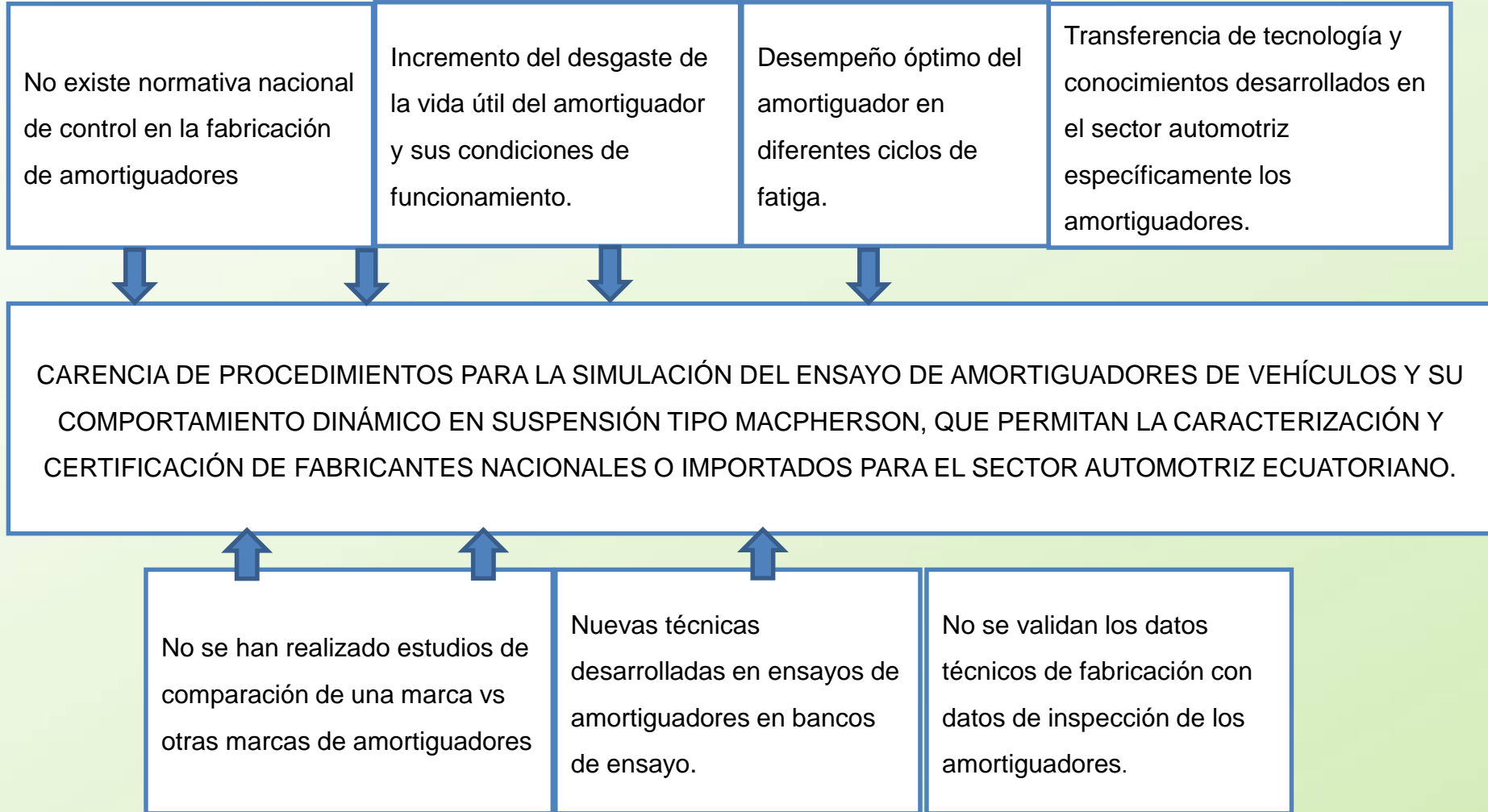


# JUSTIFICACIÓN

- El avance tecnológico en el campo automotriz hace que se esté a la par con las nuevas tecnologías; y brindar alternativas para mejorar las prestaciones del amortiguador en el sistema de suspensión MacPherson, creando fuentes de investigación que utilicen equipos de pruebas sofisticados que simulen experimentalmente el funcionamiento del amortiguador en diferentes condiciones de conducción.



# ÁRBOL DEL PROBLEMA





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

1. INTRODUCCIÓN
2. JUSTIFICACIÓN
3. **OBJETIVOS**
4. MATERIALES Y MÉTODOS
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS
6. MARCO ADMINISTRATIVO
7. CONCLUSIONES
8. RECOMENDACIONES



# OBJETIVO GENERAL

- Realizar el análisis comparativo del comportamiento dinámico de amortiguadores MacPherson en el banco de pruebas para certificar y validar los resultados del ensayo, cumpliendo la normativa vigente legal y controlar la producción nacional de este producto.



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recolectar la información bibliográfica correspondiente a manuales y datos técnicos que permitan un manejo adecuado del banco de ensayos de amortiguadores Dyno Shock -11.
- Estudiar el amortiguador como uno de los componentes utilizado en un sistema de suspensión MacPherson.
- Describir y comparar el comportamiento dinámico de amortiguadores en condiciones críticas de funcionamiento.
- Programar el software para realizar el ensayo en el banco de pruebas de acuerdo a las especificaciones del manual de fabricante.



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar las pruebas en el banco de ensayos de amortiguadores Dyno shock-11 para determinar los parámetros característicos (curvas fuerza/desplazamiento, fuerza/velocidad, fuerza/velocidad absoluta, fuerza media /velocidad absoluta, fuerza /picos de velocidad, temperatura/tiempo y todas las magnitudes graficadas en el tiempo a diferentes velocidades o frecuencias) de las muestras tomadas del mercado.
- Registrar los datos obtenidos en los ensayos, para generar un cuadro comparativo entre las muestras de los amortiguadores que se tomaron para el ensayo.
- Proponer un procedimiento de ensayo de amortiguadores con el respectivo alcance del banco.



# HIPÓTESIS

- El análisis comparativo de amortiguadores en suspensión MacPherson permitirá mejorar los parámetros característicos del amortiguador y saber el estado del mismo para su correcto uso, como también controlar la calidad de producción.



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

1. INTRODUCCIÓN
2. JUSTIFICACIÓN
3. OBJETIVOS
4. EQUIPOS, ACCESORIOS Y MÉTODOS
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS
6. MARCO ADMINISTRATIVO
7. CONCLUSIONES
8. RECOMENDACIONES



# Banco de prueba de amortiguadores Dyno shock 11

- Su funcionamiento se basa en la posibilidad de aparentar el trabajo hidráulico del amortiguador, desvinculándolo de la geometría del sistema, para estudiar como contesta a los varios apremios impartidos por el banco, bajo formas de ciclo de fatiga que recrean el comportamiento dinámico del vehículo.



**PARTES MECÁNICAS**  
M1=Travesía  
M2=Astas  
M3=Mordida ataque inferior  
M4=Mordida ataque superior  
M5=Glifo oscilante  
M6=Portillo protección sup.  
M7=Portillo protección inf.

**PARTOS ELÉCTRICOS Y SENSORES**  
E1=Aparato de seguridad  
E2=Captador de fuerza  
E3=Termopar tipo "T"  
E4=Sensor desplazamiento  
E5=Stop de emergencia  
E6=Manopla ON/OFF

**DIMENSIONES**

Modelo banco (DS x = DynoShock x)	DS 3	DS 5	DS 7	DS 10
Dimension				
L	550	550	940	940
H1 (*)	2110	2110	2400	2400
H2	780	780	895	895
W	550	550	950	990

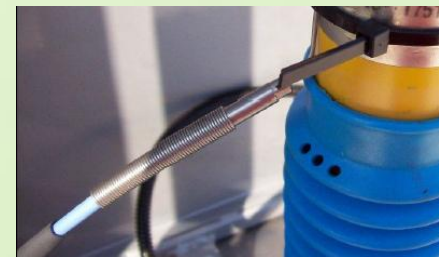
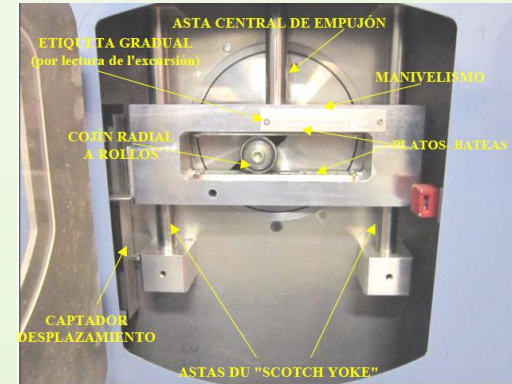
Dimensiones en mm

(\*)La altura H1 puede variar por bancos no estándar en relación con el largo de las astas.



# Accesorios complementarios para el banco.

Accesorios	Descripción
<b>Software Shock 3.0</b>	Permite ingresar los datos y nos da como resultados las curvas características del amortiguador.
<b>Scotch Yoke oscilante</b>	Permita regular la excursión manual en el banco para el ensayo.
<b>Captador de fuerza</b>	hasta 2500 Kg por medida fuerza
<b>Inversor</b>	según la potencia del motor eléctrico
<b>Transductor de posición</b>	Este nos emite la señal digital de la posición del amortiguador.
<b>Sensor de temperatura</b>	Permite obtener la variación de la temperatura del amortiguador.
<b>Seguridad</b>	Componentes de seguridad para la realización de ensayos.



## Cámara termografía FLIR A300

- Esta es una cámara de infrarrojos que mide y toma imágenes de la radiación infrarroja emitida por un objeto que se visualiza en una pantalla, a través de isoterma con distintos colores según la variación de temperaturas en los amortiguadores.



Cámara termo gráfica FLIR



# Amortiguadores seleccionados

Ítem	Descripción	Marca	Código	Carrera
1	Amortiguador original	Record	96586885	164 mm
2	Amortiguador original	Record	96586886	164 mm
3	Amortiguador alternativo	Mando	n/e	168 mm
4	Amortiguador alternativo	Mando	n/e	168 mm



**Amortiguadores muestras (4)**



# Metodología de ensayo

- **Tipologías de prueba:**

He aquí los tipos de prueba que el banco amortiguador puede efectuar:

- **Prueba a velocidad fija:**

Es una prueba útil para valorar el calibrado del amortiguador en función de una carrera máxima a cierta velocidad, de modo que valorar correctamente el funcionamiento de la fontanería del amortiguador y notar eventuales anomalías, con base en el curso de la gráfica Fuerza / Desplazamiento (que tiene que normalmente ser de forma elíptica).



# Metodología de ensayo

- **Prueba a velocidad variable:**
  - \* Con esta prueba es posible probar el amortiguador imponiendo una progresión de frecuencias de oscilación.
  - \* Será posible valorar el comportamiento del amortiguador en diferentes ciclos de fatiga.



# Metodología de ensayo

- **Prueba de Oscilación Libre (Averigua Rápida)**
- Con esta prueba se puede hacer oscilar libremente el amortiguador para verificar particulares condiciones de esfuerzo, o la correcta medición de los sensores.
- También son posibles de las pruebas preliminares, de efectuar por lo tanto antes del lanzamiento real.



# Metodología de ensayo

- **Warm-up:**
- Prueba para hacerse al aceite del amortiguador para que alcance la temperatura de trabajo optima antes de iniciar la prueba.
- Normalmente, durante su funcionamiento real, el amortiguador padece cierta calefacción:
- Con esta prueba, es posible probar la fontanería del amortiguador a cierta temperatura, que se puede programar en el software un cierto tiempo de pre-calefacción.





# Procedimiento

## 1. Colocar los soportes superior e inferior.

- Estos se construyeron para adaptar los amortiguadores utilizados en suspensión MacPherson en el banco de pruebas.



**Soportes y amortiguador fijados en el banco**



# Procedimiento

2. Posicionar el amortiguador en el banco y cerrar la taquilla de protección
3. Colocar el sensor de temperatura a la fontanería del amortiguador.
4. Conectar el cable de interfaz al ordenador:
  - Permite obtener los resultados de las fuerzas como de las temperaturas mediante el software y su llave de seguridad.



# Procedimiento

5. Medir la carrera de los amortiguadores.

Este parámetro debe ser ingresado en el software para el ensayo independiente del amortiguador, la carrera para los 4 amortiguadores es de 164 mm de longitud.





## 6. Impostación de los datos “prueba a velocidad fija”

- Elegir la prueba
- Insertar un código por la prueba, de largo cualquiera, dar notas descriptivas (área amarilla).
- Insertar el valor de la carrera (panel Impostación prueba).
- Elegir “frecuencia” o “velocidad” e insertar el valor deseado en el apartado activo correspondiente. Máximo valor de frecuencia aconsejado posible: 5 Hz, 1000 mm/s.



## Procedimiento

- Picar sobre el interruptor rojo “inicio” para iniciar la prueba.

7. Averigua periódicamente todos los parámetros de adquisición.

¡Pica aquí!

Inicio test

Excursión

Frecuencia/Velocidad

Inicio

Excursión [mm]: 40

Frecuencia [Hz]: 1.500

Velocidad [mm/s]: 200

Step Variable / Step Ego

Limites Fuerza de Seguridad: Suela Interferencia, Suela Test

WARM-UP: No, Tiempo [s], Temperatura [°C], Velocidad [mm/s]

GAS PRUEBA: No, Gas Prueba [psi]

Indicadora frecuencia y prueba

Display frecuencia y velocidad

Nivel invertir

Display sensores captador de fuerza, desplazamiento y termopar

Investigación Cero

Datos prueba: Excursión [mm], Frecuencia [Hz], Velocidad [mm/s], Step [mm/s]

Prueba: 0, Ciclo: 0

Frecuencia [Hz], Velocidad [mm/s]

PMI: Investigación Cero, Prueba Rápida

INICIO TEST, SALIDA PRUEBA, Clicar aquí para modificar algunos calibrados de, Investiga posición del Punto Muerto Inferior, Prueba rapida

INICIO, ABORT, Parametros, Detar

Presionar la barra espaciadora o clicar sobre Inicio para comenzar la prueba





# Procedimiento

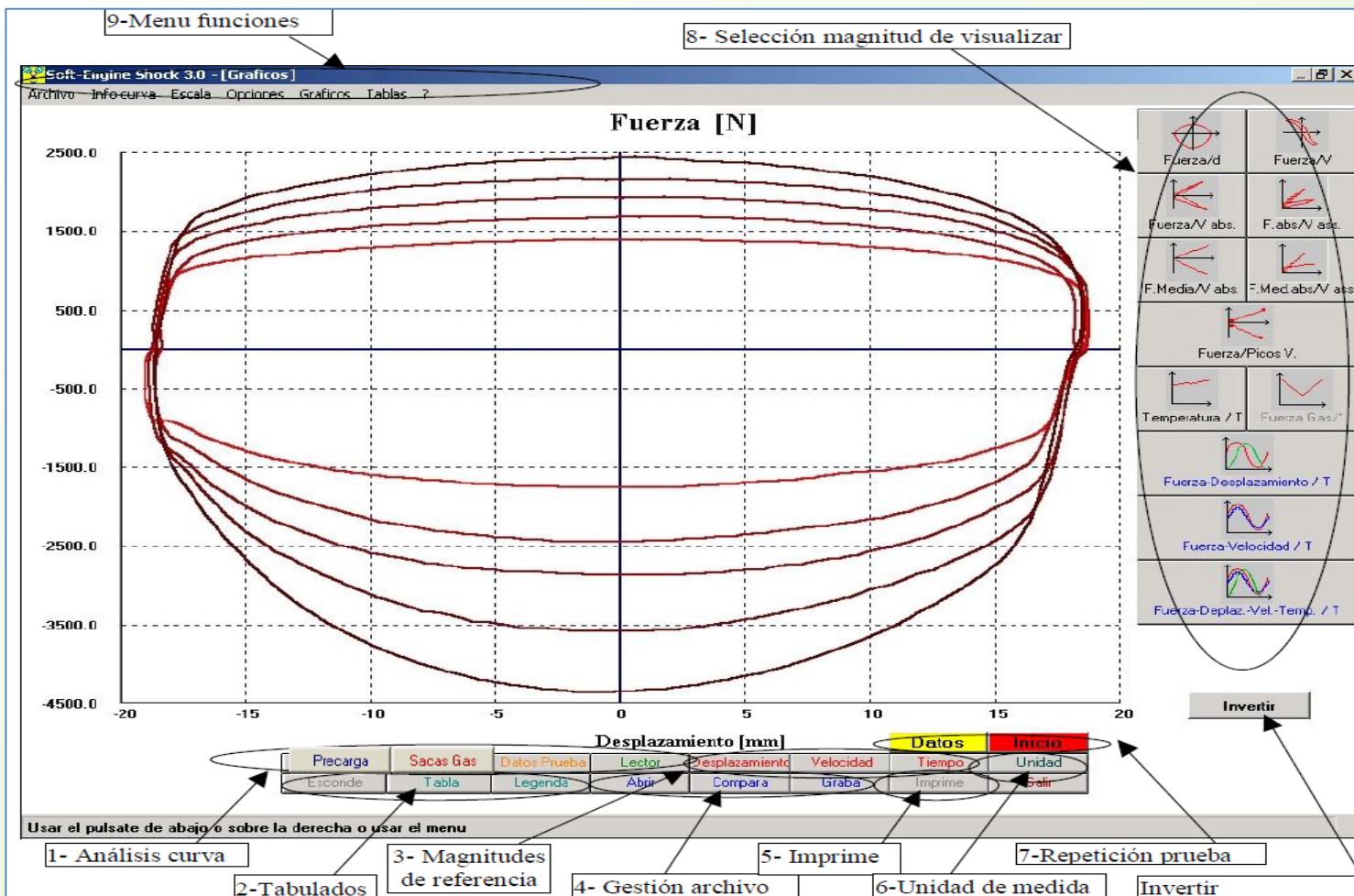
8. Visualización y análisis de los resultados.
  - El software puede visualizar los datos en forma de diagramas, o en forma de tabulados.
  - Apenas la prueba termina (señal de stop), automáticamente se abre la ventana de los gráficos con la curva “fuerza/desplazamiento”, de modo que se podrán analizar los resultados. En esta ventana hay todos los mandos necesarios para poder efectuar una gestión completa de la prueba y analizar los resultados.



# Procedimiento

## 9. Gestión del archivo

Apenas terminada la prueba, es aconsejable memorizar el archivo.



resultados de la prueba.



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

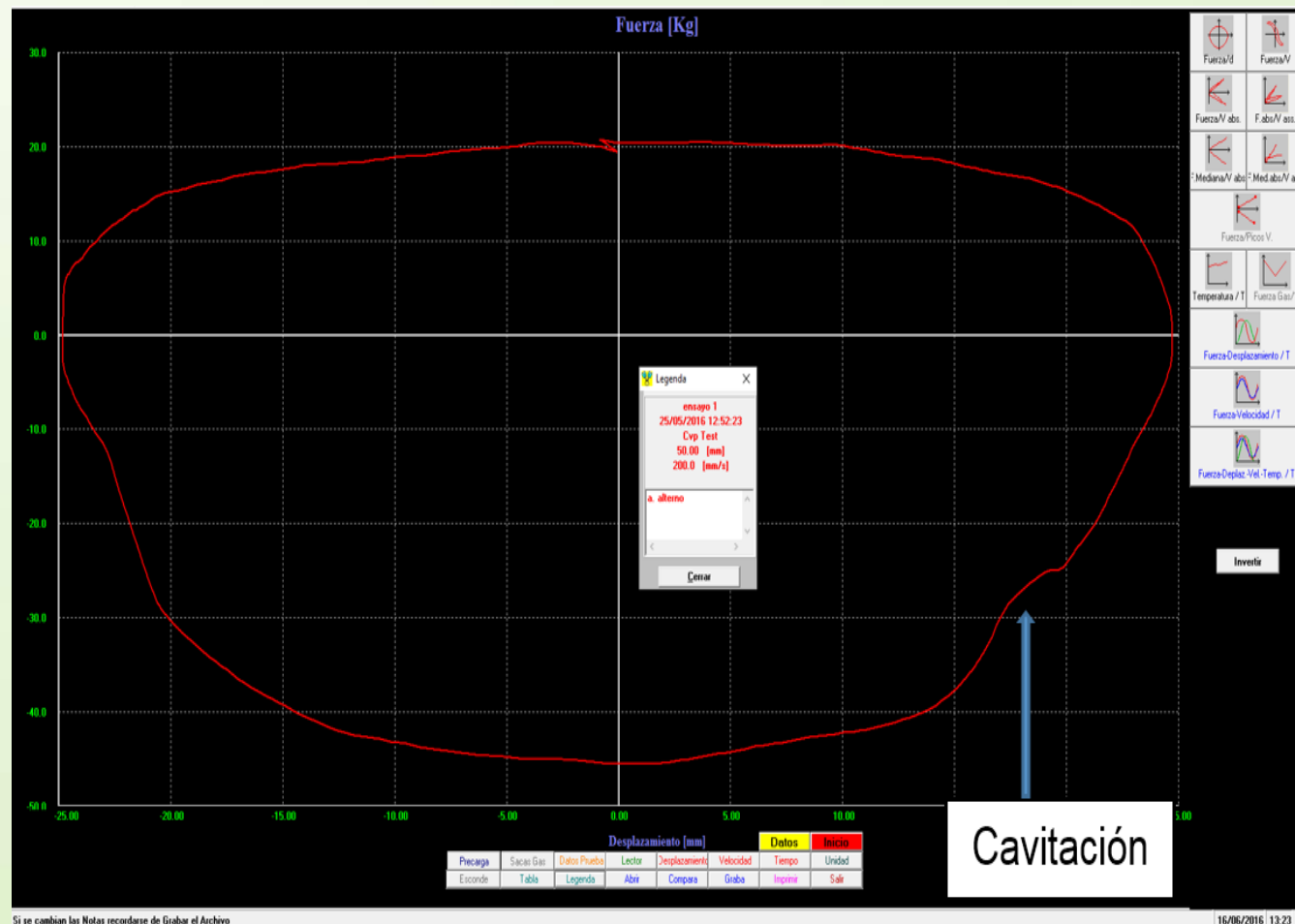
1. INTRODUCCIÓN
2. JUSTIFICACIÓN
3. OBJETIVOS
4. MATERIALES Y MÉTODOS
5. **ANÁLISIS DE RESULTADOS**
6. MARCO ADMINISTRATIVO
7. CONCLUSIONES
8. RECOMENDACIONES





# Ensayo 1. Prueba a velocidad fija.

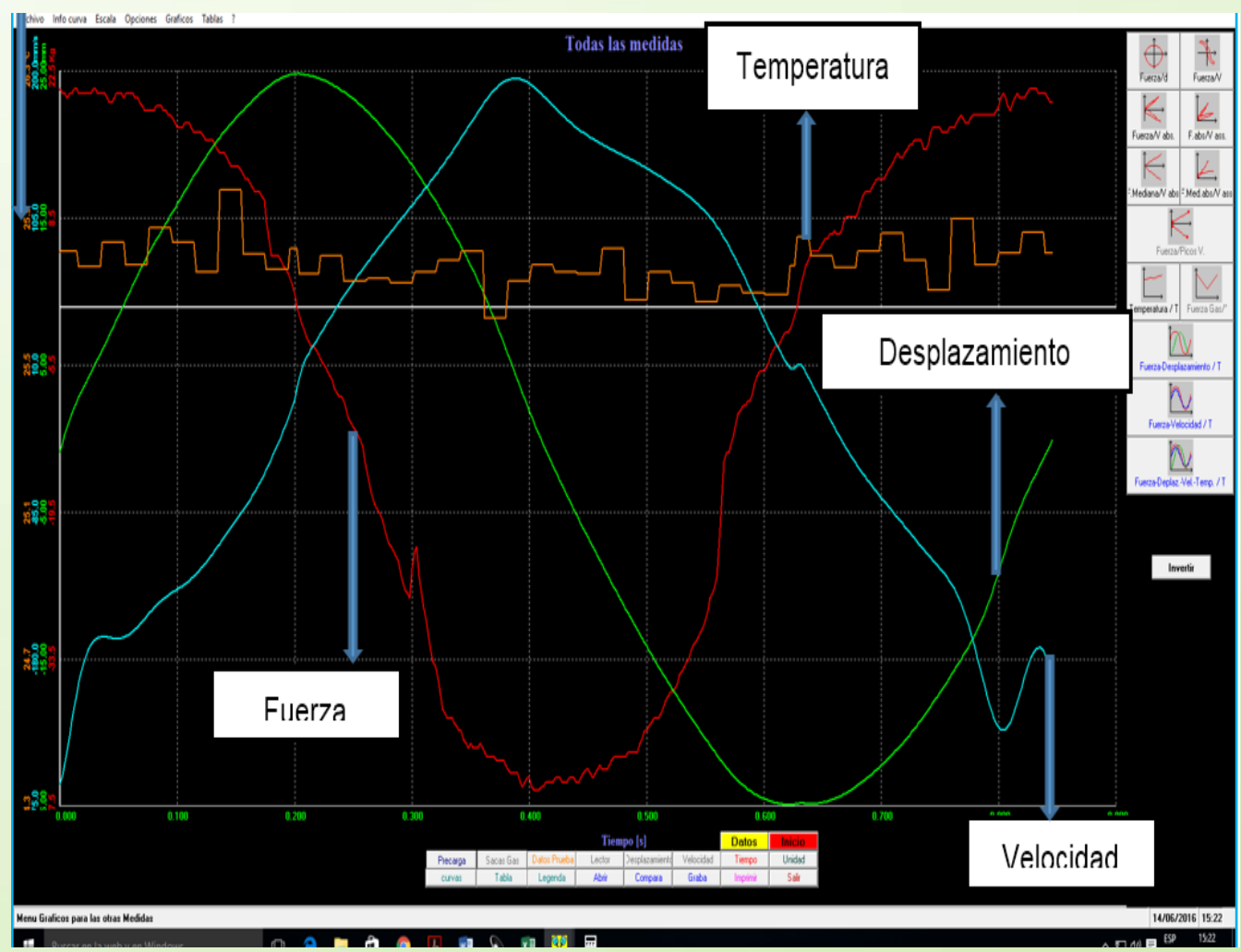
Se observa una cavitación (vaporización del fluido) existentes en las válvulas reguladoras producidas por cambio brusco de la velocidad del fluido, así como también una pérdida de fuerza en la mitad de la carrera de compresión





# Ensayo 1. Prueba a velocidad fija.

- Se observa las curvas características del amortiguador en función del tiempo, esto nos permite valorar los rangos de funcionamiento de este elemento en una sola panorámica, como también los datos de las variables dependientes reales del ensayo.





# Ensayo 1. Prueba a velocidad fija.

- Se observa los resultados de fuerzas máximas, como de temperatura mediana para un ciclo determinado, los cuales serán de gran importancia para comparar resultados.

**Datos prueba** [X]

Prueba   Run

Excursión [mm]	50,3
Precarga [Kg]	1,22
Roce Despego [Kg]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	200,0

	Fuerza [Kg]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	20,76	-194,23
Pk.Estens.	-45,99	195,07

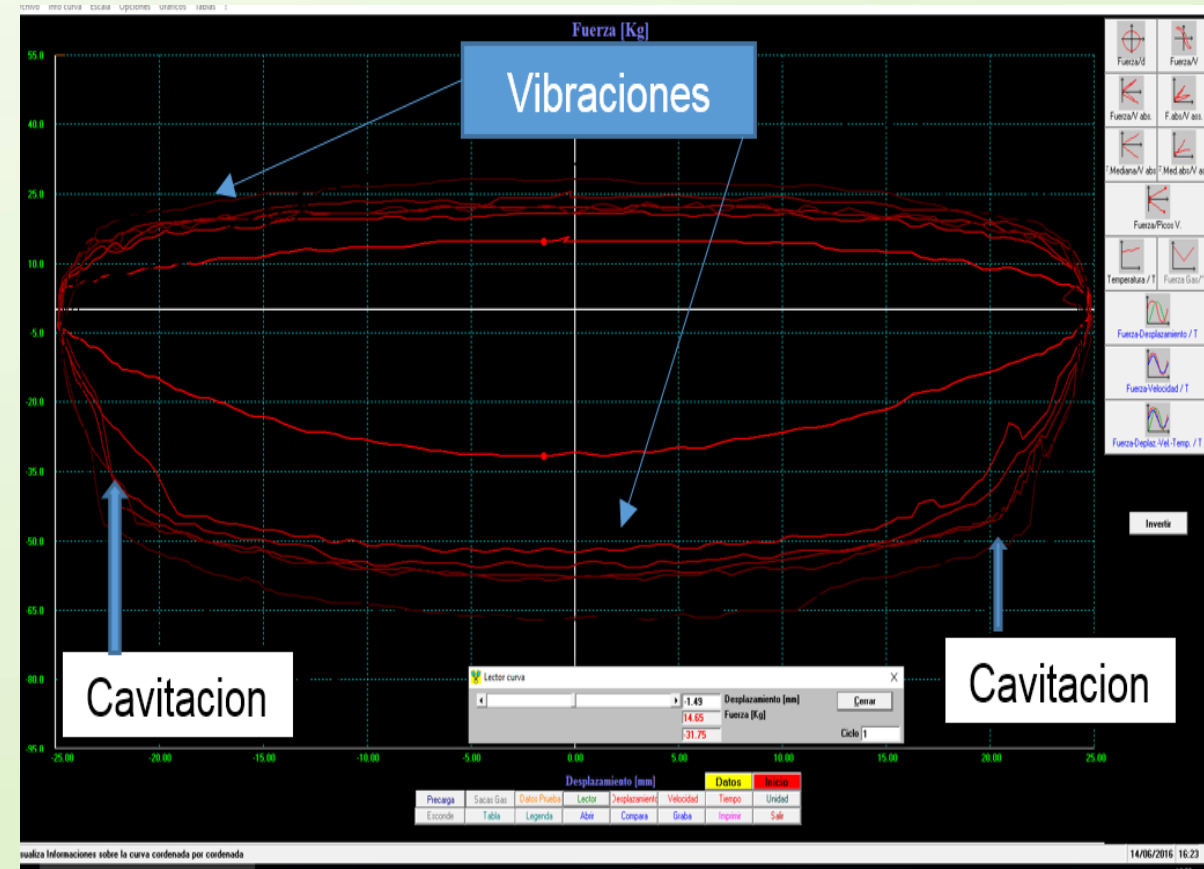
  

Temp.Mediana	25,77
--------------	-------



# Ensayo 2. Prueba a velocidad variable con step variable

- En esta prueba se impone una progresión de frecuencias o velocidad de oscilación variable: donde se realizan varios ciclos para poner al amortiguador en condiciones críticas de funcionamiento, con lo que se obtendrá futuros pronósticos para mantenimiento y para determinar la vida útil del mismo





# Ensayo 2. Prueba a velocidad variable con step variable

- Los resultados de la figura han sido tomados del ciclo 10, como también nos permite tomar de cualquier otro ciclo según el requerimiento de análisis de las curvas, así también su temperatura mediana de ensayo.

Datos prueba

Prueba 1  Run 10

Excursión [mm]	50,27
Precarga [Kg]	1,22
Roce Despego [Kg]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0

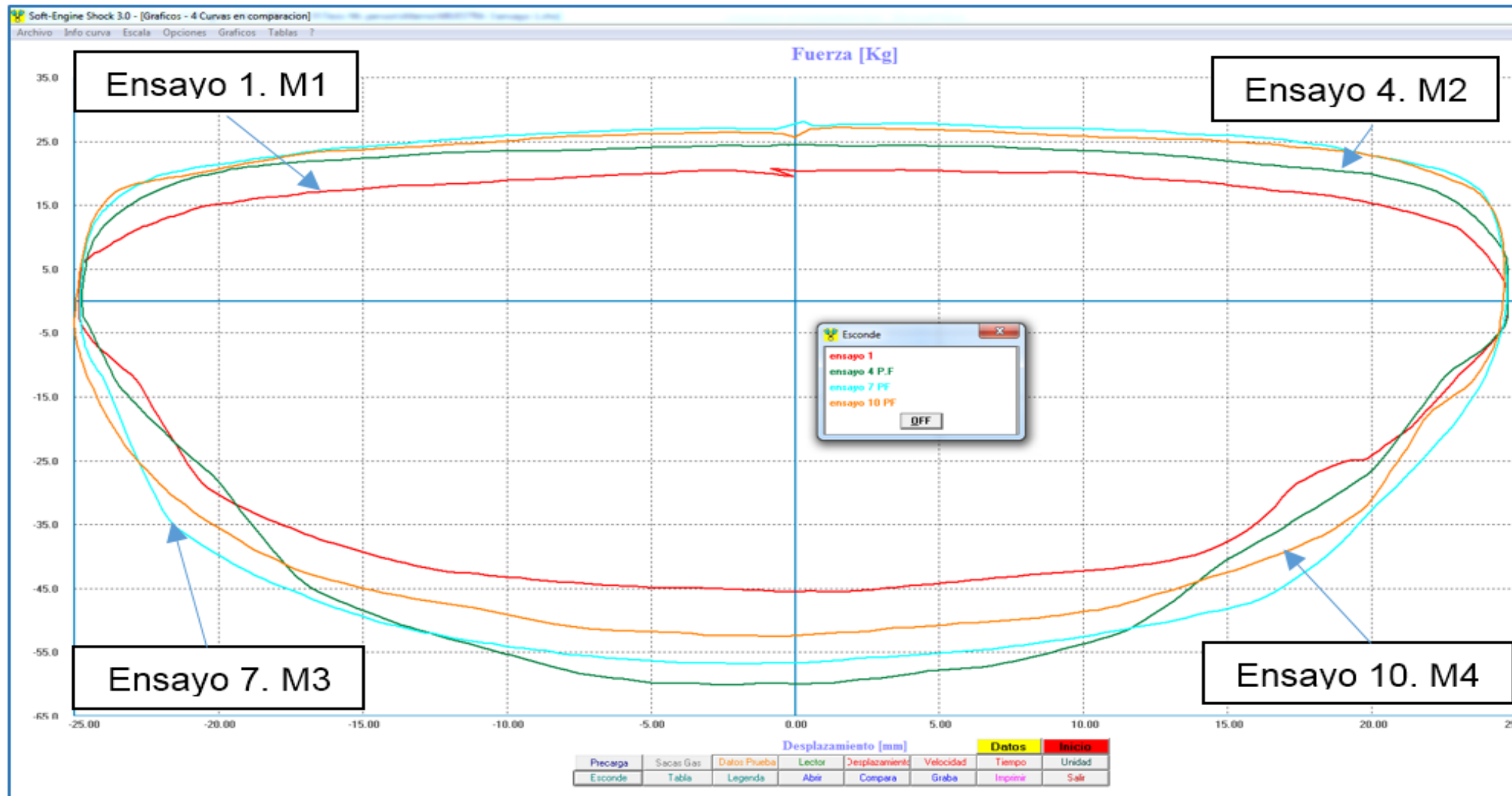
	Fuerza [Kg]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	54,94	-1001,46
Pk.Estens.	-94,02	1003,77

Temp.Mediana	45,24
--------------	-------



# Análisis comparativo de la prueba a velocidad fija





# ¿Cuándo sucede la cavitación?

## Primer motivo

- Es una cavitación mínima en la parte cercana a velocidad cero, porque a caudales bajos las válvulas no generan una caída de presión significativa como para impedir que la presión del fluido alcance la presión de gas.

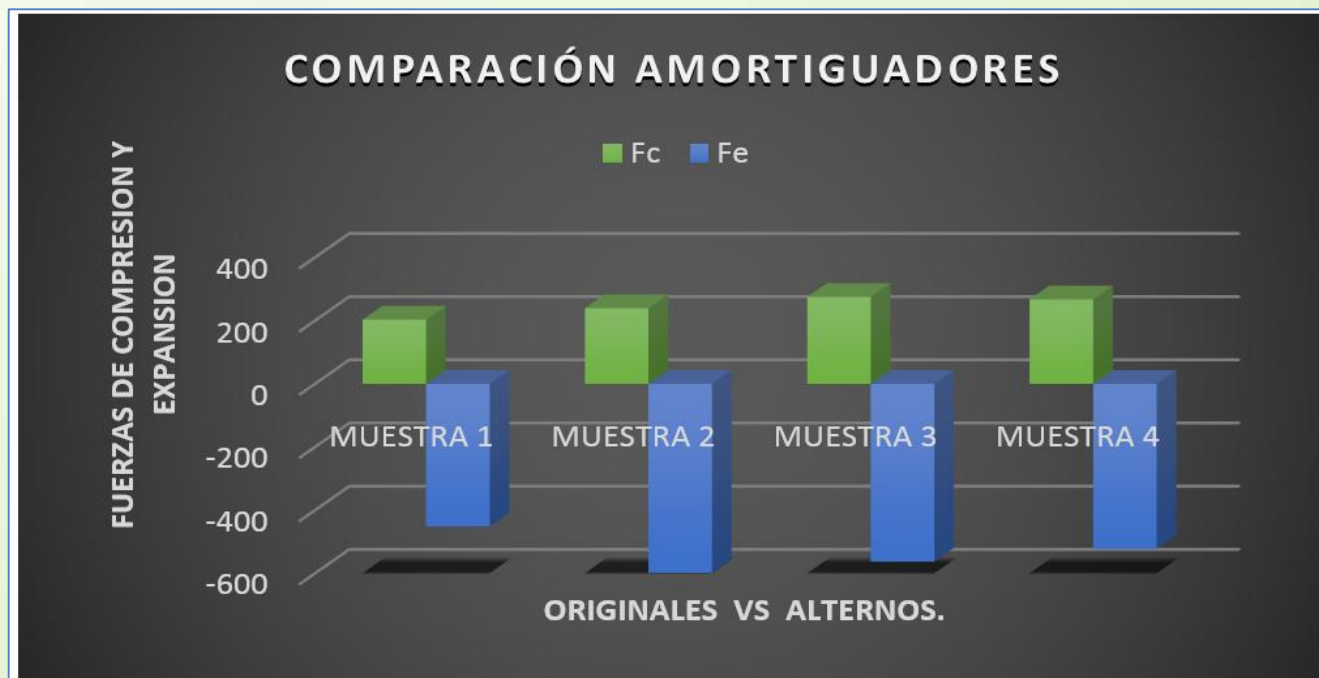
## Segundo motivo

- Esta sucede en altas velocidades, ya que los caudales son generosos y generan pérdidas de cargas elevadas, por lo que la válvula de la base no es suficientemente restrictiva como para aumentar la presión en la cámara de compresión, evitando así que la cámara de tracción alcance la presión de gas.



# Análisis comparativo de la prueba a velocidad fija

Items		Pk (kg)		Velocidad (mm/s)		Fuerza (N)		T. Mediana
# MUESTRA	# ENSAYO	Pk c	Pk e	V.c	V.e	Fc	Fe	T ° C
MUESTRA 1	1	20,76	-45,99	-194,23	195,07	203,448	-450,702	25,77
MUESTRA 2	4	24,42	-61,05	-204,53	194,17	239,316	-598,29	25,29
MUESTRA 3	7	28,08	-57,39	-197,14	203,59	275,184	-562,422	25,03
MUESTRA 4	10	27,27	-53,32	-200,39	195,58	267,246	-522,536	25,54

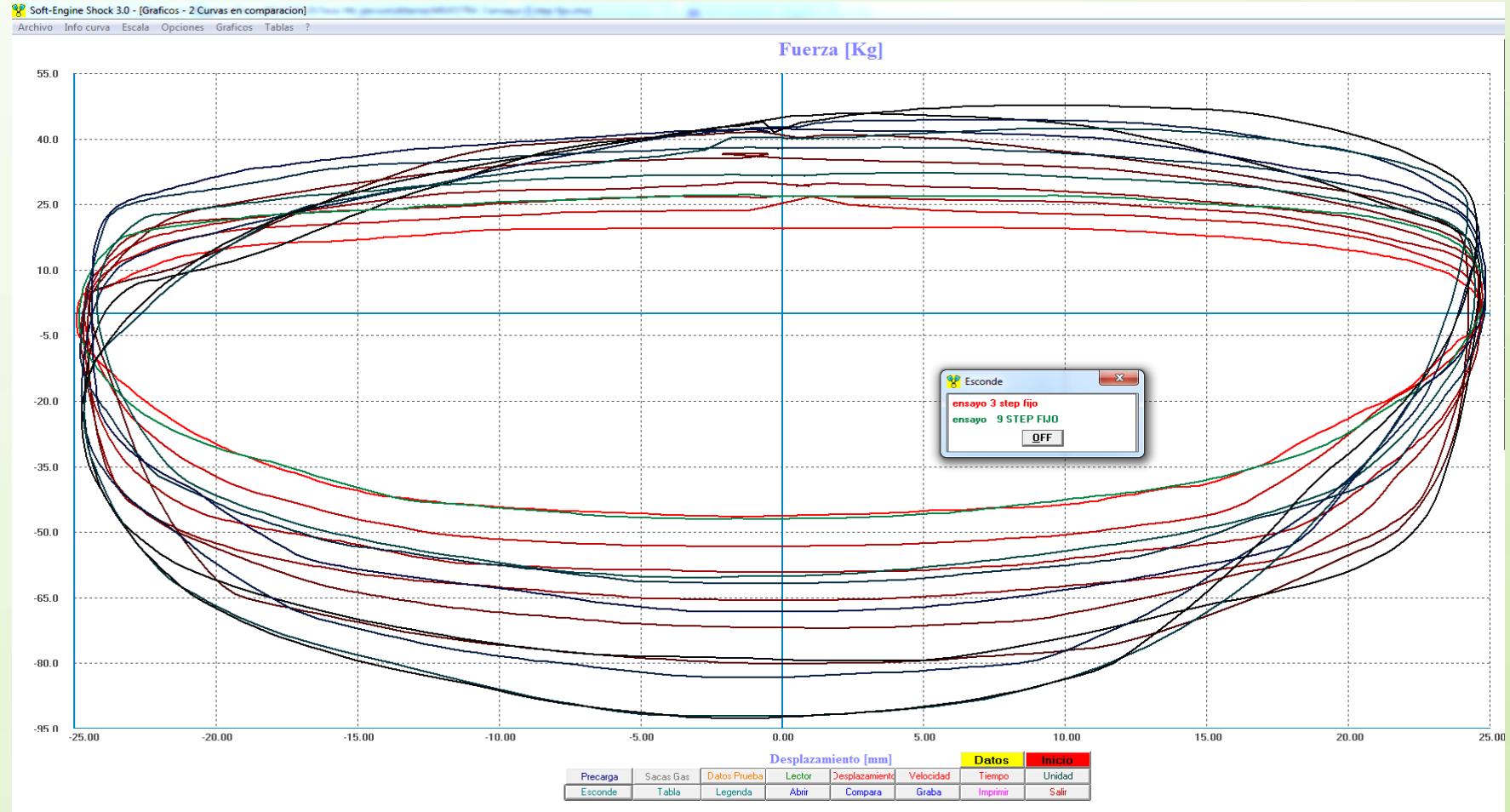






# Análisis de la prueba a velocidad variable.

- Ensayo 3
- Ensayo 9



Fuerza – desplazamiento, muestra 1 y 3.



# Análisis de la prueba a velocidad variable.

- Se observa el comportamiento del amortiguador, donde la caracterización depende del coeficiente de amortiguación y de su relación, con esto permite estudiar nuevos prototipos de amortiguadores.



Fuerza – velocidad, muestra 1 y 3.



# Análisis de la prueba a velocidad variable.

Items			Pk (kg)		Velocidad (mm/s)		Fuerza (N)		T.Mediana
# MUESTRA	# EN	# ciclo	Pk c	Pk e	V.c	V.e	Fc	Fe	T ° C
MUESTRA 1	3	1	19,34	-46,81	-198,27	196,18	189,532	-458,738	41,63
		2	26,86	-53,76	-297,61	304,28	263,228	-526,848	41,32
		3	26,86	-60,24	-394,37	396,68	263,228	-590,352	41,31
		4	30,93	-65,93	-501,47	498,2	303,114	-646,114	42,06
		5	36,63	-72,45	-594,81	603,8	358,974	-710,01	43,36
		6	41,51	-80,59	-703,28	705,8	406,798	-789,782	45,65
MUESTRA 3	9	7	47,21	-80,59	-803,55	804,61	462,658	-789,782	59,02
		1	27,68	-47,21	-202,61	204,39	271,264	-462,658	46,15
		2	32,97	-61,05	-298,43	303	323,106	-598,29	45,79
		3	38,67	-62,27	-404,06	397,92	378,966	-610,246	44,98
		4	42,74	-68,38	-497,41	498,76	418,852	-670,124	44,45
		5	44,77	-83,84	-597,38	600,34	438,746	-821,632	45,39
		6	42,74	-92,8	-696,97	697,29	418,852	-909,44	49,13
7	48,43	-93,61	-801,44	802,6	474,614	-917,378	56,47		

Cálculos de los resultados de las comparaciones.

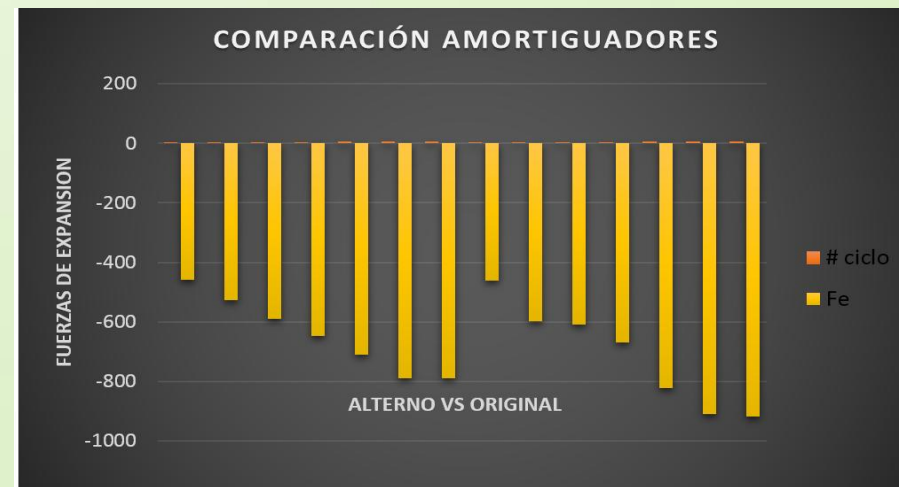


# Análisis de la prueba a velocidad variable.

- Se observa que el amortiguador original (muestra 3), tiene mayor fuerza de compresión como de extensión en la secuencia de ciclos durante su funcionamiento, que el alterno (muestras 1), debido a que tiene mejor comportamiento cuando es sometido a varios ciclos de fatiga.



**Trabajo de compresión**

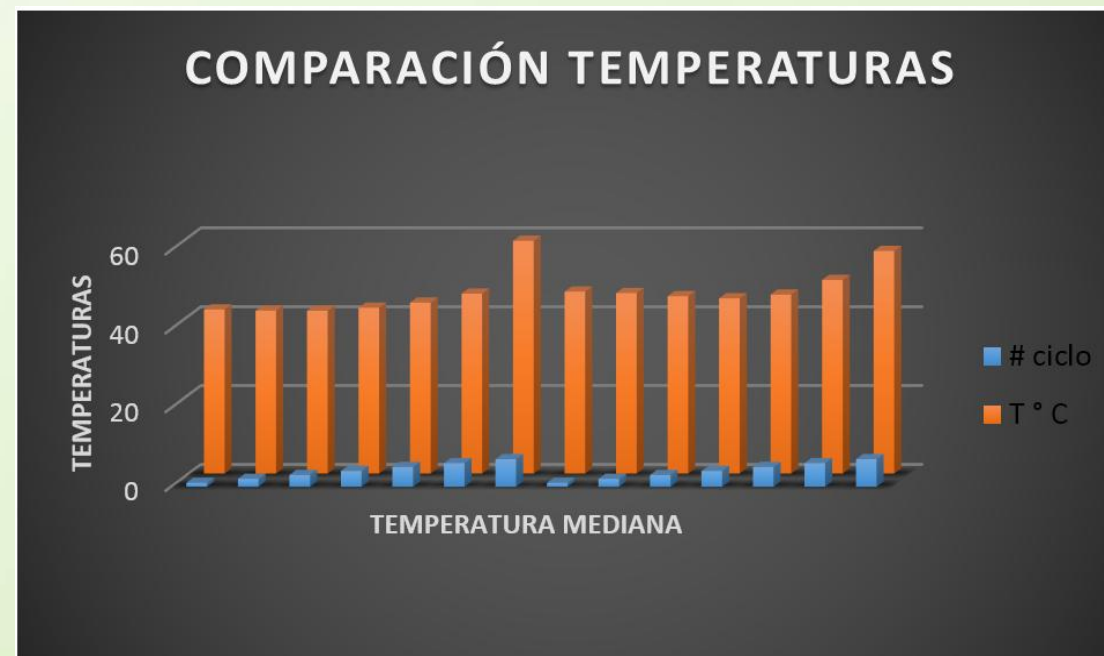


**Trabajo de expansión**



# Análisis de la prueba a velocidad variable.

- Se concluye que el amortiguador alterno (muestra 1), se comporta mejor durante su funcionamiento, frente al original (muestra 3), en lo respecto a temperatura mediana de prueba.



Temperatura de funcionamiento.



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

1. INTRODUCCIÓN
2. JUSTIFICACIÓN
3. OBJETIVOS
4. MATERIALES Y MÉTODOS
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS
6. **MARCO ADMINISTRATIVO**
7. CONCLUSIONES
8. RECOMENDACIONES



# MARCO ADMINISTRATIVO

## PRESUPUESTO

### Presupuesto General

Detalle	Valor
Experimento amortiguadores	33.428
Pruebas realizadas	1.120
Gastos Administrativos	221,30
<b>TOTAL DE GASTOS</b>	<b>34.769.30</b>



## Estrategias financieras

- Realizar un diagnóstico para tener una estimación del alcance de este ensayo y su acogida que tendrá este servicio en el mercado automovilístico ecuatoriano y a los fabricantes de amortiguadores a nivel nacional, con miras a poder certificar el producto y validarlo con una norma que se proponga para el control de los mismos, así también mejorando la calidad de este producto.





# Propuesta del trabajo investigativo

## Estrategias de mercado

- Analizar la producción de los amortiguadores fabricados a nivel nacional, y su aplicación a los diferentes modelos de vehículos y su participación como componente principal en sistemas de suspensión MacPherson.
- La aplicación de este componente ya sea tanto en originales y alternos, el cual nos permitirá investigar y generar nuestro propio producto para el consumo interno del mercado ecuatoriano, a más que apoyará a la nueva matriz productiva con un valor agregado que apuntala al uso de recursos y mano de obra ecuatoriana.



# Propuesta del trabajo investigativo

## Políticos:

- Restricción a las importaciones: todas las leyes arancelarias implantadas a los productos importados en nuestro país, restringen el surgimiento de empresas con propuestas innovadoras debido a que se necesita la aplicación de tecnologías y equipos que no podemos encontrar en nuestro país.

## Económicos:

- Impuestos: El gobierno ha creado medidas arancelarias que afectan al sector productivo e importador del Ecuador, la escasa producción de productos restringe a todo empresario a abastecerse de elementos de elaboración extranjera y en el caso de este trabajo, es necesario la utilización de equipos que ya existen, pero la legislación no favorece al sector.



# Propuesta del trabajo investigativo

## Social:

- El precio del servicio dependería del estrato social al que se quiere llegar con el producto tomando en cuenta las características y beneficios que el proyecto aplica al sector automotriz.

## Tecnológicos:

- TICS: Mediante las nuevas herramientas tecnológicas resulta menos complicado importar directamente este componente descartando la posibilidad de ir hasta el lugar de fabricación



# Propuesta del trabajo investigativo

## Compradores

- Los directos beneficiarios de este servicio en el mercado son los fabricantes de amortiguadores, ventas y repuestos y diseñadores de este componente.

## Nuevas empresas

- Al momento no existe laboratorios o empresas que certifiquen este producto, antes de su venta y producción en serie, ya que este equipo existe en otros lugares, a más que la normativa legal vigente no exige que se realice estas buenas prácticas.



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

1. INTRODUCCIÓN
2. JUSTIFICACIÓN
3. OBJETIVOS
4. MATERIALES Y MÉTODOS
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS
6. MARCO ADMINISTRATIVO
7. CONCLUSIONES
8. RECOMENDACIONES



# CONCLUSIONES

- Mediante la investigación se realizó un análisis comparativo del comportamiento dinámico en muestras de amortiguadores de diferentes marcas utilizados en sistemas de suspensión MacPherson, con lo cual se validará prototipos o patrones de producción masiva nacional.
- Para el desarrollo experimental se realizó el diseño y construcción de los soportes tanto superior como inferior, a los cuales fueron adaptados los amortiguadores con el banco de pruebas, existiendo vibraciones tolerables en los resultados de los ensayos.
- Las válvulas de tracción no son iguales que las de compresión, lo cual se puede observar perfectamente por el diferente comportamiento en tracción y compresión, así como el crecimiento de los esfuerzos cuando se incrementa la velocidad.



# CONCLUSIONES

- En el presente estudio, el ensayo se realizó con una carrera de 50 mm para las cuatro muestras, así también se realizó variaciones en las velocidades dependiendo de la prueba que se ensayó, lo cual nos arrojó valores diferentes de cada muestra tanto en fuerzas de compresión, fuerza extensión y de temperatura mediana.
- En la comparación de muestras se puede observar que las curvas tienen sus similitudes, pero el amortiguador original presenta mejor desempeño que el alterno, no solo por la forma elíptica más idónea, así como también en la capacidad de fuerzas en sus dos etapas.



# CONCLUSIONES

- Los amortiguadores originales tienen mejores características de operación que los amortiguadores alternos según las gráficas y los datos obtenidos de los experimentos, el envejecimiento de estas curvas y su degradación puede causar una variación en el comportamiento dinámico del vehículo. Por lo que un amortiguador en mal estado puede reducir el contacto neumático-calzada. De igual forma, la estabilidad lateral puede verse comprometida debido a movimientos de balanceo incontrolados y por ultimo afectaría el confort de los ocupantes debido al exceso de vibraciones.
- Por lo tanto la eficacia de los amortiguadores originales en comparación de los alternos es de un 10 % más en lo referente al comportamiento dinámico durante el funcionamiento del amortiguador en el vehículo.





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

1. INTRODUCCIÓN
2. JUSTIFICACIÓN
3. OBJETIVOS
4. REFERENTES TEÓRICOS
5. MATERIALES Y MÉTODOS
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS
7. MARCO ADMINISTRATIVO
8. CONCLUSIONES
9. RECOMENDACIONES



# RECOMENDACIONES

- Para la obtención de resultados confiables es necesario contar con certificados de calibración del equipo, así como del software, lo cual permitirá emitir certificaciones o informes confiables a quien requiera este servicio.
- Se aconseja a los investigadores contar con patrones de referencia para realizar validaciones ya sea de producción o de prototipos para el sector automotriz, y estos sean trazables a normas nacionales e internacionales según el estudio deseado.
- Es posible proponer una propuesta de control mediante este estudio para los fabricantes de amortiguadores y para el producto importado al país, con lo que estaríamos contribuyendo con el valor agregado y la valoración del producto nacional producido.



# RECOMENDACIONES

- Se deberá proponer futuros estudios que permitan facilitar mejores desarrollos de amortiguadores conjuntamente con este equipo que brinden más confiabilidad seguridad y confort a los ocupantes de los vehículos, ya sean para competencia o comerciales, también se le podría incluir a investigar otros tipos de amortiguadores no solo hidráulicos sino también a gas.
- Se debería identificar diseños de soportes adaptables a este banco tanto superior como inferior para otras gamas de amortiguadores existentes en el mercado, que son de gran demanda en la actualidad, ya sea de vehículos, bicicletas, motocicletas u otros.



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

*“LA VIDA TE PONDRÁ OBSTÁCULOS,  
PERO LOS LIMITES LOS PONES TÚ”*

*Gracias por su atención.*

E. S. P. E.



INGENIERIA AUTOMOTRIZ



1972  
Ecuador