


**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE CONFORMIDAD DEL  
COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE  
AMORTIGUADORES A GAS COILOVERS Y  
DETERMINACIÓN DE CURVAS ÓPTIMAS DE  
TRABAJO.**

**AUTORA: Mayorga Santana, María Gabriela  
DIRECTOR: Ing. Iza Tobar, Henry Heriberto**

# JUSTIFICACIÓN





# OBJETIVO GENERAL

Realizar el análisis y evaluación de conformidad del comportamiento dinámico de amortiguadores a gas coilovers y determinar las curvas óptimas de trabajo de muestras de amortiguadores uno original y dos alternos.

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS



Recopilar información bibliográfica.



Establecer los parámetros de programación del software y construcción del utillaje.



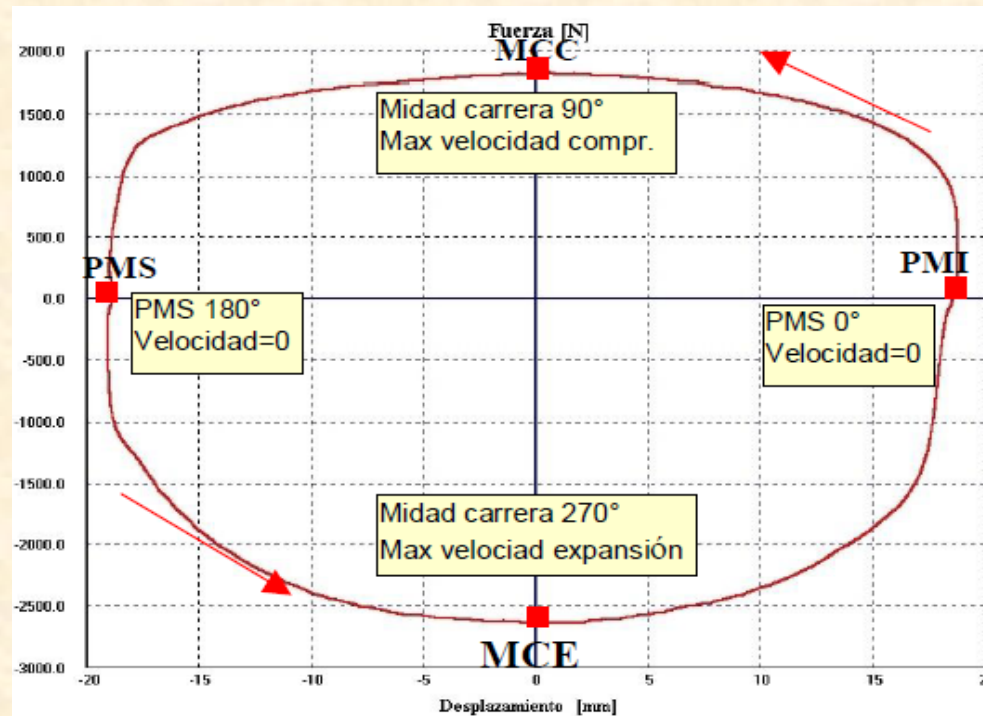
Realizar los ensayos no destructivos.



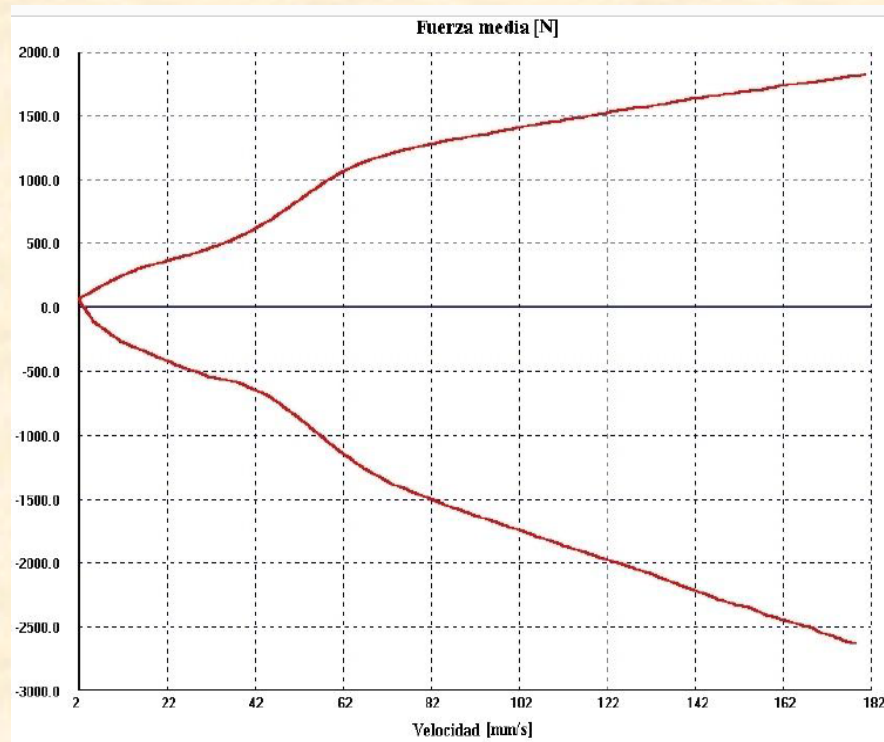
Analizar los resultados obtenidos de las pruebas de ensayo realizadas a las muestras respectivas.

# CARACTERIZACIÓN DE AMORTIGUADORES

## FUERZA vs. DESPLAZAMIENTO



# FUERZA vs. VELOCIDAD





# PRUEBAS



**FUERZA DE AMORTIGUACIÓN A  
VELOCIDAD FIJA Y VARIABLE**



**RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO  
CON CARGA LATERAL**



**PRUEBA DE RUIDO DE TRABAJO**

# EQUIPO E INSTRUMENTOS

**BANCO DE PRUEBAS**



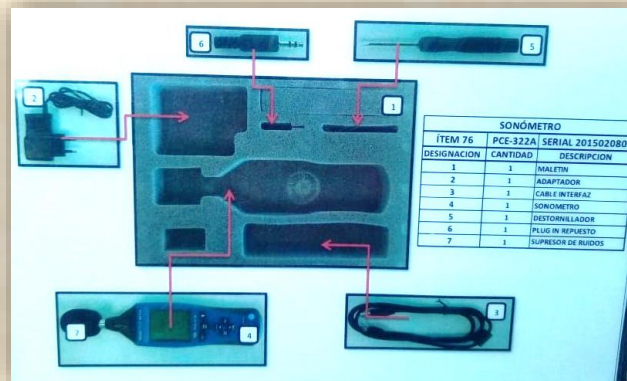
**DINAMÓMETRO**



**MEDIDOR DE CONDICIONES AMBIENTALES**



**SONÓMETRO**



**UTILLAJE SUPERIOR E INFERIOR**



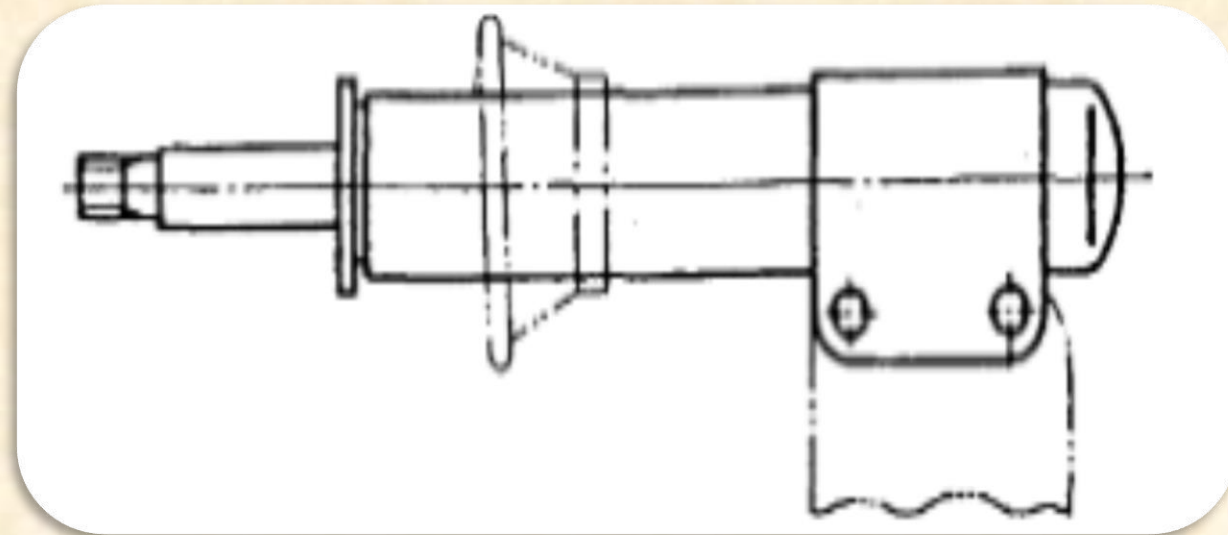
**AMORTIGUADORES**





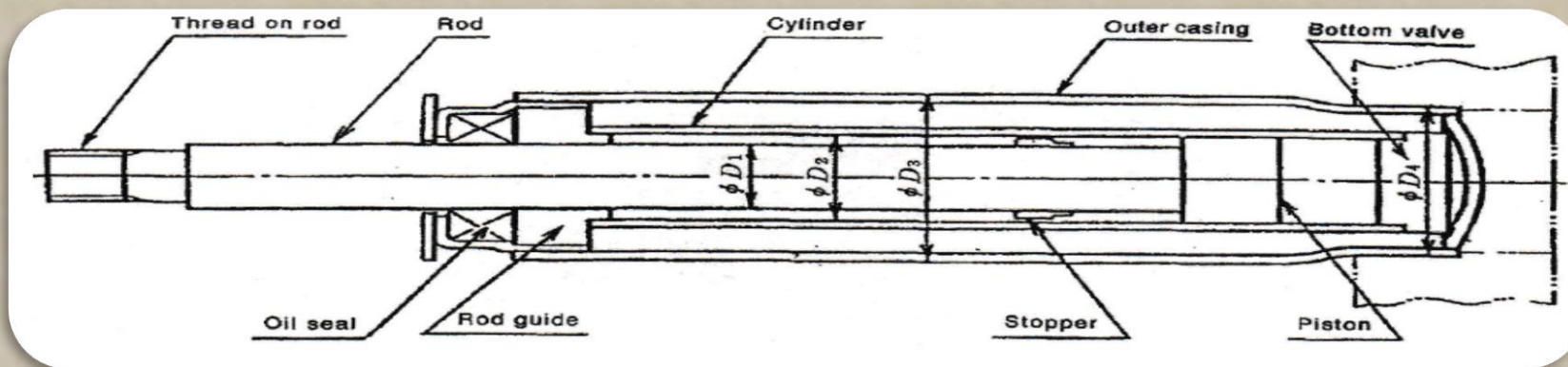
# PROTOCOLO DE PRUEBAS

- NORMA JASO C611
- Amortiguador del tipo que atornilla el nudillo a través de un soporte.



## FORMA Y DIMENSIONES DEL CUERPO DEL PUNTAL

Designación del Amortiguador	Diámetro exterior del pistón, $\varnothing_1$	Diámetro interior de la varilla, $\varnothing_2$	Diámetro exterior de la carcasa exterior, $\varnothing_3$	Diámetro apropiado de nudillo, $\varnothing_4$ (por referencia)	Paso de Rosca
------------------------------	---	--	---	---	---------------



ST20-28-45	20	28	45	44.7	M12x1.25
ST20-28-48.6			48.6	48.3	M14x1.5
ST20-28-50.8			50.8	50.5	
ST20-30-45		30	45	44.7	
ST20-30-48.6			48.6	48.3	
ST20-30-50.8			50.8	50.5	
ST22-32-50.8	22	32			
ST22-32-54			54	53.6	
ST25-35-54	25	35			

## DESIGNACIÓN DE LOS AMORTIGUADORES

**ORIGINAL**

**ST 22-32-54; M14x1,5.**

**ALTERNO 1**

**ST 20-28-50.8; M14x1,5.**

**ALTERNO 2**

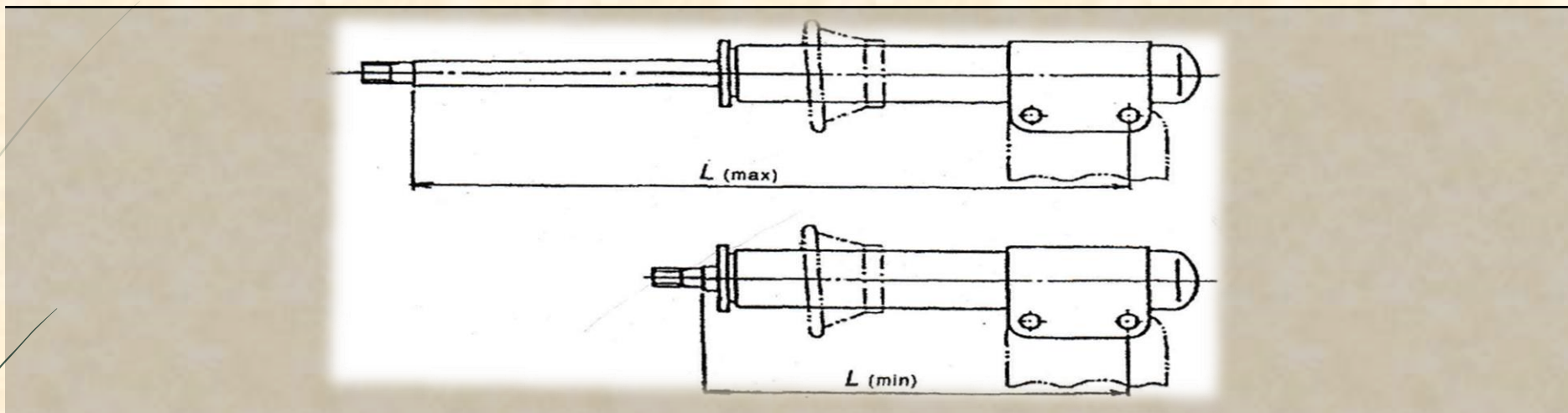
**ST 22-32-50.8; M14x1,5.**



**Longitud Máxima  
(mm)**

**Longitud Mínima  
(mm)**

**Carrera (mm)**



**Amortiguador  
Original**

487

322

165

**Amortiguador  
Alterno 1**

467

302

165

**Amortiguador  
Alterno 2**

500

320

180

# PRUEBAS DE ENSAYO

Las pruebas no destructivas a realizarse bajo la Norma JASO C 611-93 son las siguientes:

- Prueba de la Fuerza Característica de Amortiguación
- Prueba de Resistencia al Deslizamiento
- Ruido de Trabajo.

# PRUEBA DE LA FUERZA CARACTERÍSTICA DE AMORTIGUACIÓN

Se medirá la fuerza de amortiguación a la velocidad del pistón para el amortiguador.

## CONDICIONES DE PRUEBA

- Temperatura en la sala de pruebas
- Temperatura del amortiguador al inicio de la prueba
- La amplitud de desplazamiento.
- Velocidad del pistón
- Posición de inicio de la prueba
- Dirección de desplazamiento

# PROCEDIMIENTO

Colocar el extremo superior del amortiguador teniendo a la temperatura especificada en el equipo de prueba.

Colocar la parte inferior.

Trazado de las líneas de referencia para alineación vertical del amortiguador en el banco de pruebas.

Acoplar la termocupla al amortiguador en prueba.

Fijar el recorrido de 50 mm en el sensor de desplazamiento.

Fijar la travesía en el banco de pruebas

Inicie el ensayo de acuerdo a las condiciones de prueba, y mida y registre continuamente la fuerza de amortiguación a las velocidades descrita en la norma JASO C 611-93 después de varias veces de operación.

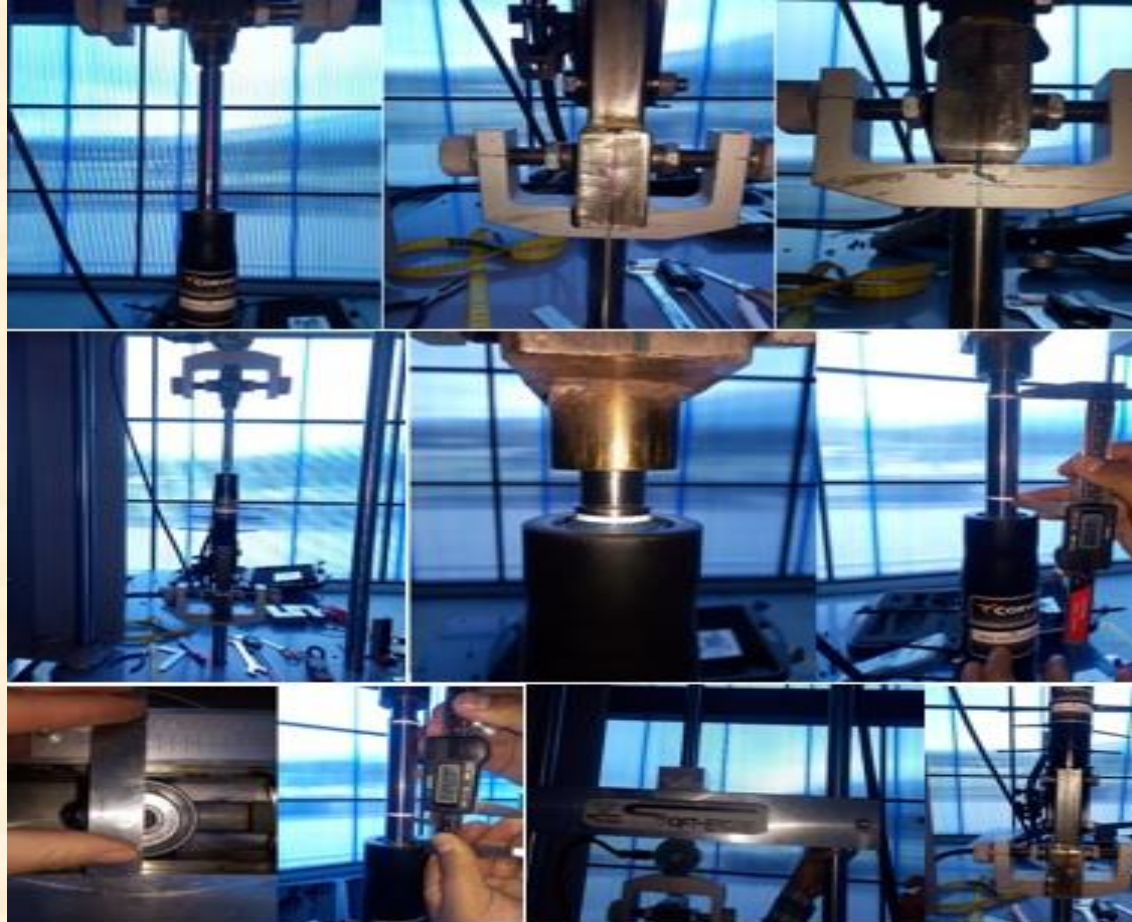
Iniciar el ensayo

# AMORTIGUADOR ORIGINAL





# AMORTIGUADOR ALTERNO 1



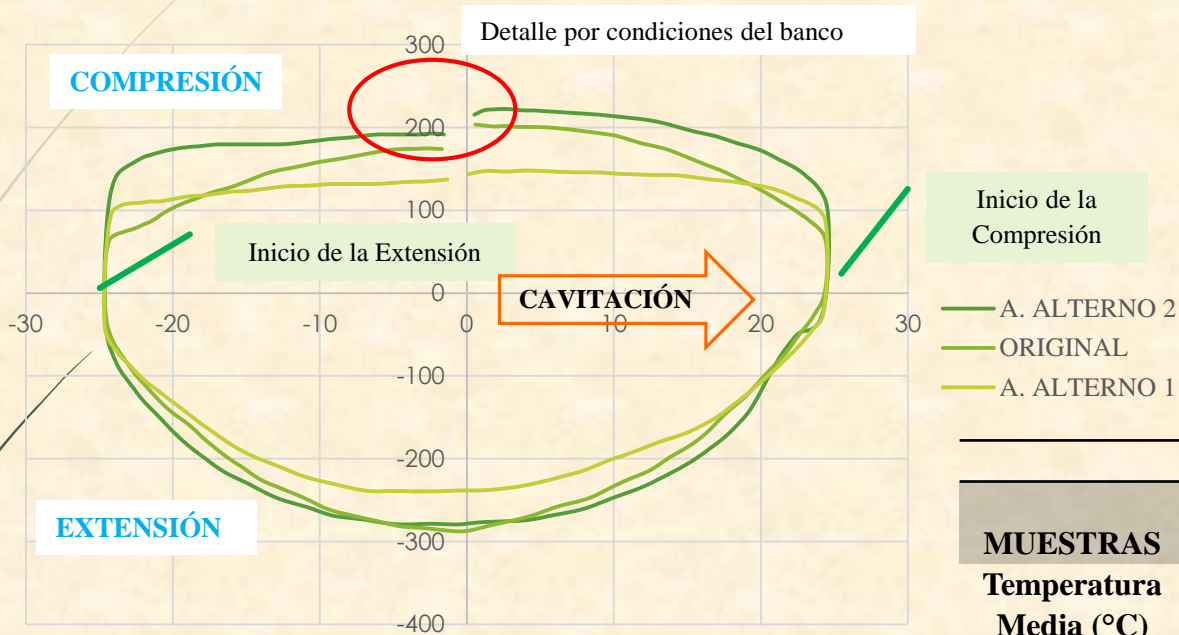
# AMORTIGUADOR ALTERNO 2





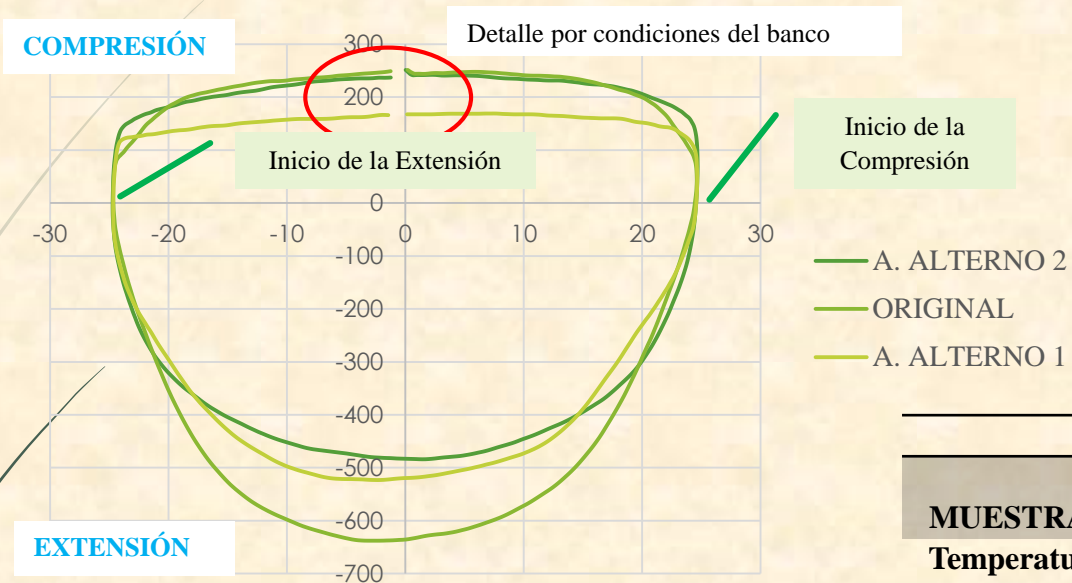
# **PRUEBA FUERZA CARACTERÍSTICA DE AMORTIGUACIÓN**

# DATOS OBTENIDOS DE LA CURVA DE FUERZA DE AMORTIGUACIÓN A 50mm/s (0,32 Hz).



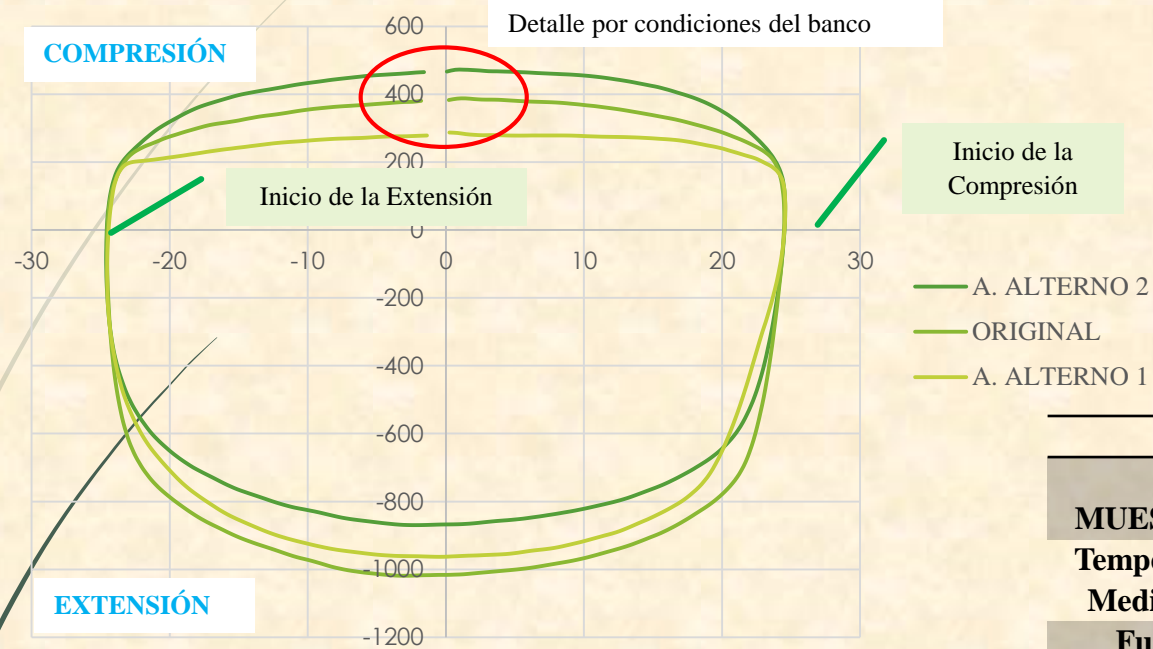
VELOCIDAD 50 mm/s			
MUESTRAS	AMORTIGUADOR ORIGINAL	AMORTIGUADOR ALTERNO 1	AMORTIGUADOR ALTERNO 2
<b>Temperatura Media (°C)</b>	19,38	21,02	20,95
<b>Fuerza Extensión (N)</b>	-291,37	-243,47	-283,38
<b>Velocidad Máx. Extensión</b>	55,92	55,72	55,54
<b>Fuerza Compresión (N)</b>	203,56	151,67	223,51
<b>Velocidad Máx. Compresión</b>	-57,42	-56,45	-56,90

# DATOS OBTENIDOS DE LA CURVA DE FUERZA DE AMORTIGUACIÓN A 100mm/s (0,63 Hz).



VELOCIDAD 100 mm/s			
MUESTRAS	AMORTIGUADOR ORIGINAL	AMORTIGUADOR ALTERNO 1	AMORTIGUADOR ALTERNO 2
Temperatura Media (°C)	22,28	22,36	22,01
Fuerza Extensión (N)	-646,59	-526,85	-486,94
Velocidad Máx. Extensión	105,10	99,46	105,53
Fuerza Compresión (N)	251,45	171,63	251,45
Velocidad Máx. Compresión	-99,41	-102,20	-101,34

# DATOS OBTENIDOS DE LA CURVA DE FUERZA DE AMORTIGUACIÓN A 300mm/s (1,9 Hz).



MUESTRAS	VELOCIDAD 300 mm/s		
	AMORTIGUADOR ORIGINAL	AMORTIGUADOR ALTERNO 1	AMORTIGUADOR ALTERNO 2
Temperatura Media (°C)	20,28	21,31	21,11
Fuerza Extensión (N)	-1025,77	-965,90	-874,10
Velocidad Máx. Extensión	297,44	296,91	297,57
Fuerza Compresión (N)	391,15	287,37	474,97
Velocidad Máx. Compresión	-300,02	-300,07	-300,46

RANGOS DE FUERZAS EN EXTENSIÓN A 300mm/s.

Unit: N

Outer diameter of rod(mm)	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
16														
18														
20														
22														
25														

AMORTIGUADOR	Diámetro exterior de la varilla	Fuerza de Extensión (N)	Fuerza de Extensión Obtenida(N)	Cumple la Norma
<b>ORIGINAL</b>	22	260-1300	1025,77	SI
<b>ALTERNO 1</b>	20	260-1100	965,90	SI
<b>ALTERNO 2</b>	22	260-1300	874,10	SI

## RANGOS DE FUERZAS EN COMPRESIÓN A 300mm/s.

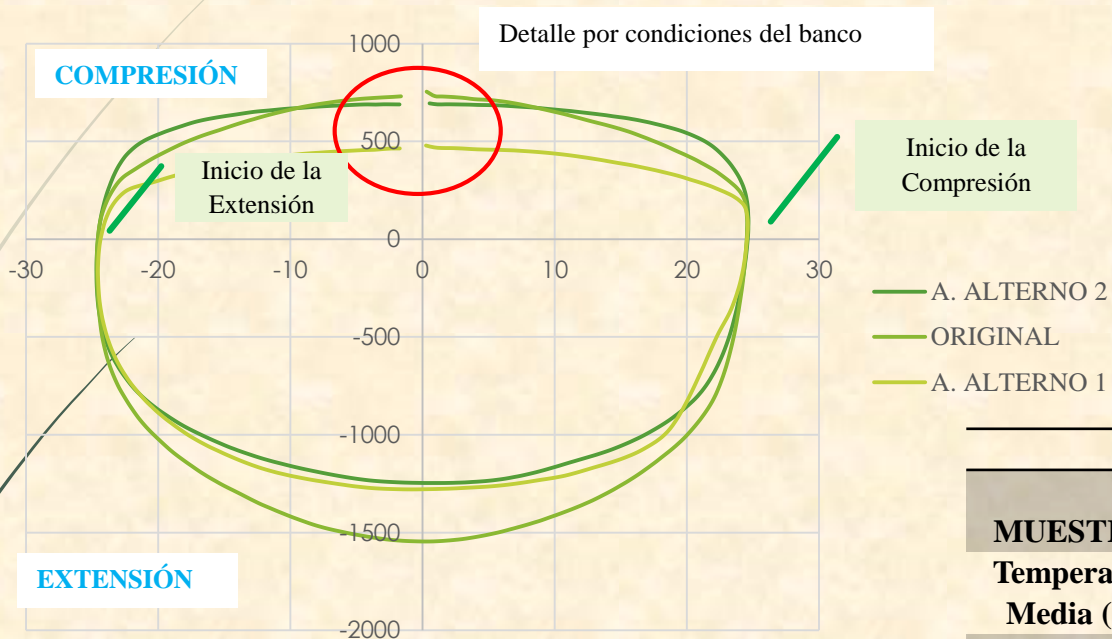
Unit: N

Outer diameter of rod(mm)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
16										
18										
20										
22										
25										

AMORTIGUADOR	Diámetro exterior de la varilla	Fuerza de Compresión (N)	Fuerza de Compresión Obtenida(N)	Cumple la Norma
ORIGINAL	22	175-800	391,15	SI
ALTERNO 1	20	150-600	287,37	SI
ALTERNO 2	22	175-800	474,97	SI

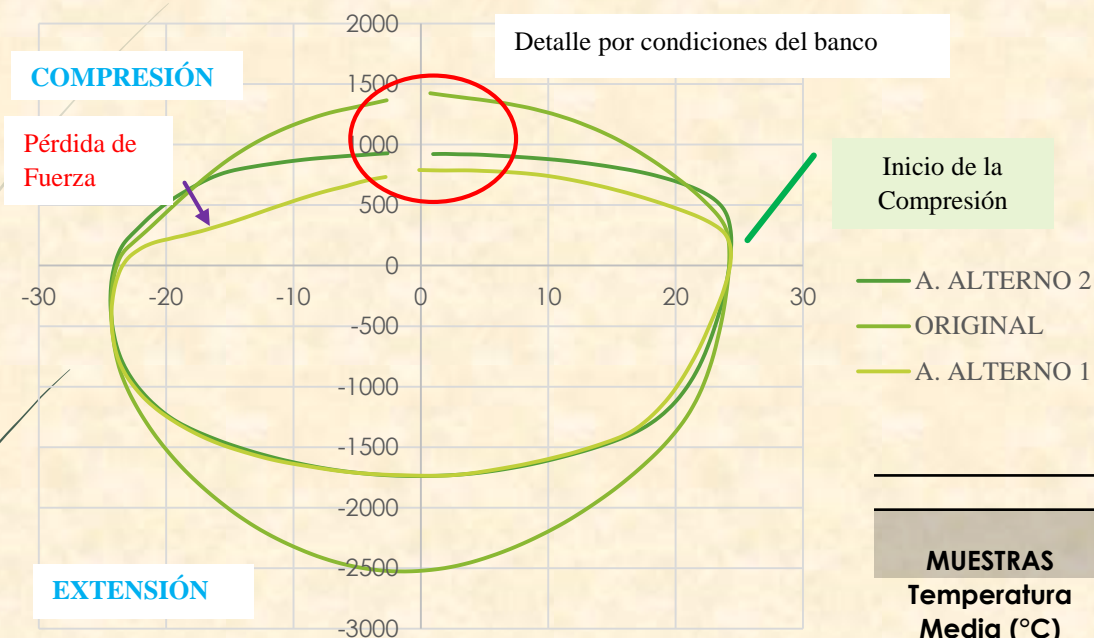


# DATOS OBTENIDOS DE LA CURVA DE FUERZA DE AMORTIGUACIÓN A 600mm/s (3,80 Hz).



VELOCIDAD 600 mm/s			
MUESTRAS	AMORTIGUADOR ORIGINAL	AMORTIGUADOR ALTERNO 1	AMORTIGUADOR ALTERNO 2
Temperatura Media (°C)	21,67	21,53	21,30
Fuerza Extensión (N)	-1556,61	-1285,20	-1249,28
Velocidad Máx. Extensión	597,68	601,65	597,52
Fuerza Compresión (N)	754,36	478,96	698,48
Velocidad Máx. Compresión	-601,09	-596,59	-602,17

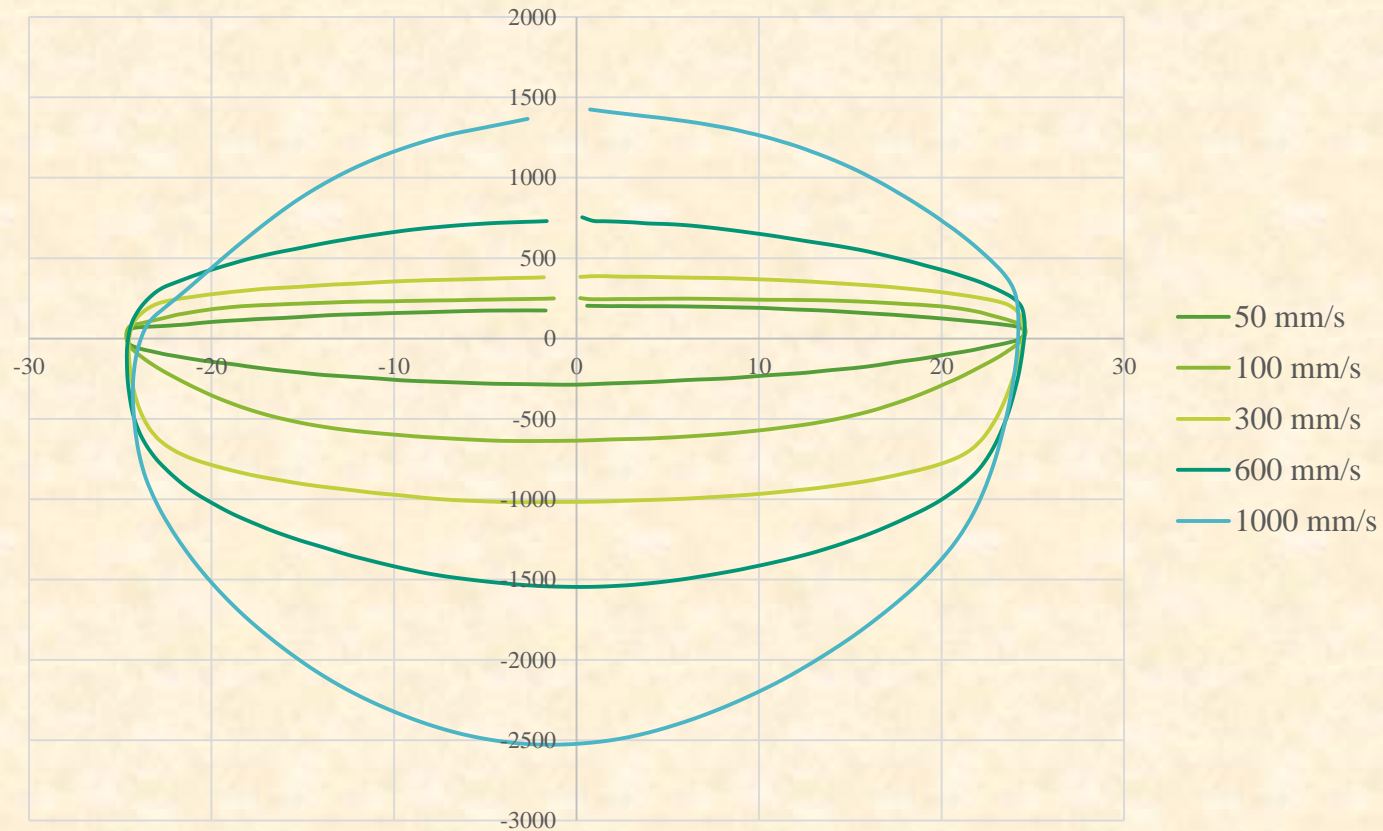
# DATOS OBTENIDOS DE LA CURVA DE FUERZA DE AMORTIGUACIÓN A 1000mm/s (6,34 Hz).



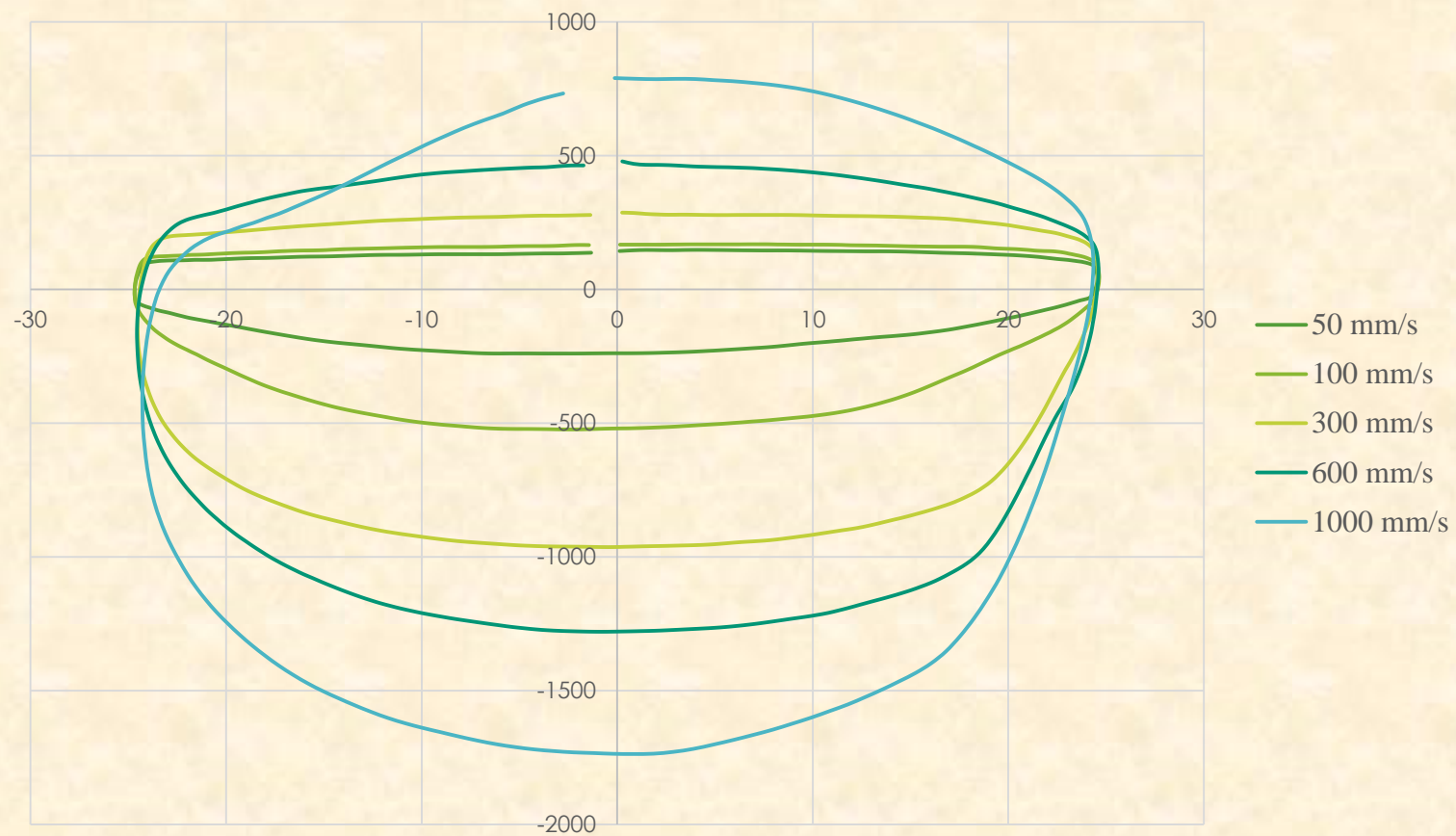
MUESTRAS	VELOCIDAD 1000 mm/s		
	AMORTIGUADOR ORIGINAL	AMORTIGUADOR ALTERNO 1	AMORTIGUADOR ALTERNO 2
Temperatura Media (°C)	21,65	21,61	21,91
Fuerza Extensión (N)	-2566,41	-1760,17	-1752,19
Velocidad Máx. Extensión	998,91	997,23	999,24
Fuerza Compresión (N)	1424,90	790,28	957,91
Velocidad Máx. Compresión	-999,83	-1000,05	-1000,48

## AMORTIGUADOR ORIGINAL

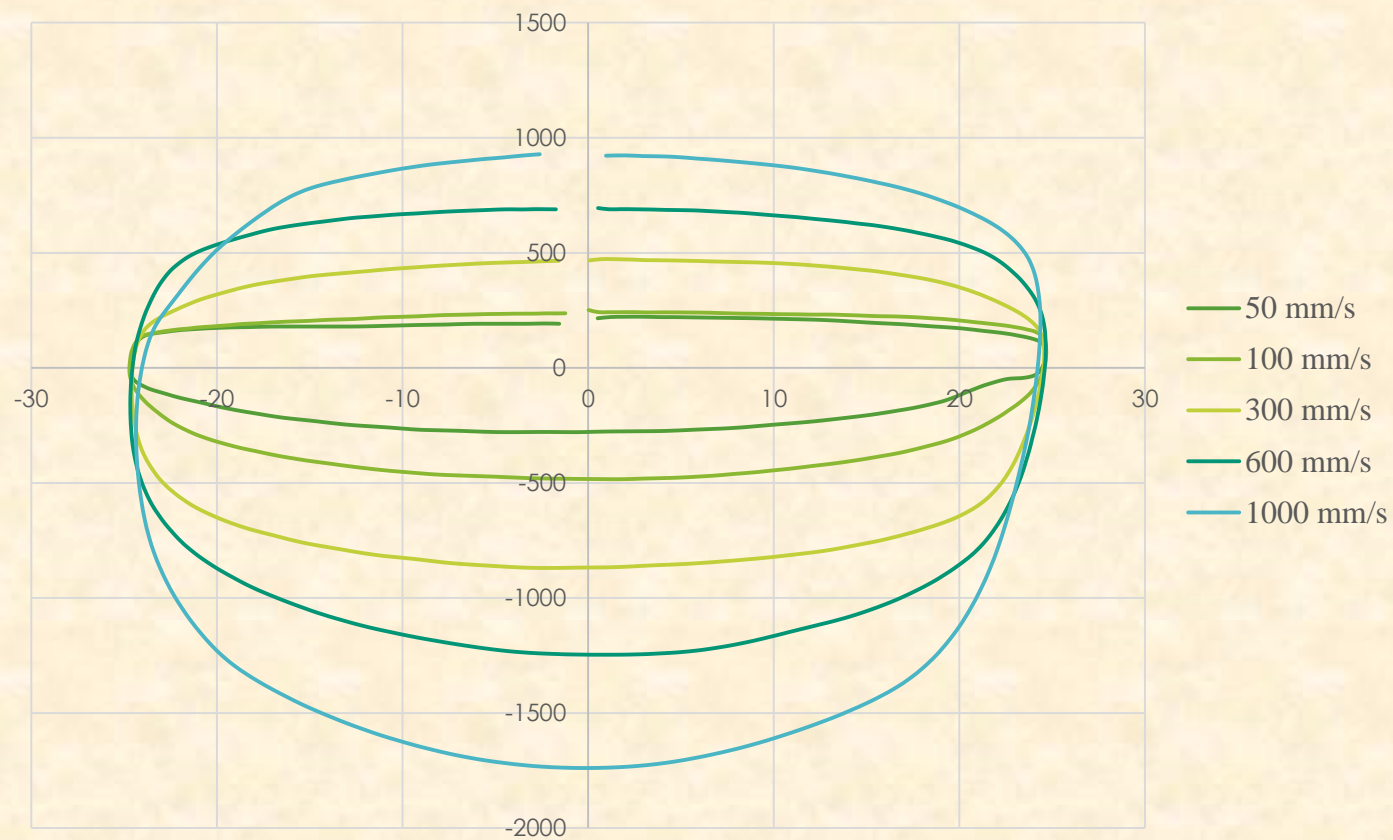
Para ver la consistencia del comportamiento de cada uno de los amortiguadores a diferentes velocidades tenemos las siguientes curvas:



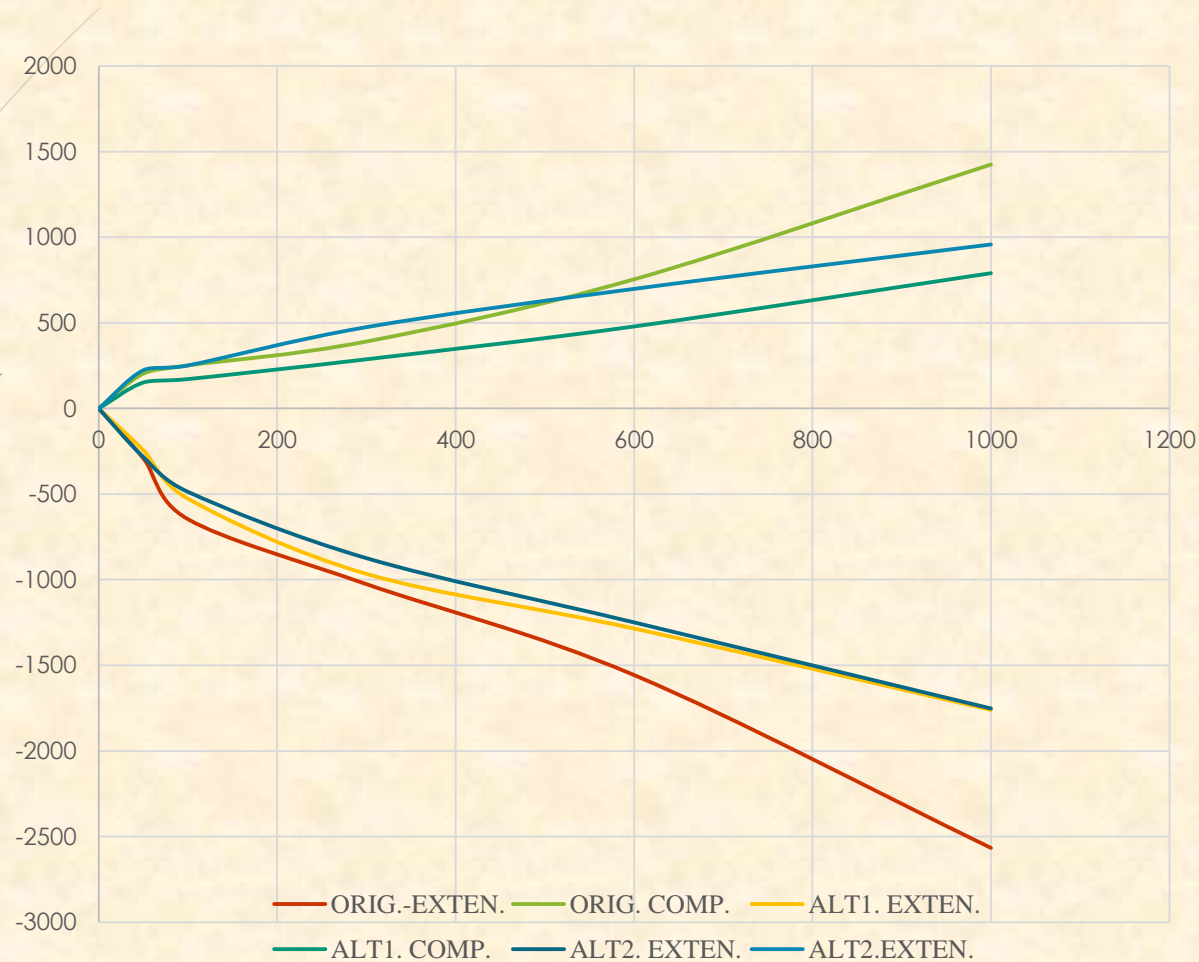
# AMORTIGUADOR ALTERNO 1



## AMORTIGUADOR ALTERNO 2



# GRÁFICA FUERZA VS. VELOCIDAD



A medida que aumenta la velocidad del pistón aumentan los esfuerzos tanto en la carrera de extensión como de compresión. El amortiguador original presenta mayores esfuerzos.



# **PRUEBA DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO**

Se mide la resistencia al deslizamiento a la carga lateral aplicada al amortiguador.

## CONDICIONES DE PRUEBA

Velocidad del pistón

Carga lateral

Posición de inicio de la prueba

Dirección emocionante



Valores de las cargas laterales a una velocidad de 18mm/s.

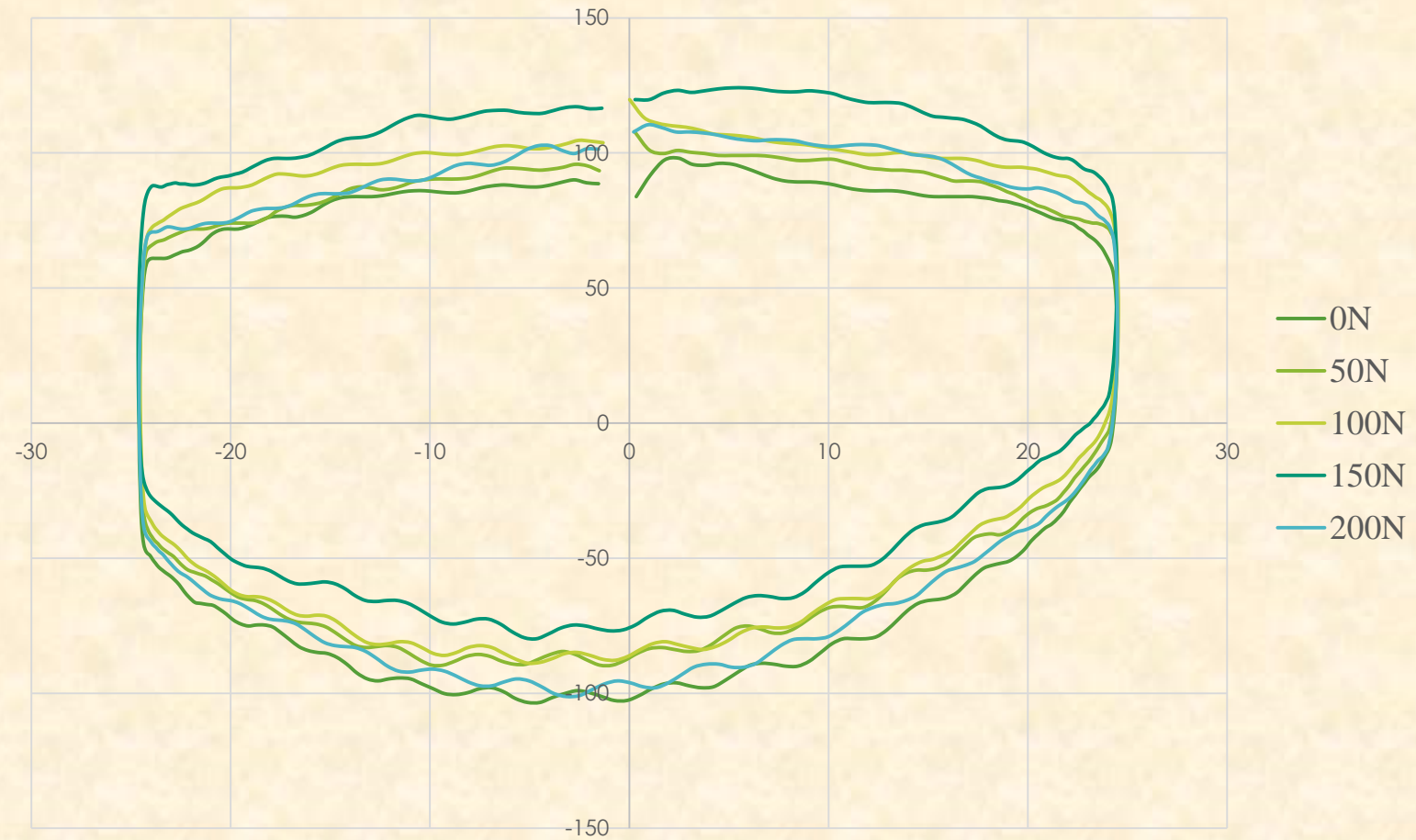
---

### VELOCIDAD 18 mm/s

<b>CARGA LATERAL</b>	50N	100N	150N	200N
----------------------	-----	------	------	------

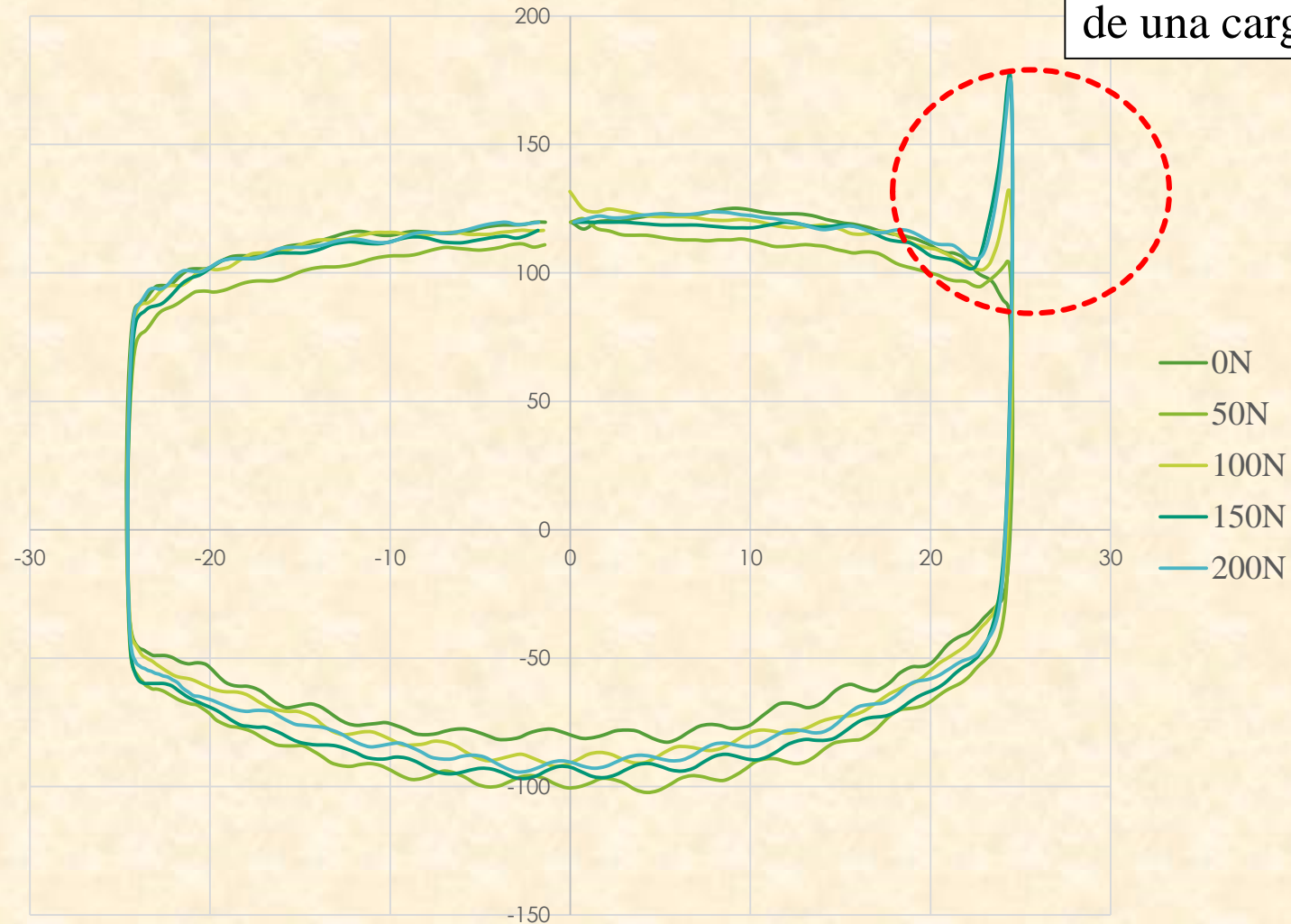


# AMORTIGUADOR ORIGINAL

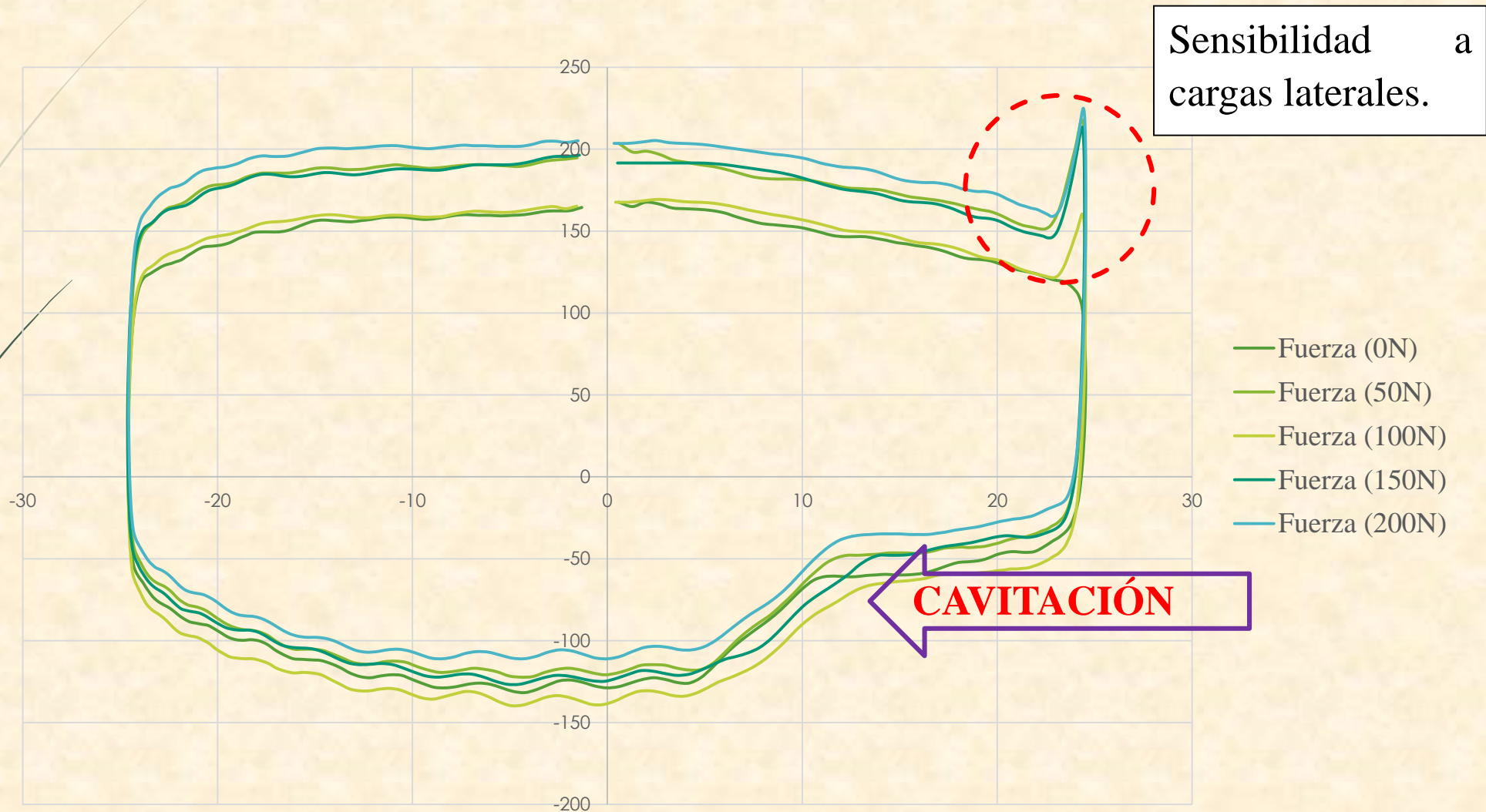


# AMORTIGUADOR ALTERNO 1

Pico generado por la influencia de una carga lateral.



# AMORTIGUADOR ALTERNO 2





# PRUEBA DE RUIDO DE TRABAJO

Mide el ruido que emite el amortiguador.

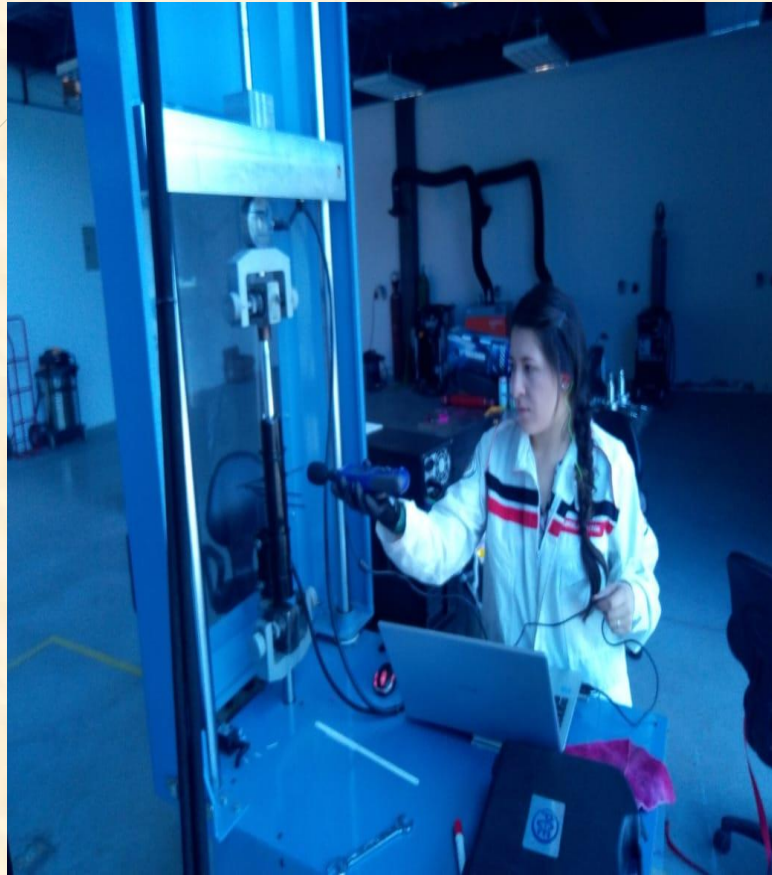
➤ **Condiciones de Prueba**

➤ **Velocidad del pistón**

0.3 m/s

➤ **Posición del micrófono**

Aproximadamente el centro del golpe del amortiguador y distante a 100 mm de la superficie exterior.

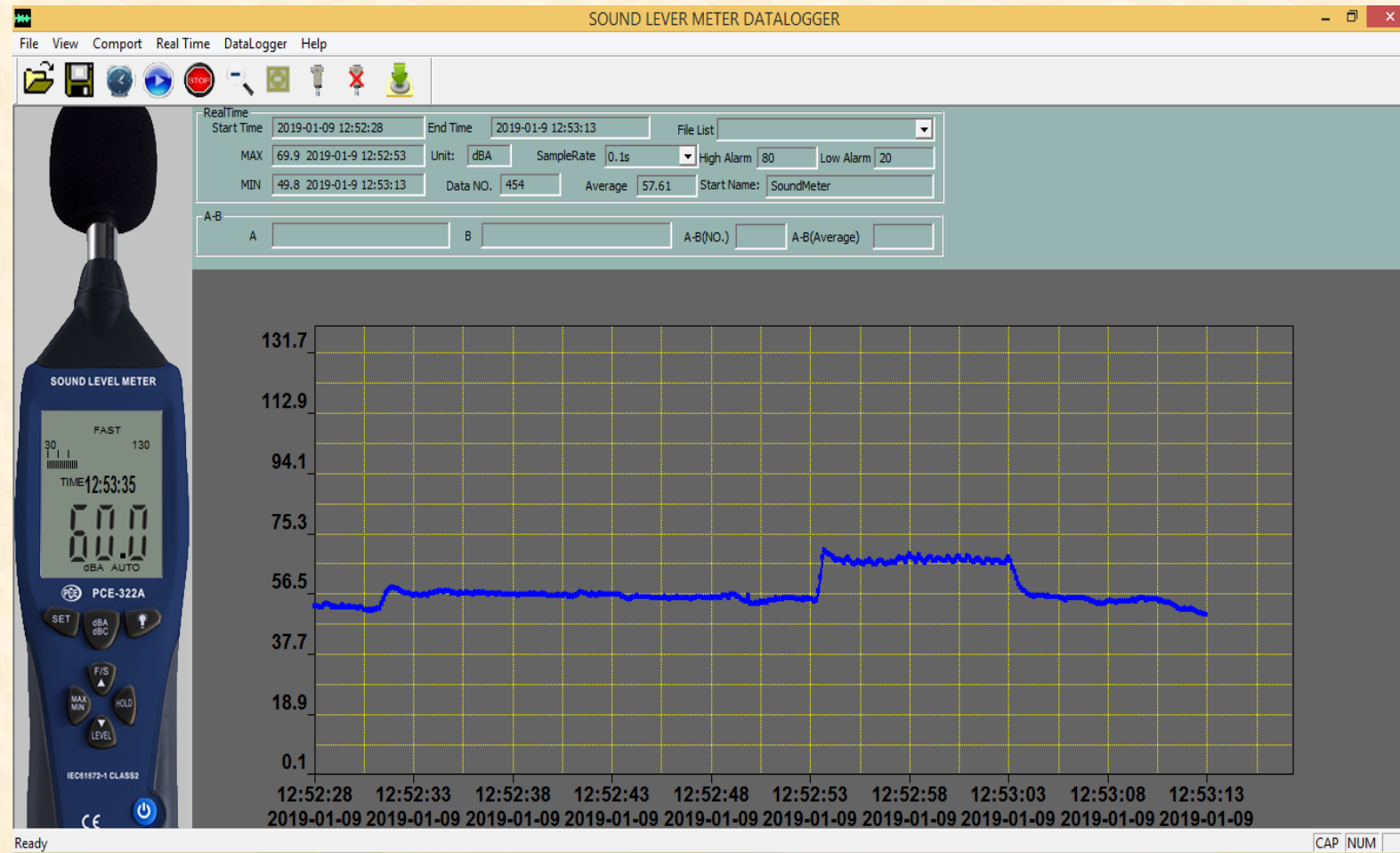


Nivel de Presión sonora



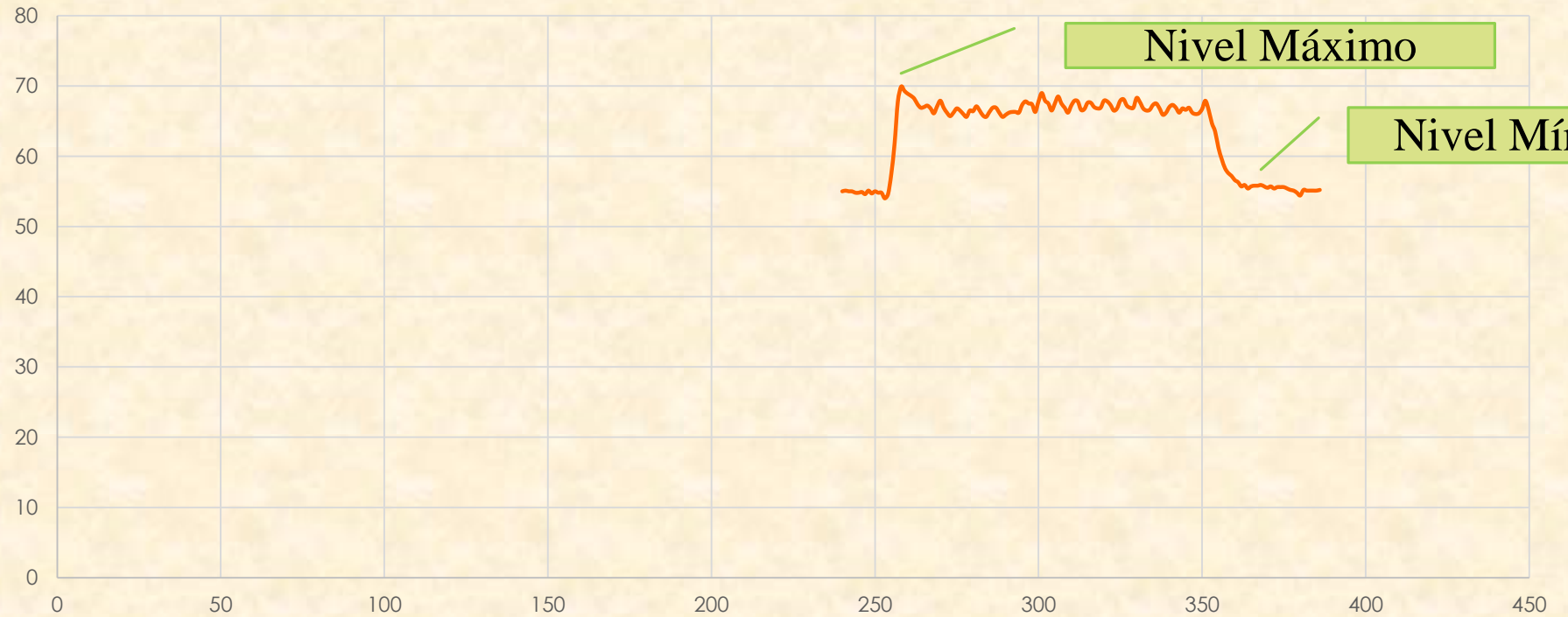
Nivel de Presión sonora del  
Ruido de Fondo

# SOFTWARE SOUND LEVEL METER DATALOGGER



# AMORTIGUADOR ORIGINAL

Ruido de Trabajo



# AMORTIGUADOR ALTERNO 1

Ruido de Trabajo





# AMORTIGUADOR ALTERNO 2

Ruido de Trabajo

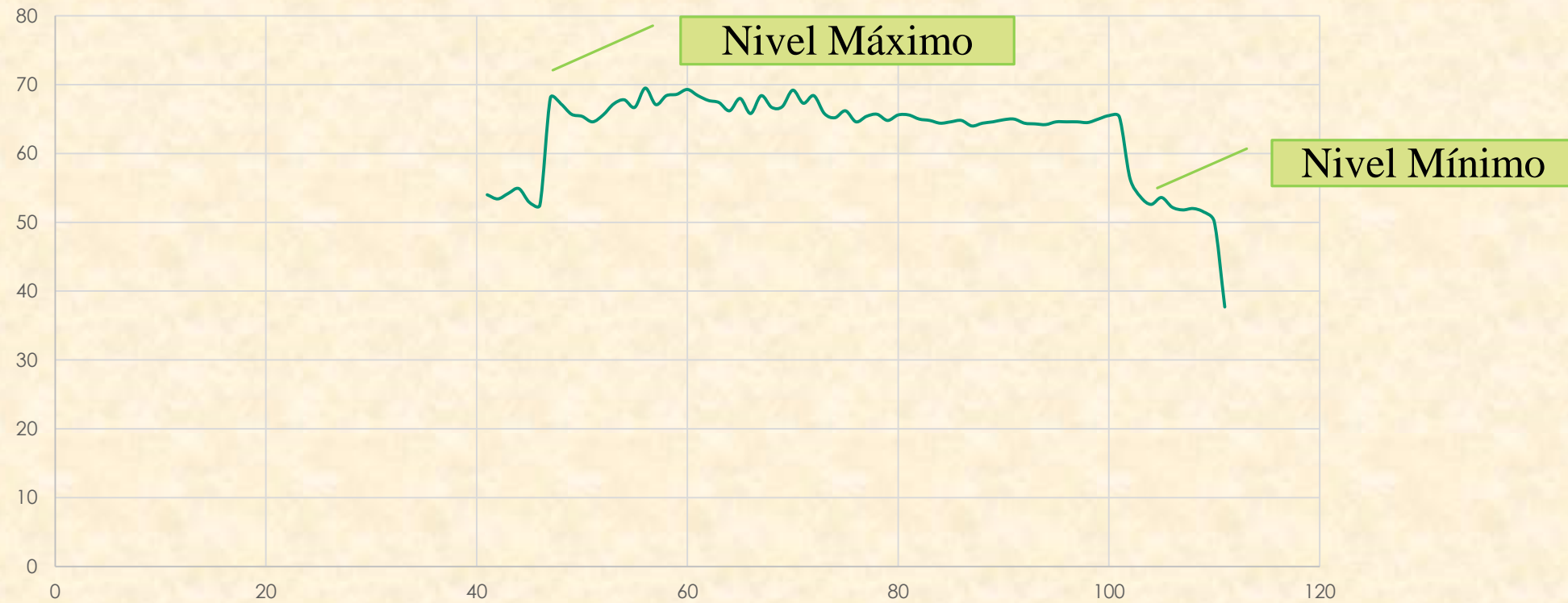



# COMPARACIÓN DE RUIDO DE TRABAJO



# RUIDO DE FONDO

Ruido de Fondo





<b>AMORTIGUADOR</b>	<b>RUIDO DE TRABAJO (dBA)</b>		<b>RUIDO DE FONDO (dBA)</b>	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
<b>ORIGINAL</b>	69,9	49,8	69,5	37,7
<b>ALTERNO 1</b>	70,7	50,6		
<b>ALTERNO 2</b>	70,7	54,2		



# **CUADRO COMPARATIVO DE CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

CONDICIONES	AMORTIGUADOR ORIGINAL	AMORTIGUADOR ALTERNO 1	AMORTIGUADOR ALTERNO 2
<b>Temperatura de realización de pruebas</b>	20±3°C	20±3°C	20±3°C
<b>Bajas Velocidades</b>	Buen desempeño y buena apariencia de las curvas.	Buen desempeño y buena apariencia de las curvas.	Presencia de Cavitación en la segunda mitad de la carrera de extensión, cercana a la velocidad cero.
<b>Altas Velocidades</b>	Mayor capacidad de fuerzas y mejor desempeño	Pérdida de fuerza en la segunda mitad de la carrera de compresión	Mejor desempeño. Se elimina el fenómeno de la cavitación en velocidades mayores a 100mm/s.

**Presencia Cargas Laterales**

Presencia de vibraciones en el cuerpo del puntal y fuerzas mayores en compresión que en extensión.

Mayor sensibilidad en compresión, mayores esfuerzos en compresión que en extensión y presencia de vibraciones.

Mayor sensibilidad en compresión, mayores esfuerzos en compresión que en extensión, presencia de vibraciones y cavitación en la segunda mitad de la carrera de extensión cerca a la velocidad cero.

<b>Ruido de trabajo</b>	Menor ruido de trabajo que alternos	Mayor ruido de trabajo al original	Mayor ruido de trabajo al original
-------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

**Calentamiento del amortiguador**

Apenas se calientan y mantienen comportamiento.


Aumentan su temperatura y su disipación rápida de calor.


Aumentan progresivamente y disipación lenta de calor.

# CONCLUSIONES

- El amortiguador Original muestra un desempeño de trabajo constante en todas las velocidades, dado que el amortiguador alterno 2 a una velocidad de 50 mm /s presenta fenómeno de cavitación en la carrera de extensión cerca de la velocidad cero y el amortiguador alterno 1 a una velocidad de 1000mm/s presenta pérdida de fuerza en la segunda mitad de la carrera de compresión.



- 
- En la prueba de resistencia al deslizamiento realizada a 18 mm/s el amortiguador original y alternos presentan vibraciones en la carrera de compresión y extensión. El amortiguador original demuestra un mejor desempeño dado que los amortiguadores alternos adicional a la presencia de vibraciones presentan mayor sensibilidad a cargas laterales en el inicio de las carrera de compresión, a mayor carga lateral aplicada mayor resistencia al deslizamiento, con una carga lateral de 200 N el pico de fuerza en el amortiguador alternativo 1 llega a aproximadamente 180N y del amortiguador alternativo 2 es mayor sobrepasando los 200N.



De acuerdo al ruido de trabajo realizada a 300mm/s tenemos que los valores máximo (69.9 dBA) y mínimo (49.8 dBA) del amortiguador original son menores a los de los amortiguadores alternos, siendo el amortiguador alternativo 2 más ruidoso con valores máximo (70.7 dBA) y mínimo (54.2 dBA) respecto al ruido de Fondo (ruido producido por el banco de pruebas en funcionamiento sin montaje de amortiguador) con valores máximo (69.5 dBA) y mínimo (37.7 dBA).

# RECOMENDACIONES

- Se debe realizar un utillaje que permita un correcto ajuste de los amortiguadores tanto en la parte superior como inferior para eliminar vibraciones de éstos durante el ensayo en el banco de pruebas, ya que esto puede ocasionar alteraciones en las curvas de caracterización.
- Dar un uso correcto de los amortiguadores de acuerdo a las prestaciones especificadas dado que éstos cumplirán el desempeño deseado en las condiciones a las que fueron diseñados y que dependerán del tipo de terreno y manejo del conductor.
- Con este proyecto de investigación se propone realizar un futuro estudio que permita conocer el confort que pueden brindar los amortiguadores a los pasajeros una vez montados en los vehículos mediante un análisis de vibraciones.



TODOS NUESTROS SUEÑOS SE  
PUEDEN VOLVER REALIDAD SI  
TENEMOS EL CORAJE DE  
PERSEGUIRLOS.

WALT DISNEY