

Jornadas Iberoamericanas de Motores Térmicos y Lubricación
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL SANTA FE 2018

Antecedentes en el área de motores térmicos y lubricación

Departamento de Mecánica



***Facultad de Ingeniería Comodoro Rivadavia
Chubut***

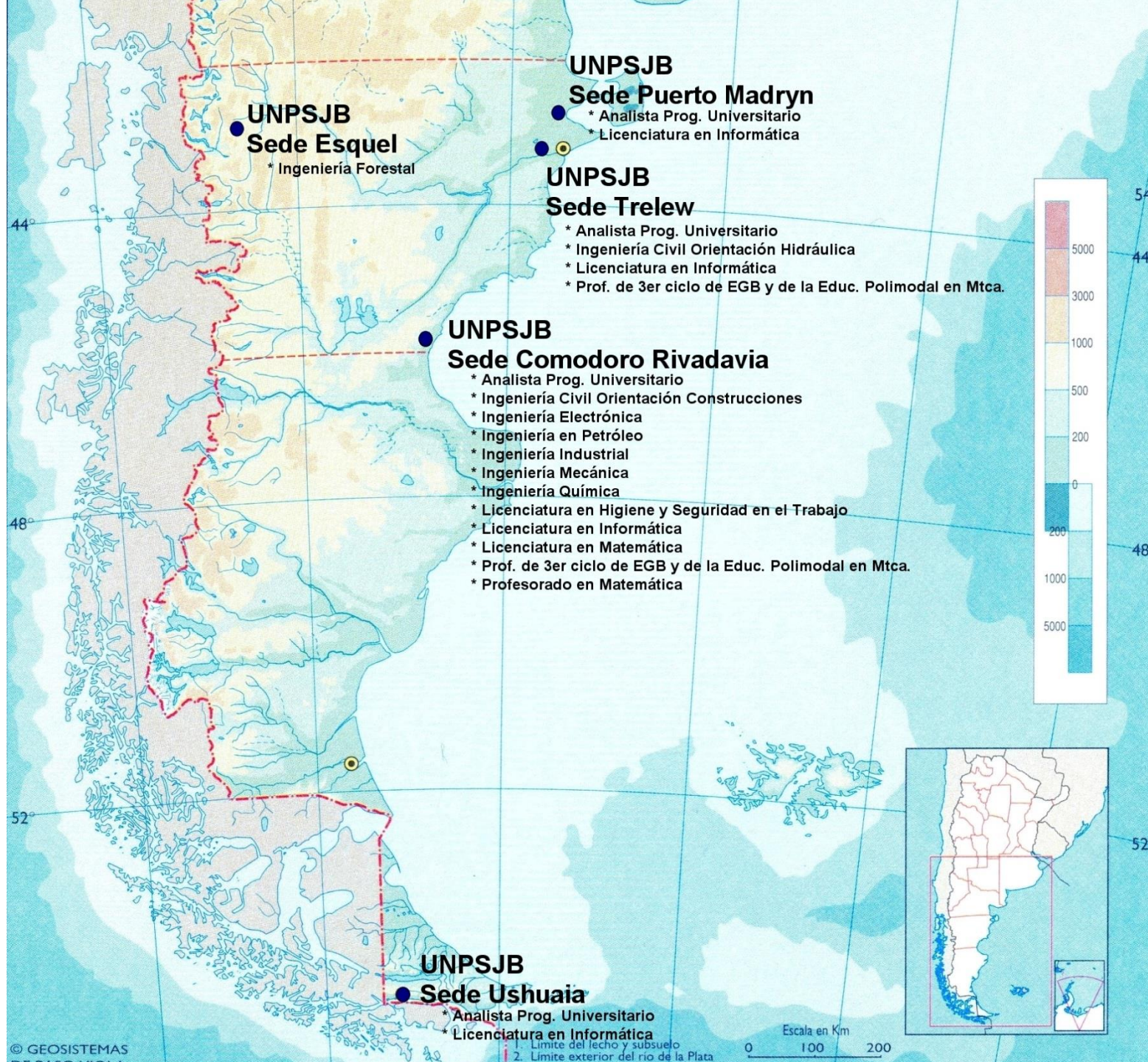


Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco

Breve reseña institucional

La universidad cuenta con cinco facultades que distribuyen su oferta académica en ciudades de la región

- **Ciencias Naturales y de la salud**
- **Ciencias Económicas**
- **Humanidades y ciencias sociales**
- **Ciencias Jurídicas**
- **Ingeniería**





A satellite map of Comodoro Rivadavia, Argentina. The city is shown as a dense urban area with a grid-like street pattern, situated along a coastline. To the north, there are rugged, brown hills. The sea is visible to the east. A blue location pin is placed on a hill in the northern part of the city.

Museo del Petroleo

**Sede central en la ciudad de
Comodoro Rivadavia**

Comodoro
Rivadavia

Sede central en la ciudad de Comodoro Rivadavia







Antecedentes en el área de motores térmicos y lubricación

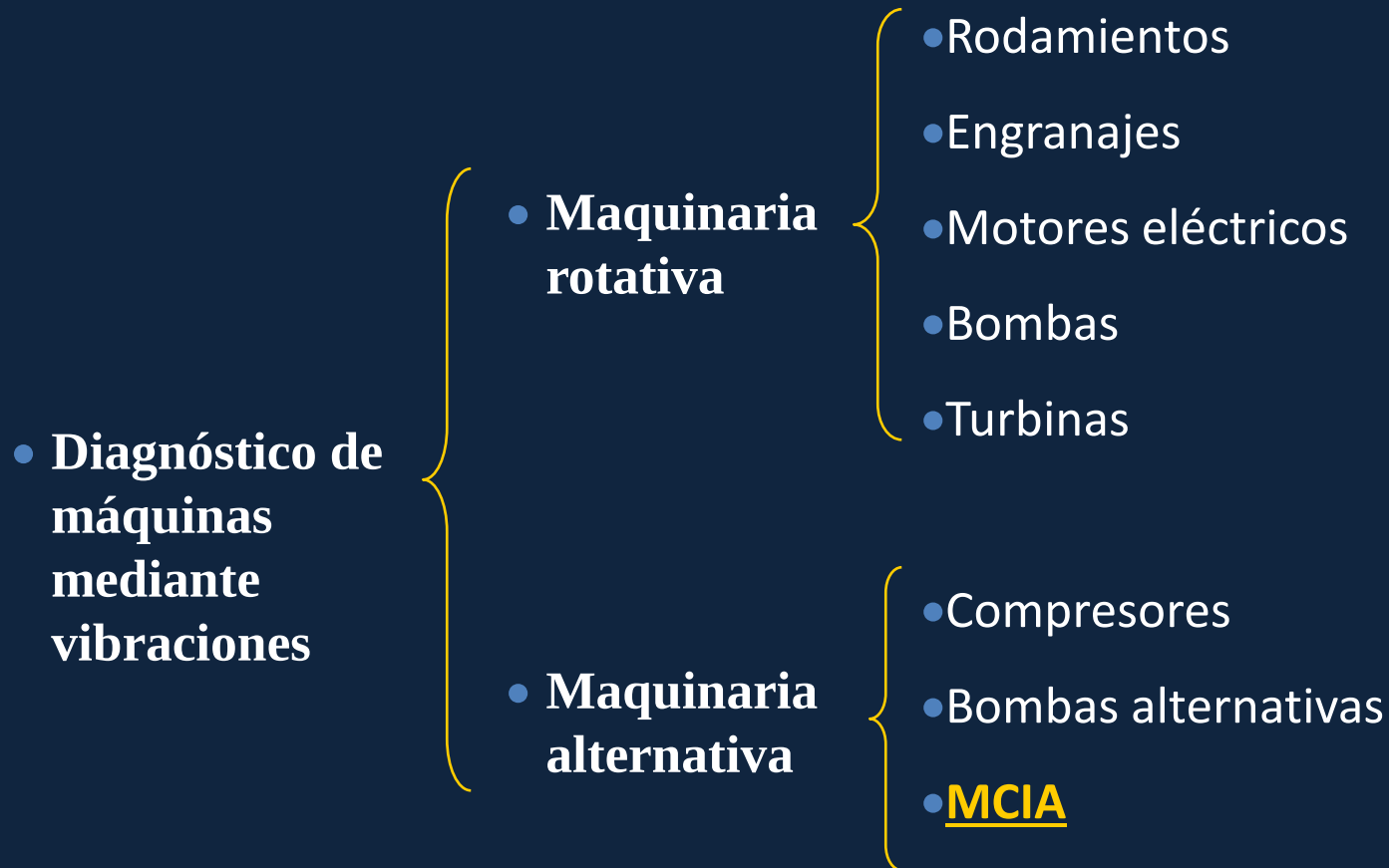
- ➡ Diagnóstico de motores alternativos mediante vibraciones**
Vibraciones lineales y torsionales
- ➡ Análisis de ciclos reales, determinación de PMS sin ref. angular**
- ➡ Construcción de turbina de gas (fines académicos)**
- ➡ Motor adaptado para usar hidrógeno**
- ➡ Análisis de mecanismos de distribución variable**
- ➡ Estudio teórico y experimental de cojinetes hidrodinámicos**
- ➡ Simulación fluidodinámica renovación de la carga**

Diagnóstico de motores alternativos mediante vibraciones

•OBJETIVOS

- Desarrollo de técnicas para identificar fallas a través del análisis de vibraciones.
- Medidas simples, rápidas y no intrusivas.
- “Automatización” de diagnósticos.

• ANTECEDENTES



Diagnóstico por vibraciones en MCIA

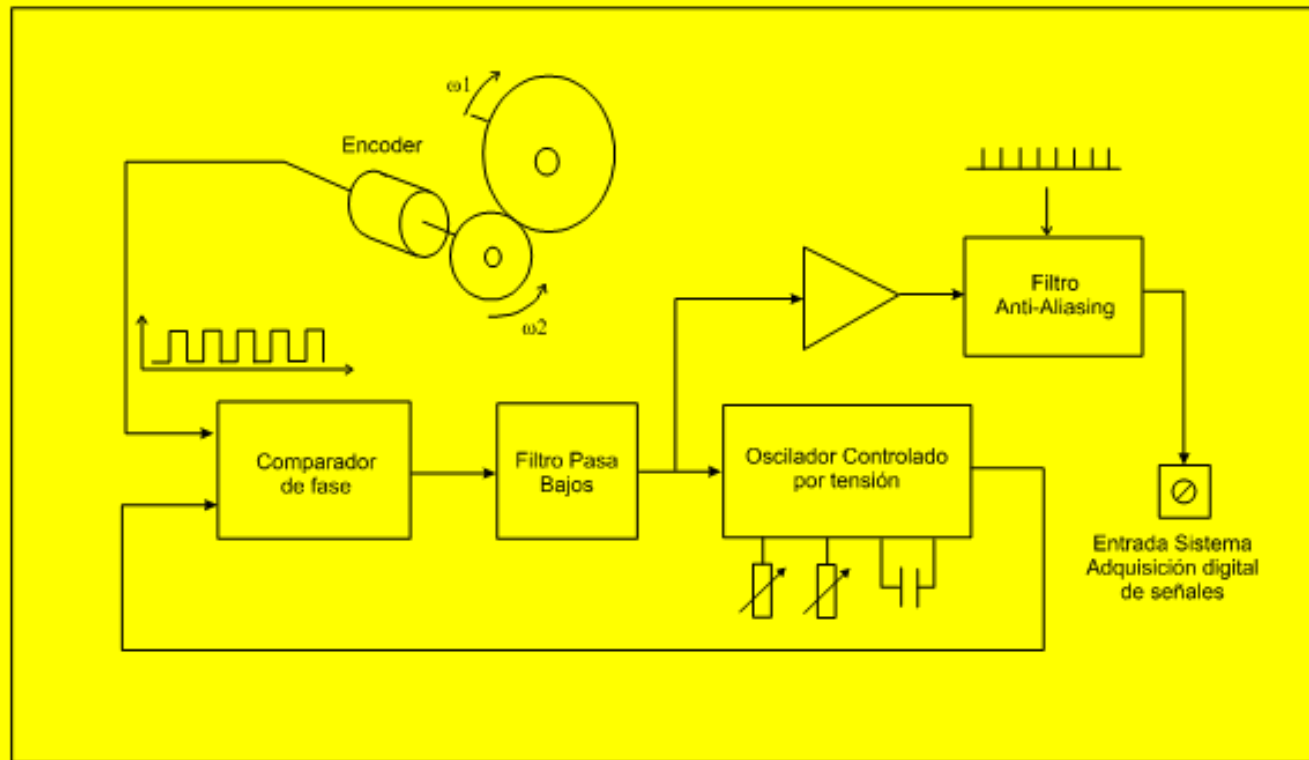
- **Vibraciones como cuerpo rígido**

- Irregularidad de rotación del cigüeñal
- Oscilaciones del bloque con soportes elásticos

- **Vibraciones como cuerpo elástico**

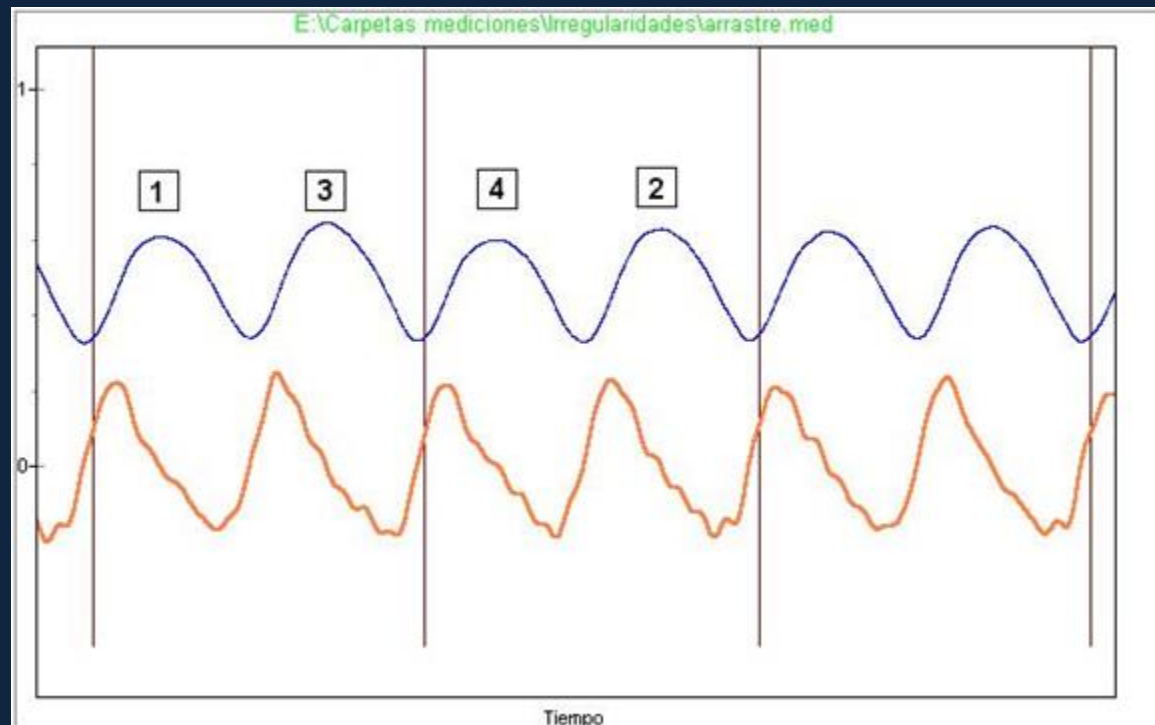
- Holgura cilindro-pistón
- Cojinetes
- Impactos en válvulas
- Combustión anormal
- Grupos auxiliares
- Vibraciones torsionales del cigüeñal

- IRREGULARIDAD DE ROTACIÓN



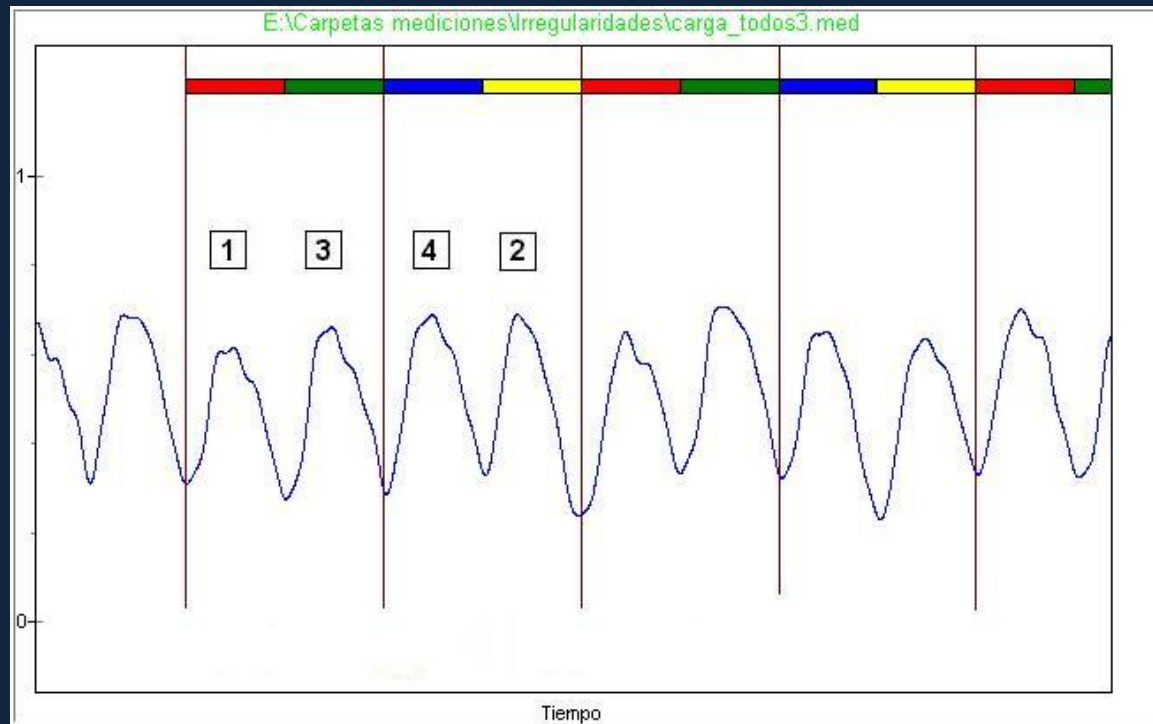
Esquema del dispositivo de medición

- **IRREGULARIDAD DE ROTACIÓN**



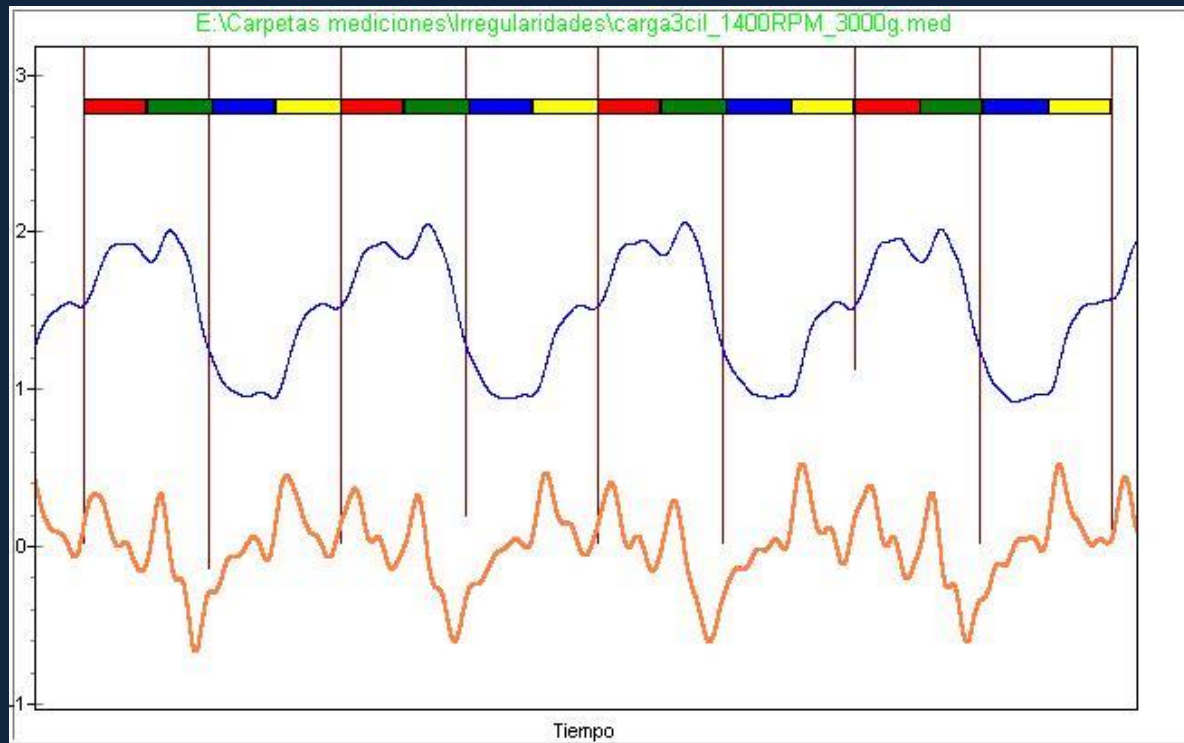
Motor en arrastre, velocidad y aceleración angular. Motor de 4 cilindros encendido por chispa.

- **IRREGULARIDAD DE ROTACIÓN**



Motor a plena carga 1400 RPM

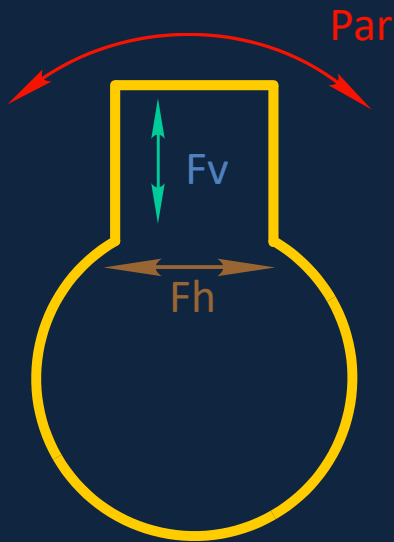
- **IRREGULARIDAD DE ROTACIÓN**



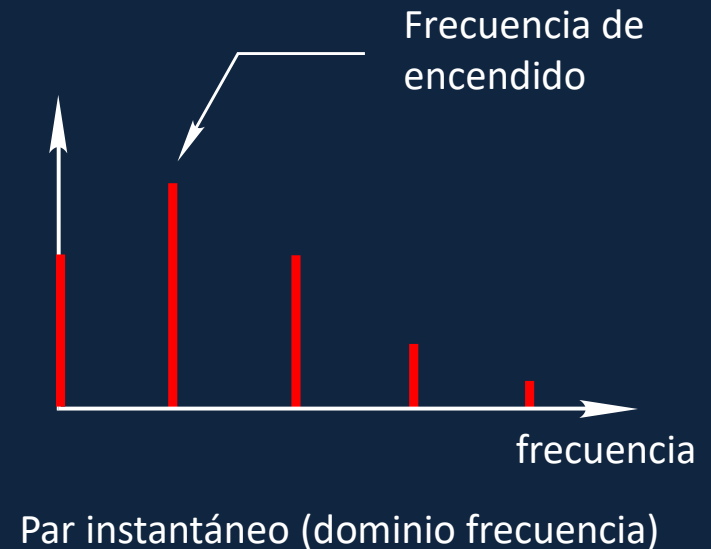
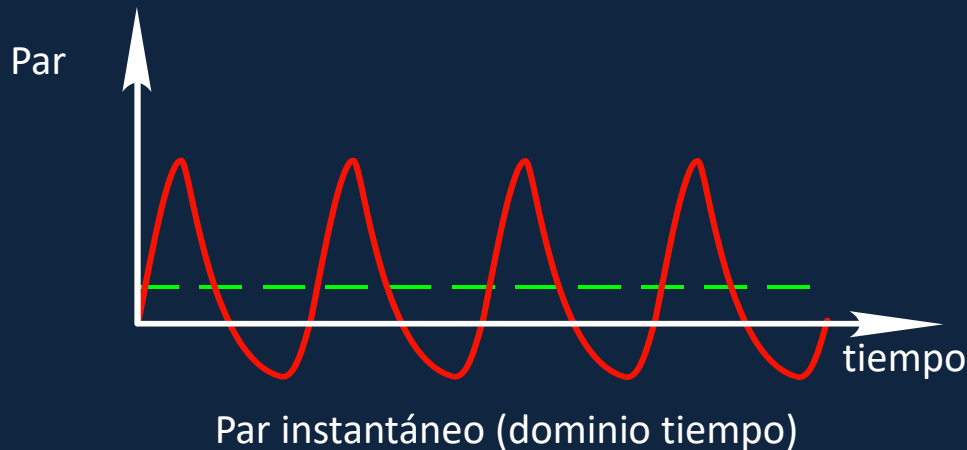
Motor a plena carga 1400 RPM con una bujía desconectada

- **MOVIMIENTO OSCILATORIO DEL BLOQUE**

• MOVIMIENTO OSCILATORIO DEL BLOQUE



- Las fuerzas de inercia verticales y horizontales pueden compensarse mediante equilibrio
- El par siempre es pulsante
- Necesidad de soportes elásticos para aislar vibraciones

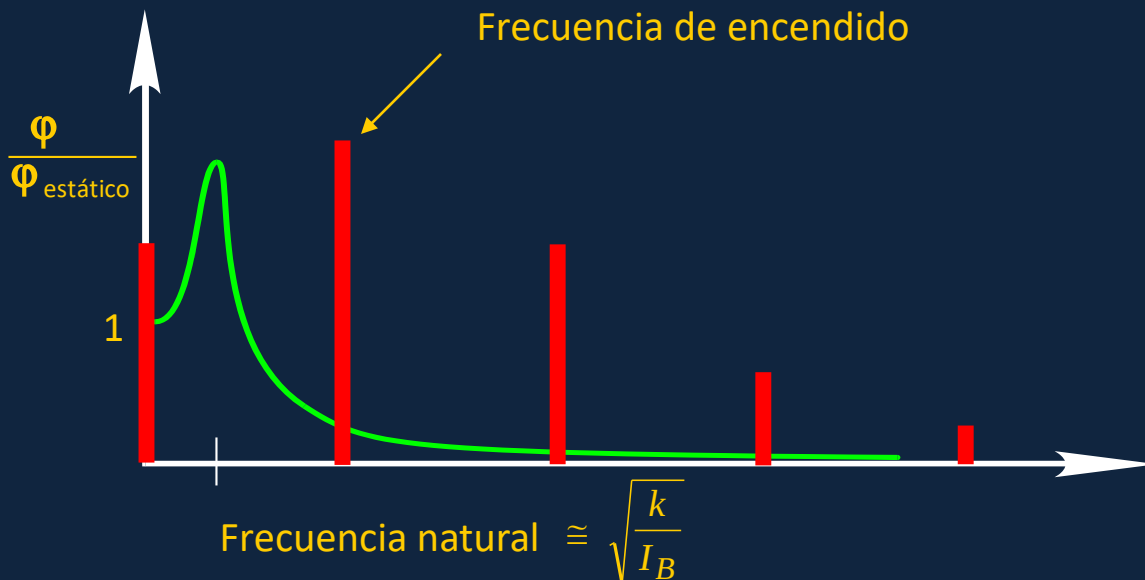




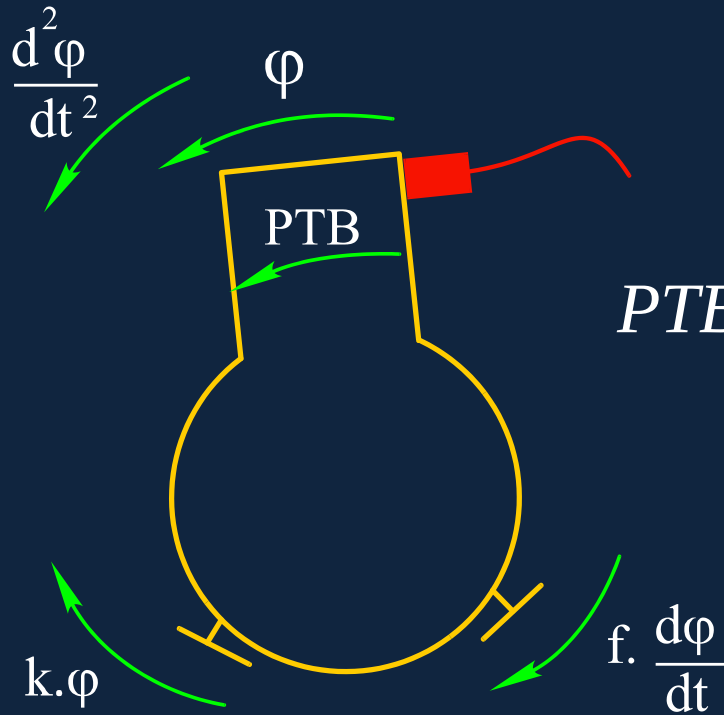
Esquema idealizado del grupo motor-soportes



Disposición de los soportes de goma



Respuesta dinámica del bloque frente a un par alternativo



$$PTB - k \cdot \varphi - f \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \cdot IB$$

APLICACIONES:

Estimación del par instantáneo sobre el cigüeñal a partir de la medición del movimiento del bloque

$$PTB - k \cdot \varphi - f \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \cdot IB$$

El factor de amortiguamiento f es pequeño, además la frecuencia natural debe ser bastante menor que la de encendido, por lo tanto k también debe ser pequeña.

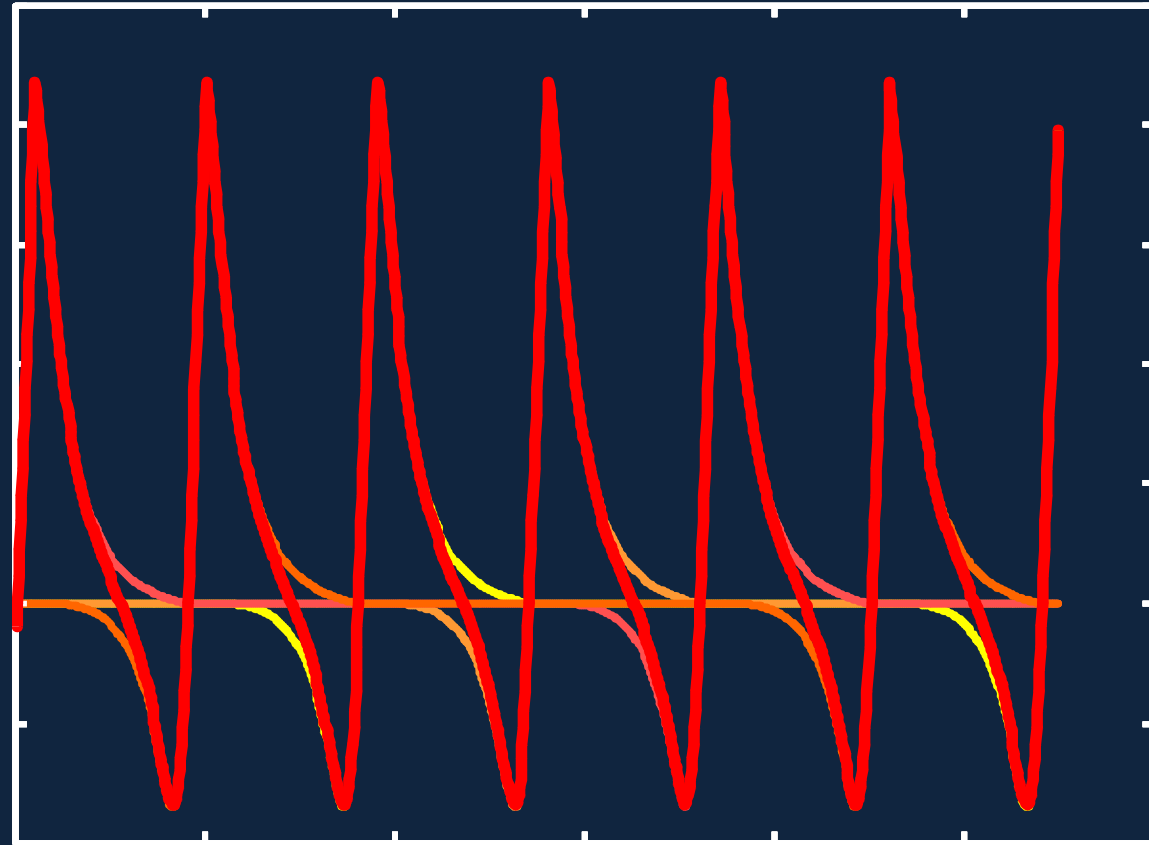


$$PTC \cong PTB \cong \frac{d^2\varphi}{dt^2} \cdot IB$$

- La aceleración angular tendrá gran semejanza con el par instantáneo que actúa sobre el cigüeñal.
- Si falla algún cilindro, las hipótesis que permiten justificar la semejanza entre el par y aceleración angular, dejan de ser válidas.

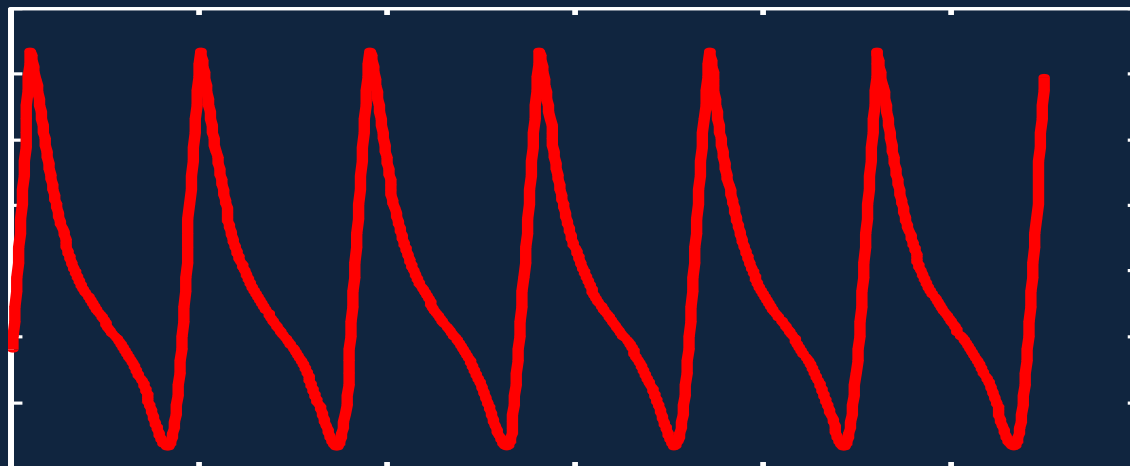
➤ PAR INSTANTÁNEO EN EL CIGÜEÑAL (FUERZAS DE PRESIÓN)

PAR INSTANTÁNEO

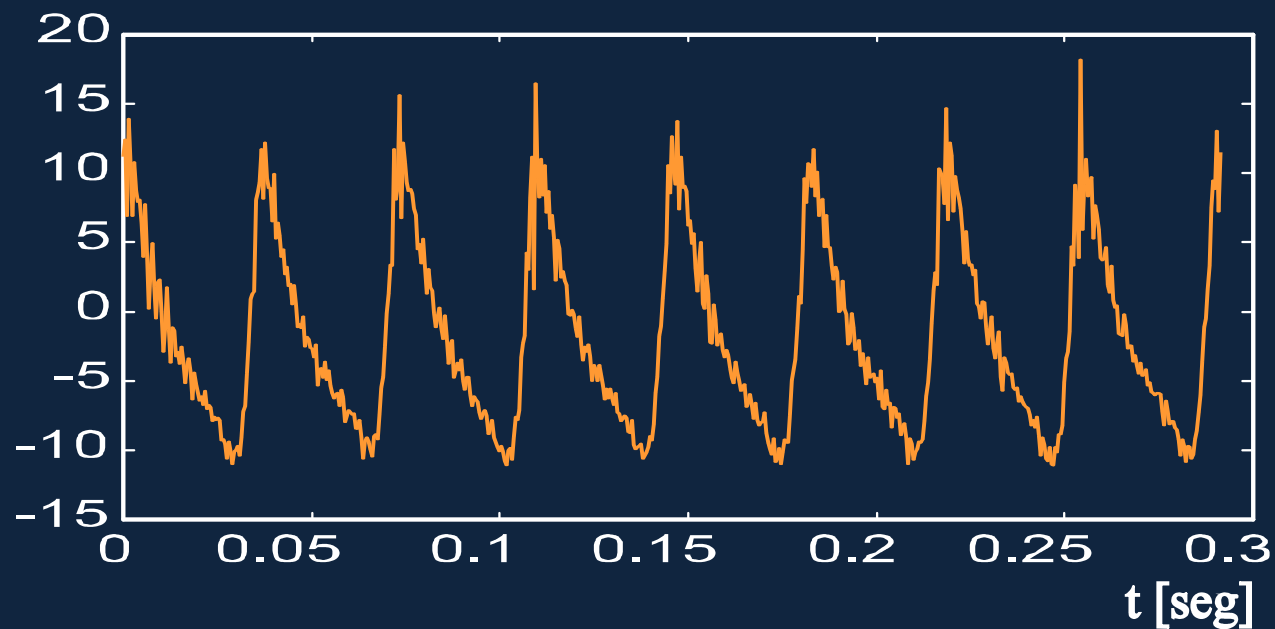


ÁNGULO

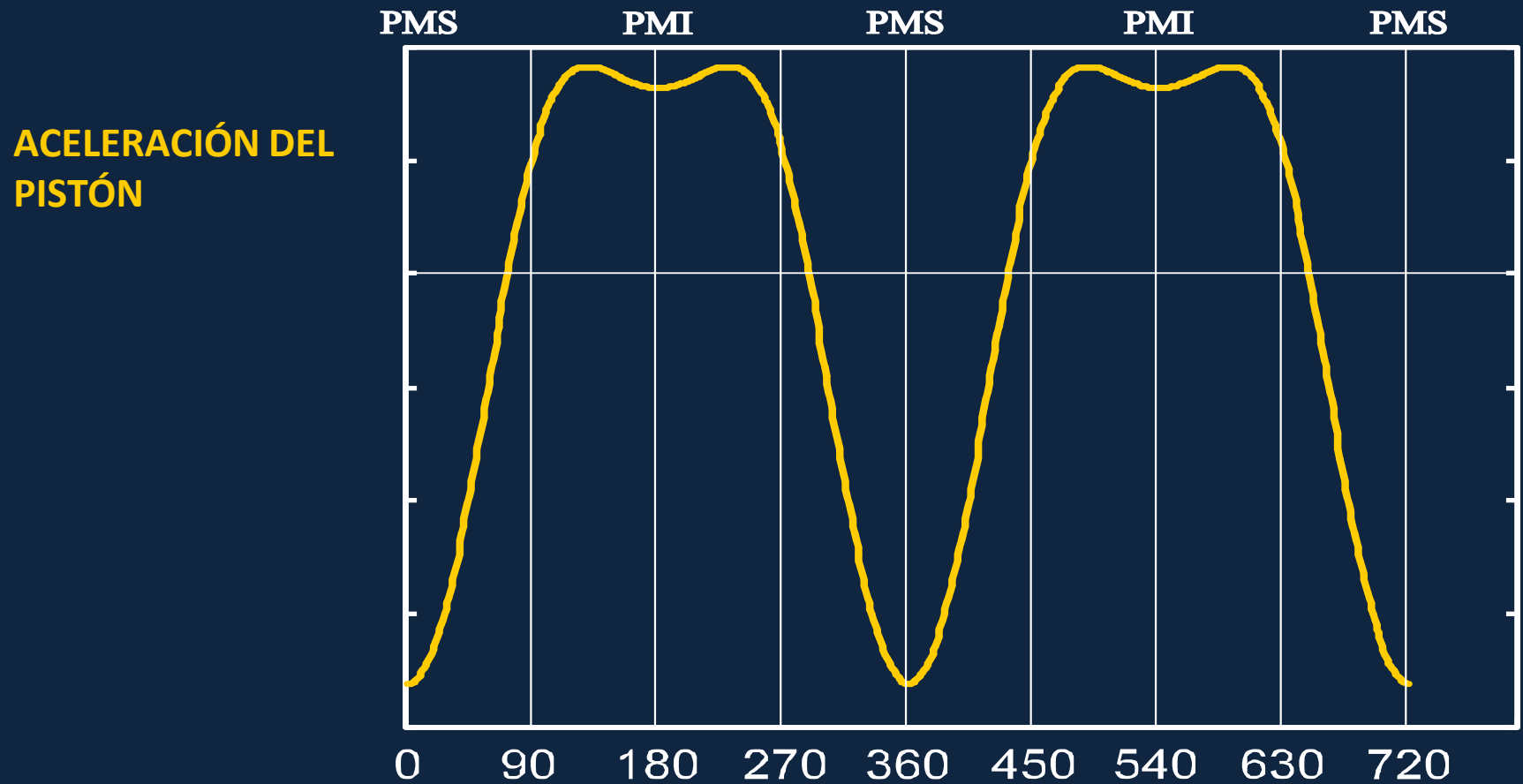
PAR INSTANTÁNEO
(FUERZAS DE PRESIÓN)



ACELERACIÓN
TANGENCIAL (m/s^2)



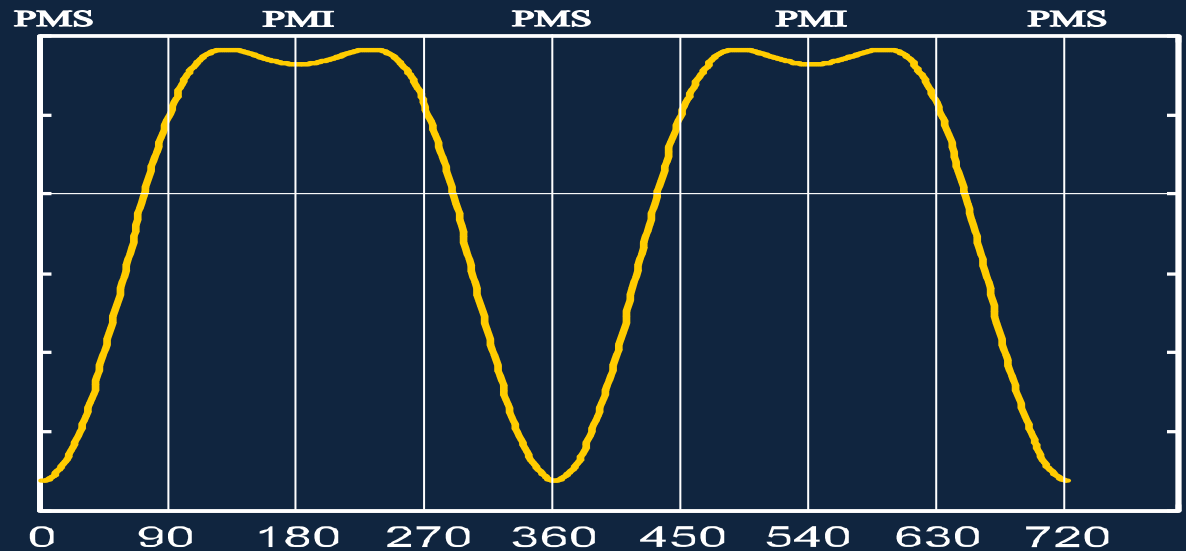
➤ EFECTOS INERCIALES SOBRE EL PAR INSTANTÁNEO



LOS EFECTOS INERCIALES DE LAS MASAS CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO MODIFICAN EL PAR INSTANTÁNEO CUANDO LA VELOCIDAD ES ALTA

➤ EFECTOS INERCIALES SOBRE EL PAR INSTANTÁNEO

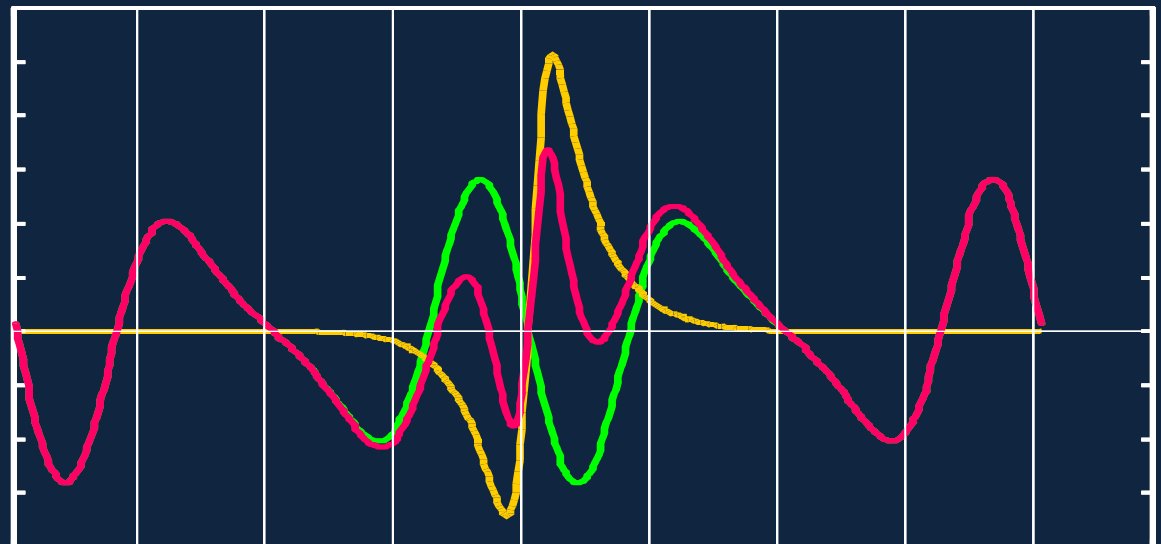
ACELERACIÓN DEL
PISTÓN



PAR INERCIA

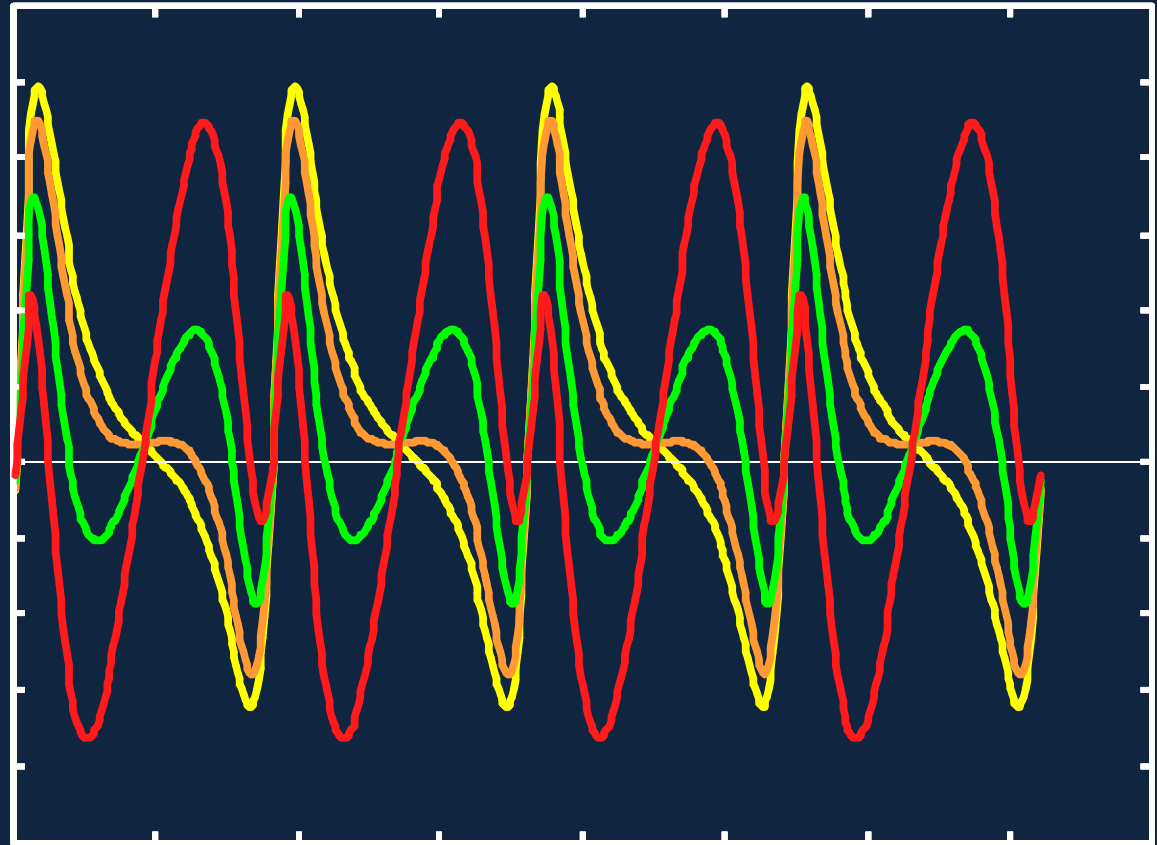
PAR PRESIÓN

PAR TOTAL



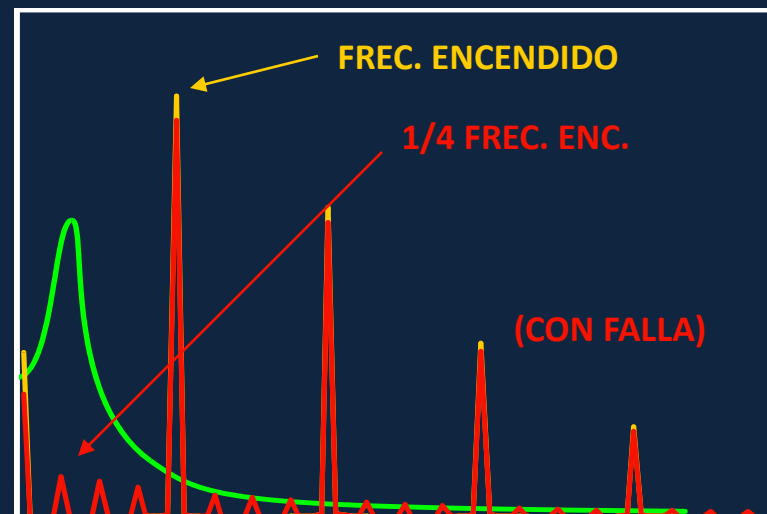
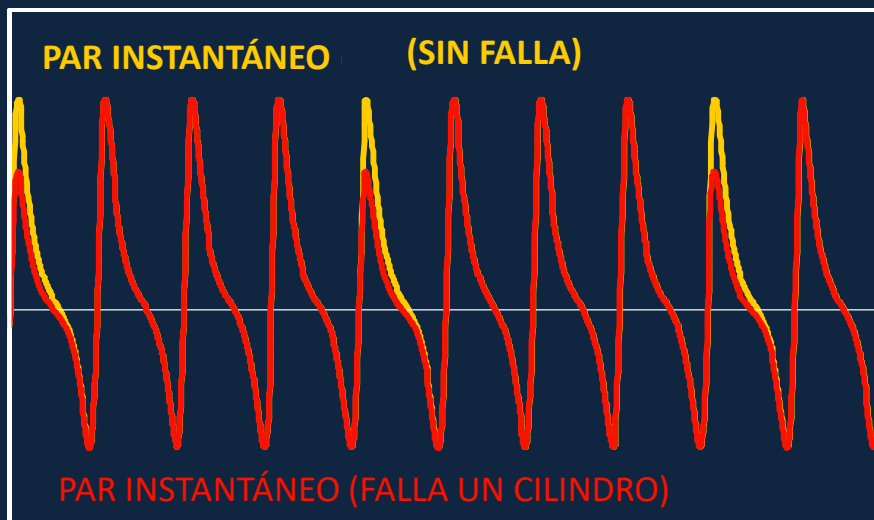
➤ **EFFECTOS INERCIALES SOBRE EL PAR INSTANTÁNEO**
(motor de 4 cilindros 4 T)

800 RPM
1500 RPM
2500 RPM
3500 RPM



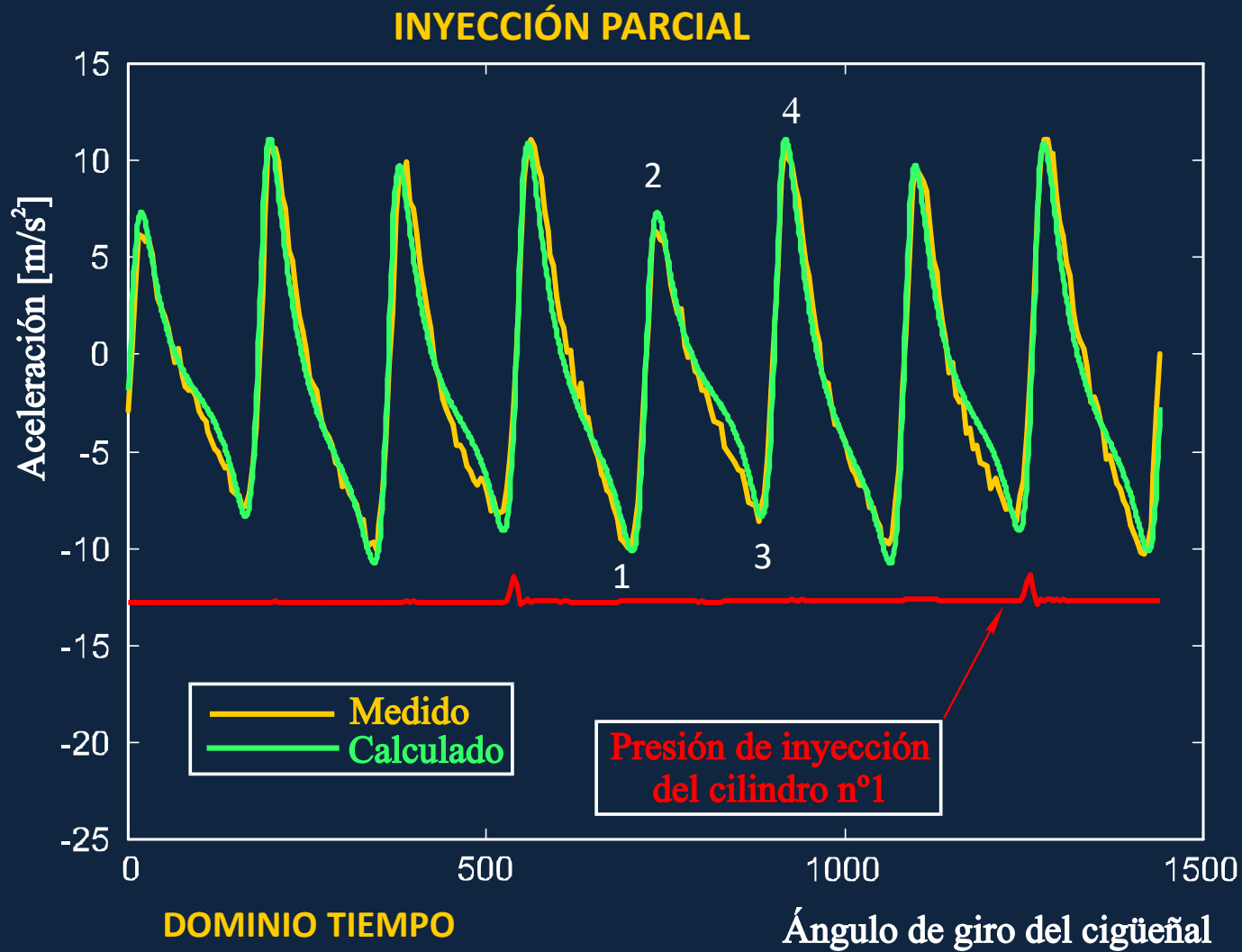
SIMULACIÓN DEL MOVIMIENTO DEL BLOQUE

➤ FALLA DE COMBUSTIÓN EN UN CILINDRO (MOTOR DE 4 CILINDROS)



- LA SEMEJANZA ENTRE EL PAR Y LA ACELERACIÓN ANGULAR DISMINUYE CUANDO HAY ASIMETRÍA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS CILINDROS
- ES POSIBLE ESTABLECER UN CRITERIO DE DETECCIÓN DE FALLAS DE COMBUSTIÓN MEDIANTE EL ANÁLISIS DIRECTO DE LA SEÑAL TEMPORAL

DIAGNÓSTICO DE FALLAS DE COMBUSTIÓN MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LAS OSCILACIONES DEL BLOQUE





m4

D:\Furgon3\m4.dat

- ☒ CH1
- ☒ CH2
- ☐ CH3
- ☐ CH4
- ☐ Trans.

5.640 Volts

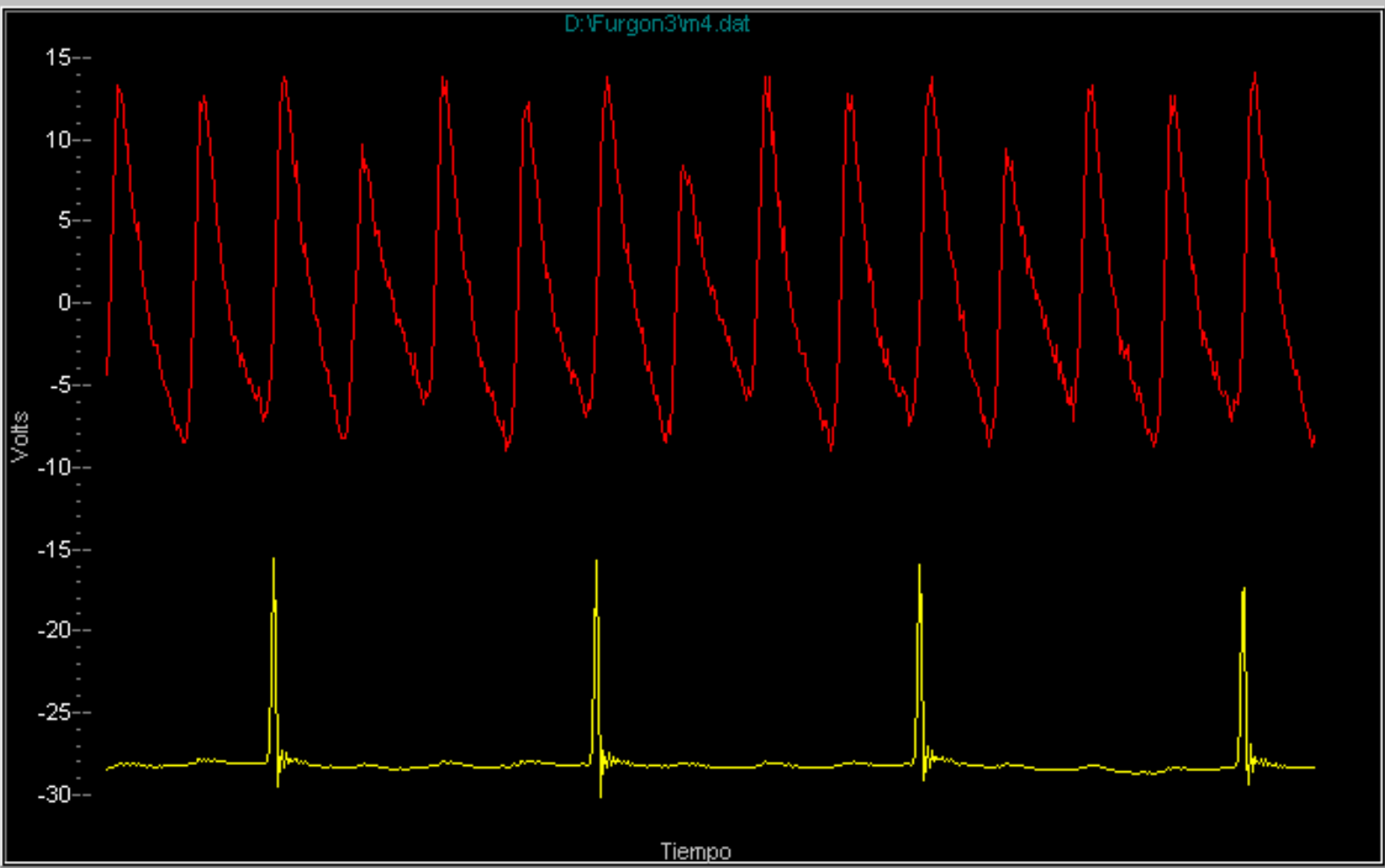
187.50 [mseg]

-1.03 DeltaV

Delta T

73.242 [mseg]

819 RPM



☐ Trans.

-1.03	DeltaV
-------	--------

819	RPM
-----	-----



Group	Number of correct answers
1	20.47
2	17.94
3	19.44
4	20.76

☐ Trans.

-1.03	DeltaV
-------	--------

819 RPM

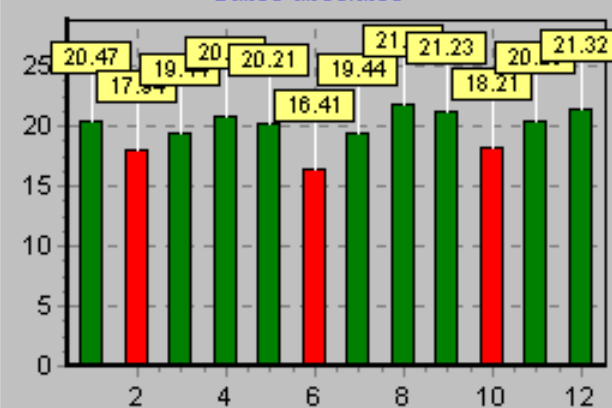


2 Pendiente

● CH₂

Medir saltos

Saltos absolutos



- **VIBRACIONES COMO CUERPO ELÁSTICO**

Implementación de la técnica de diagnóstico:

Identificación de eventos:

En función del principio de funcionamiento, se pueden identificar eventos en las señales de vibración.

Evaluación de severidad:

En algunos casos, se utilizan criterios teóricos.

En otros se utiliza información estadística que surge del seguimiento de la máquina monitoreada.

Fallas detectables en motores alternativos:

Fallas detectables en motores alternativos:

- **Detonación**
- **Golpe de pistón**
- **Golpe de válvulas de admisión y escape**
- **Medición de velocidad y desbalanceo de turbocompresores**
- **Bancadas**
- **Grupos auxiliares**

Detonación

Proceso de quemado normal en motor con encendido provocado por chispa

Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno



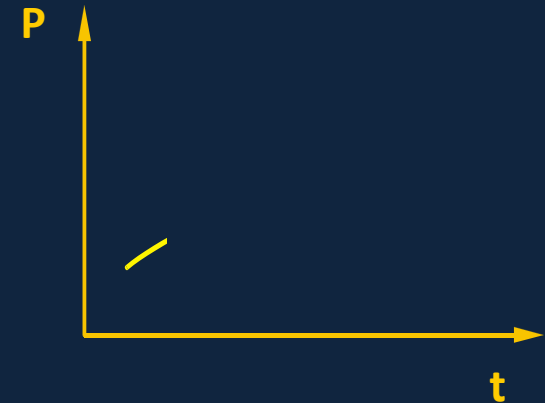
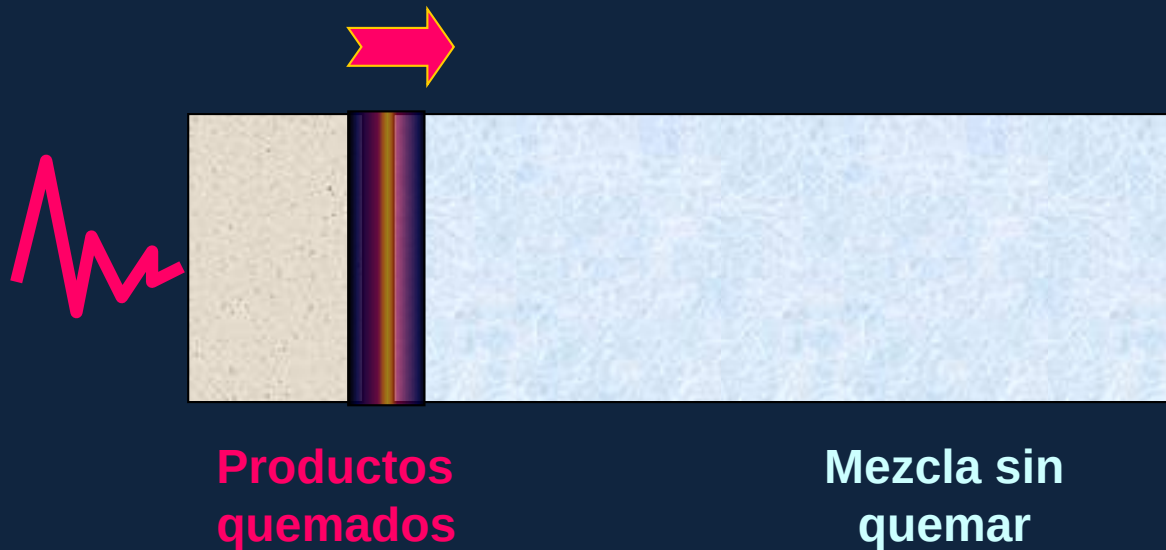
Detonación

Proceso de quemado normal en motor con encendido provocado por chispa

Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno



Avance gradual del frente de llama hasta quemar el total de la mezcla



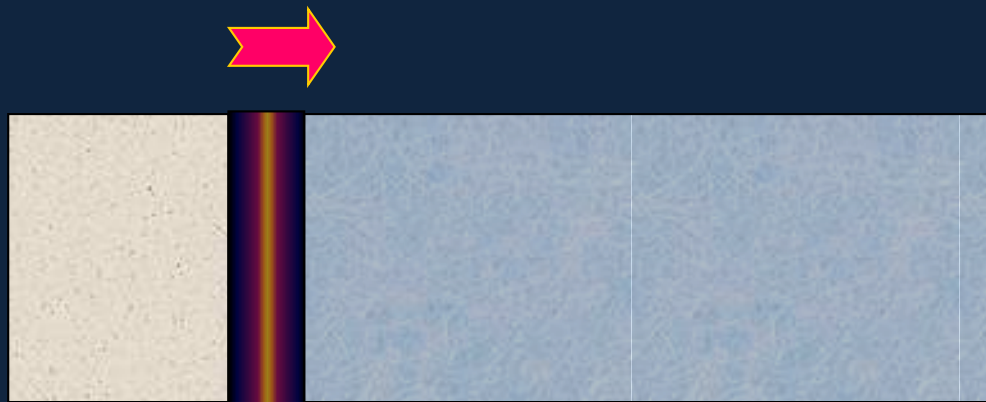
Detonación

Proceso de quemado normal en motor con encendido provocado por chispa

Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno

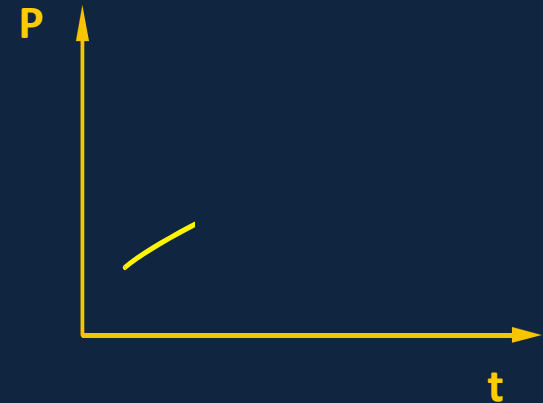


Avance gradual del frente de llama hasta quemar el total de la mezcla



Productos quemados

Mezcla sin quemar



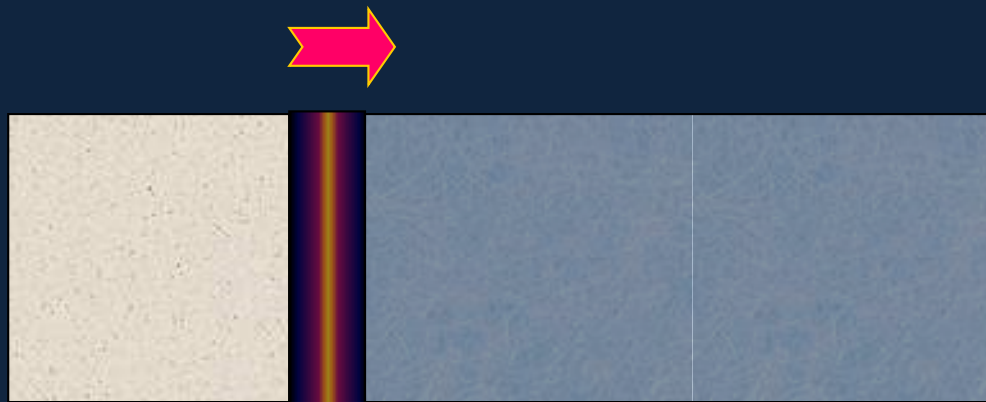
Detonación

Proceso de quemado normal en motor con encendido provocado por chispa

Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno

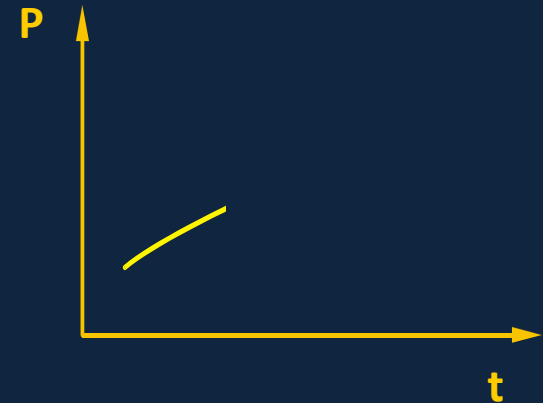


Avance gradual del frente de llama hasta quemar el total de la mezcla



Productos quemados

Mezcla sin quemar



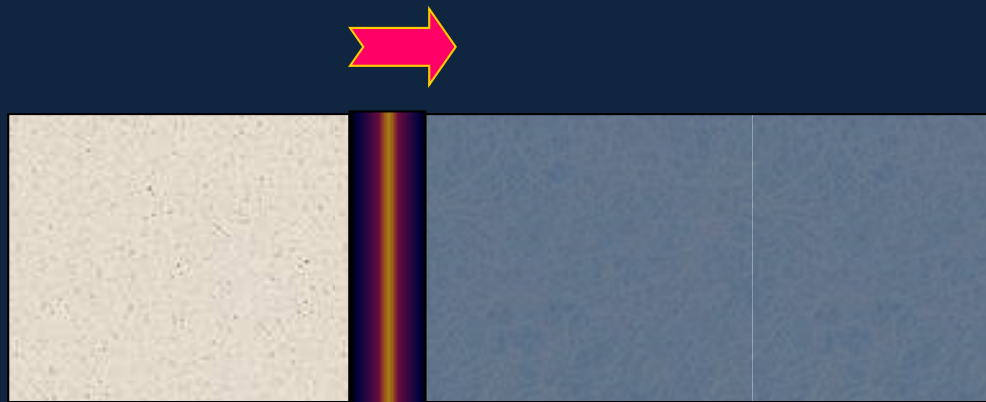
Detonación

Proceso de quemado normal en motor con encendido provocado por chispa

Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno

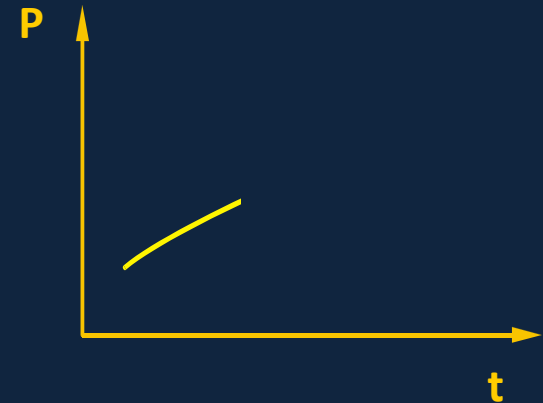


Avance gradual del frente de llama hasta quemar el total de la mezcla



Productos quemados

Mezcla sin quemar



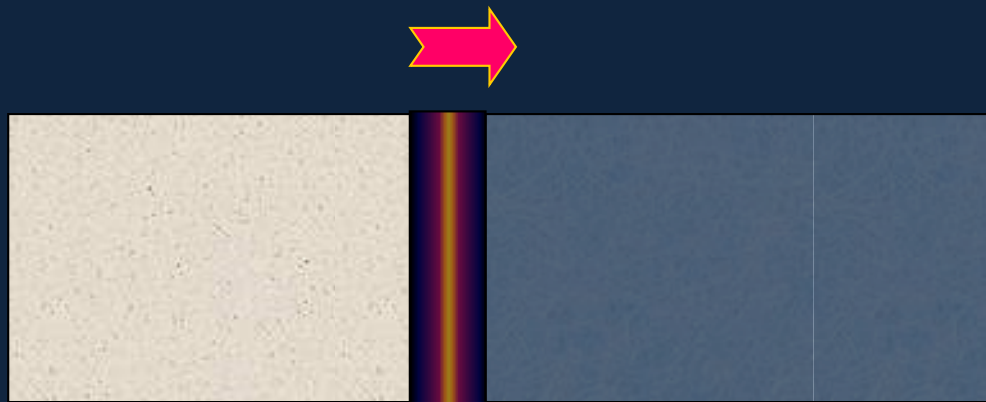
Detonación

Proceso de quemado normal en motor con encendido provocado por chispa

Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno

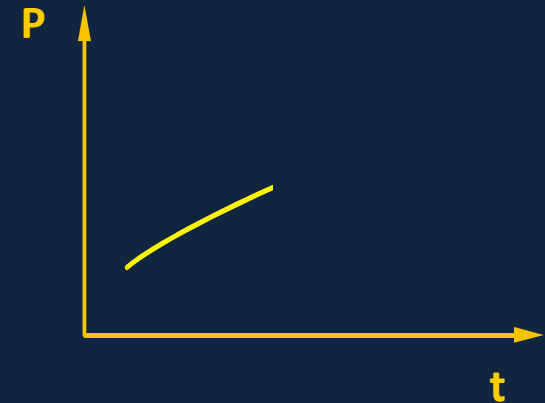


Avance gradual del frente de llama hasta quemar el total de la mezcla



Productos quemados

Mezcla sin quemar



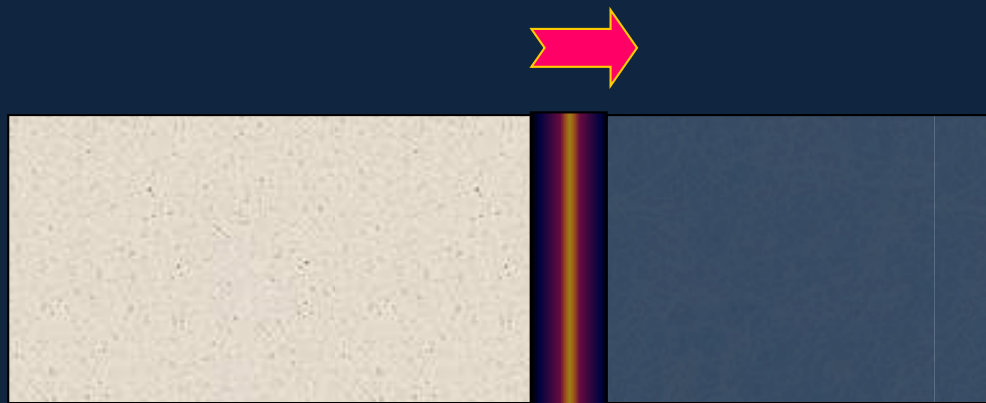
Detonación

Proceso de quemado normal en motor con encendido provocado por chispa

Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno

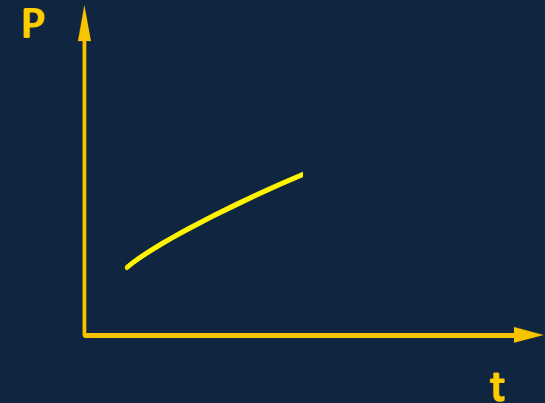


Avance gradual del frente de llama hasta quemar el total de la mezcla



Productos quemados

Mezcla sin quemar



Detonación

Proceso de quemado normal en motor con encendido provocado por chispa

Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno

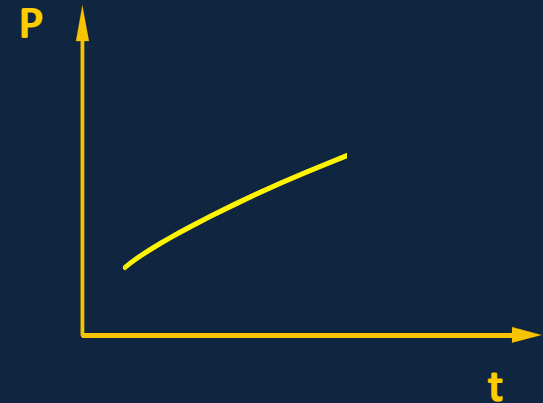


Avance gradual del frente de llama hasta quemar el total de la mezcla



Productos quemados

Mezcla sin quemar



Detonación

Proceso de quemado normal en motor con encendido provocado por chispa

Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno

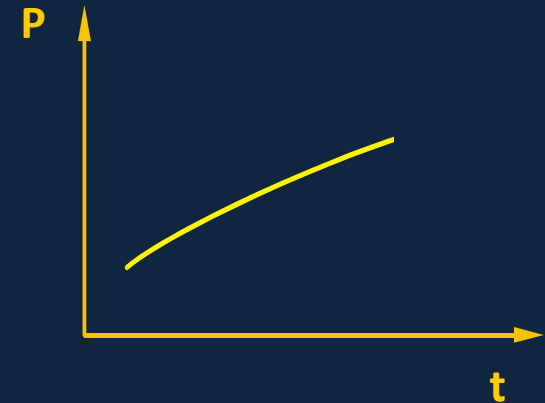


Avance gradual del frente de llama hasta quemar el total de la mezcla



Productos quemados

Mezcla sin quemar



Detonación

Proceso de quemado normal en motor con encendido provocado por chispa

Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno

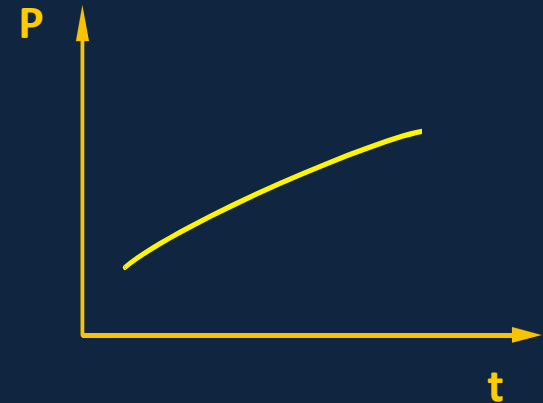


Avance gradual del frente de llama hasta quemar el total de la mezcla



Productos quemados

Mezcla sin quemar



Proceso anormal

Detonación

Proceso de quemado anormal en motor con encendido provocado por chispa

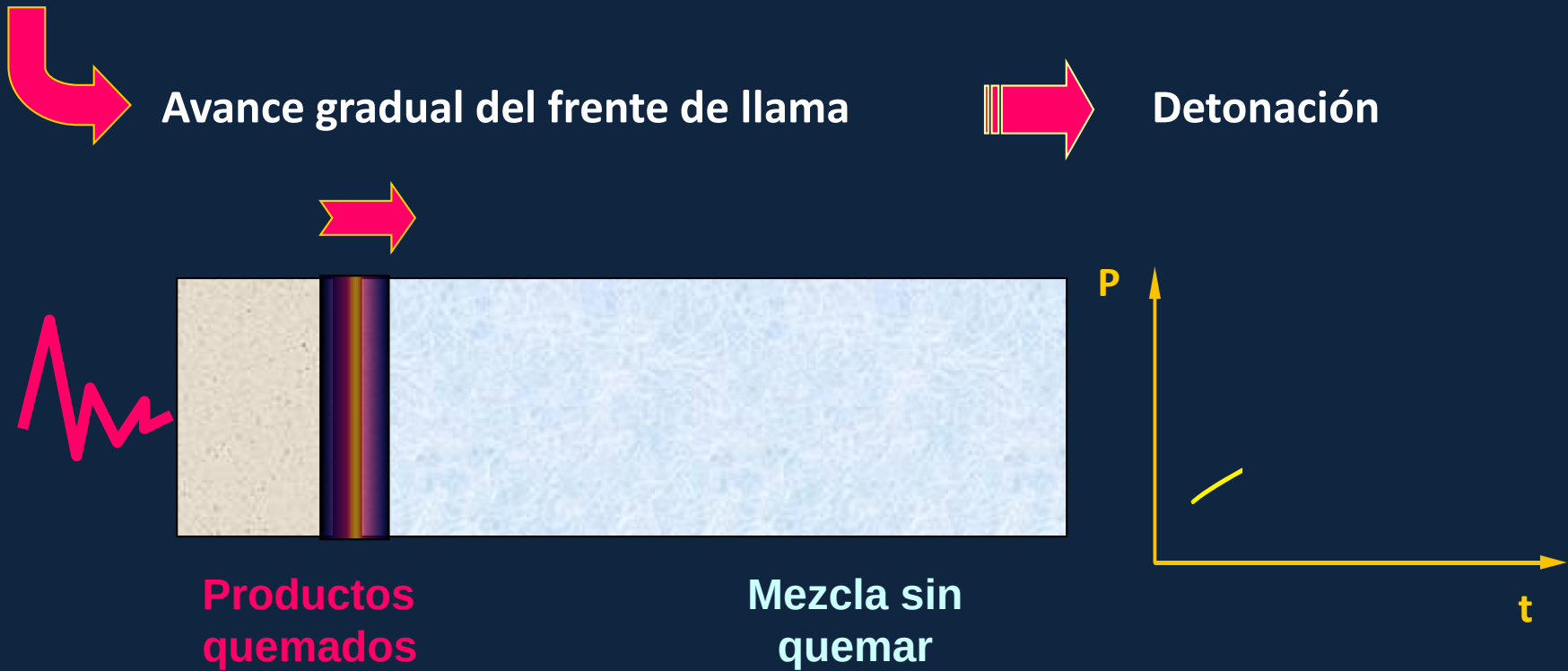
Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno



Detonación

Proceso de quemado anormal en motor con encendido provocado por chispa

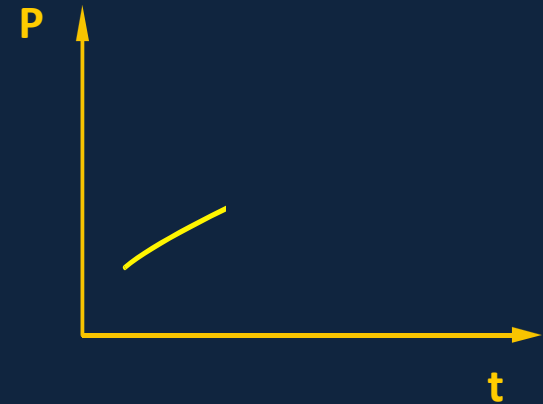
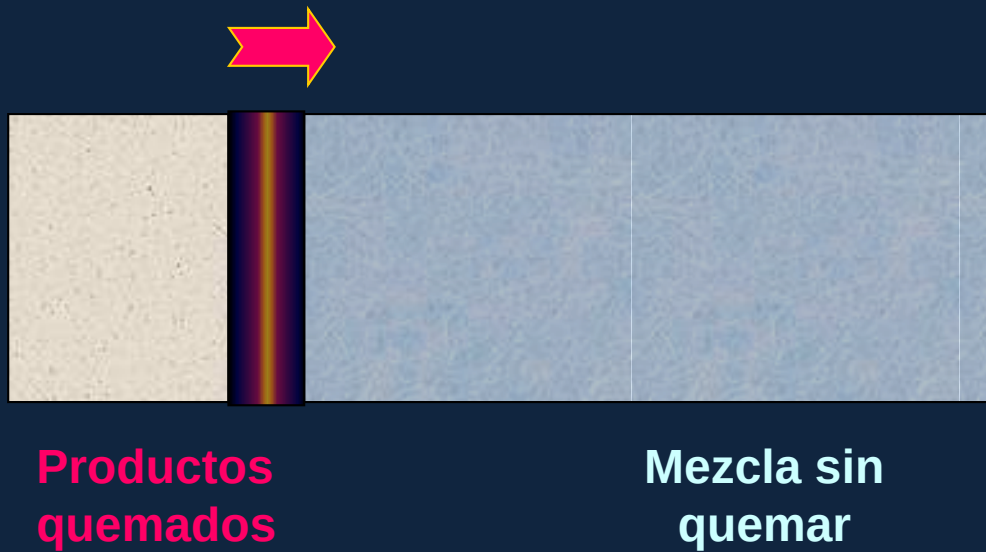
Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno



Detonación

Proceso de quemado anormal en motor con encendido provocado por chispa

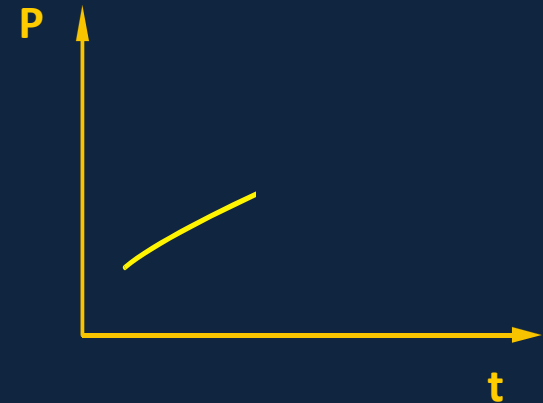
Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno



Detonación

Proceso de quemado anormal en motor con encendido provocado por chispa

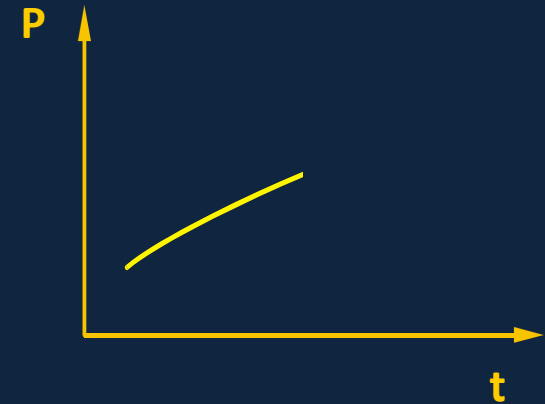
Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno



Detonación

Proceso de quemado anormal en motor con encendido provocado por chispa

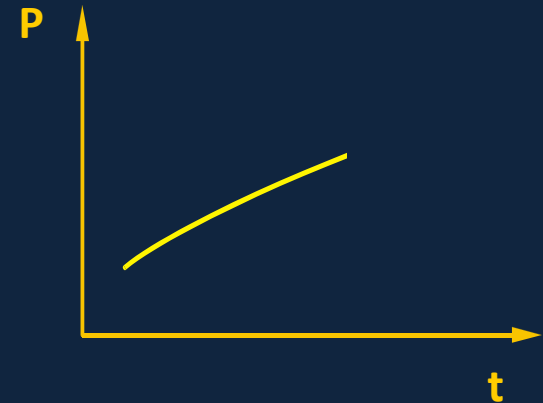
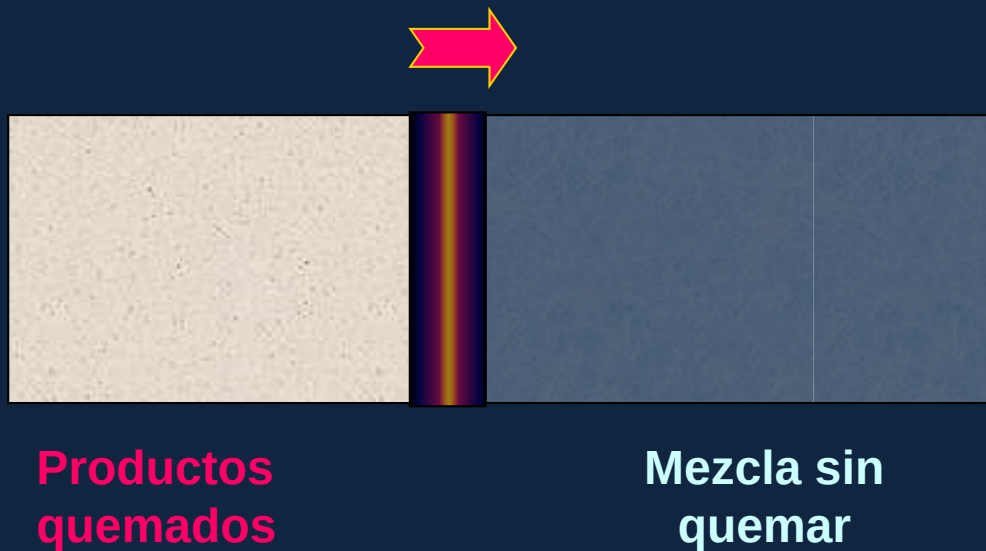
Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno



Detonación

Proceso de quemado anormal en motor con encendido provocado por chispa

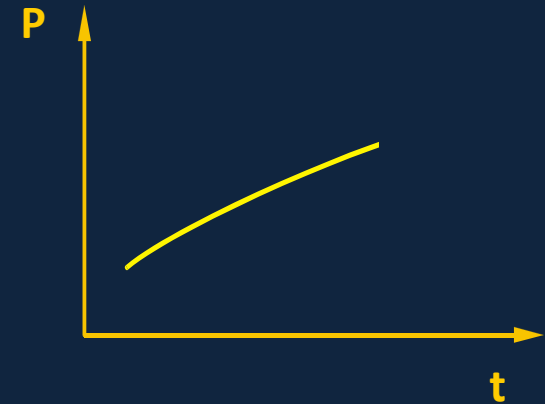
Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno



Detonación

Proceso de quemado anormal en motor con encendido provocado por chispa

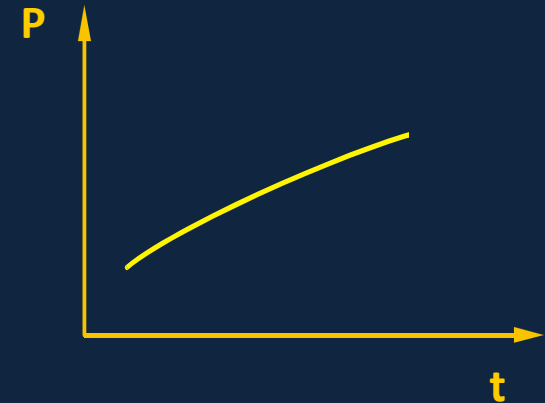
Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno



Detonación

Proceso de quemado anormal en motor con encendido provocado por chispa

Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno



Detonación

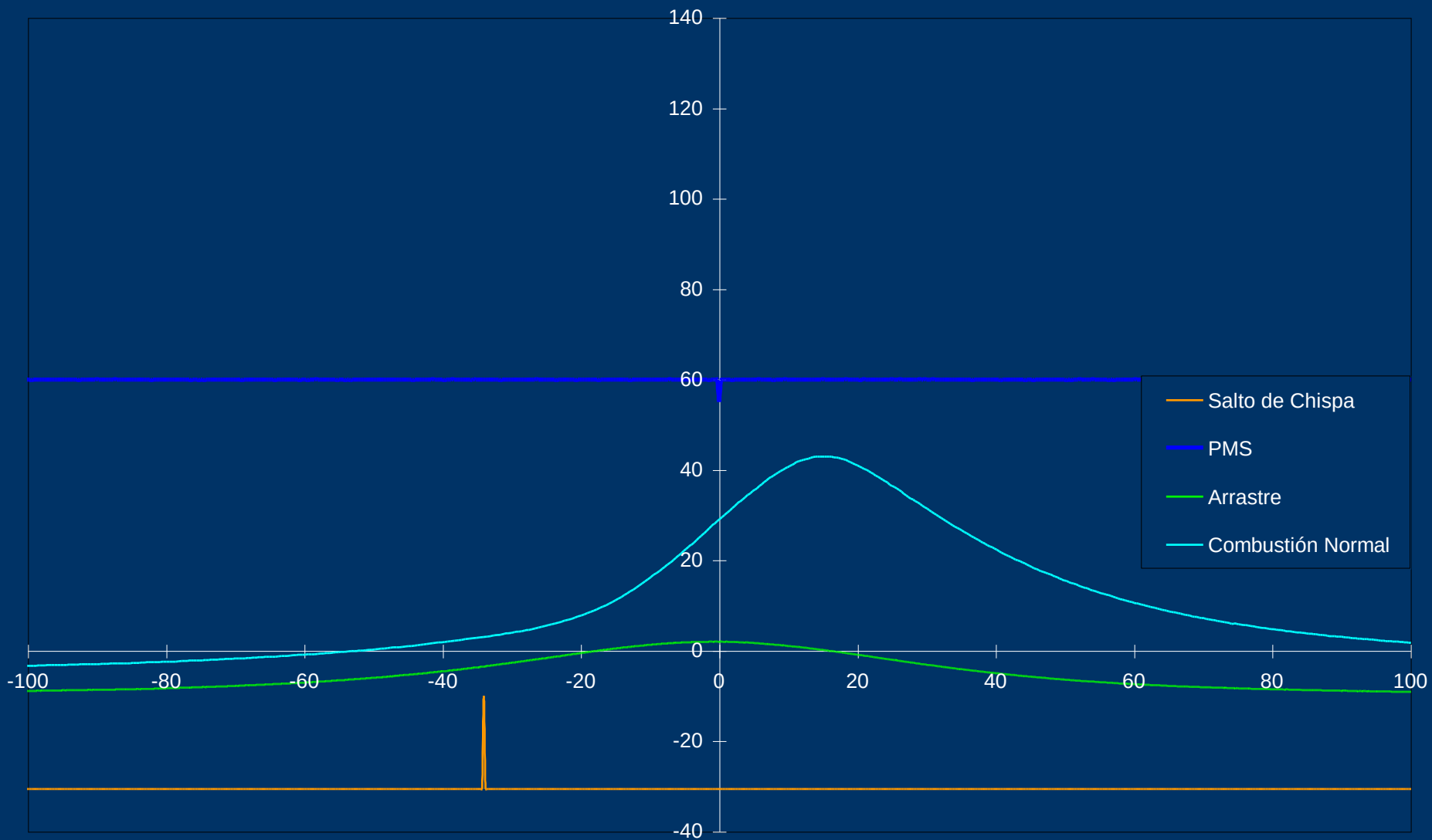
Proceso de quemado anormal en motor con encendido provocado por chispa

Salto de chispa y encendido de mezcla en su entorno

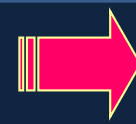


Presión en cilindro: Combustión normal

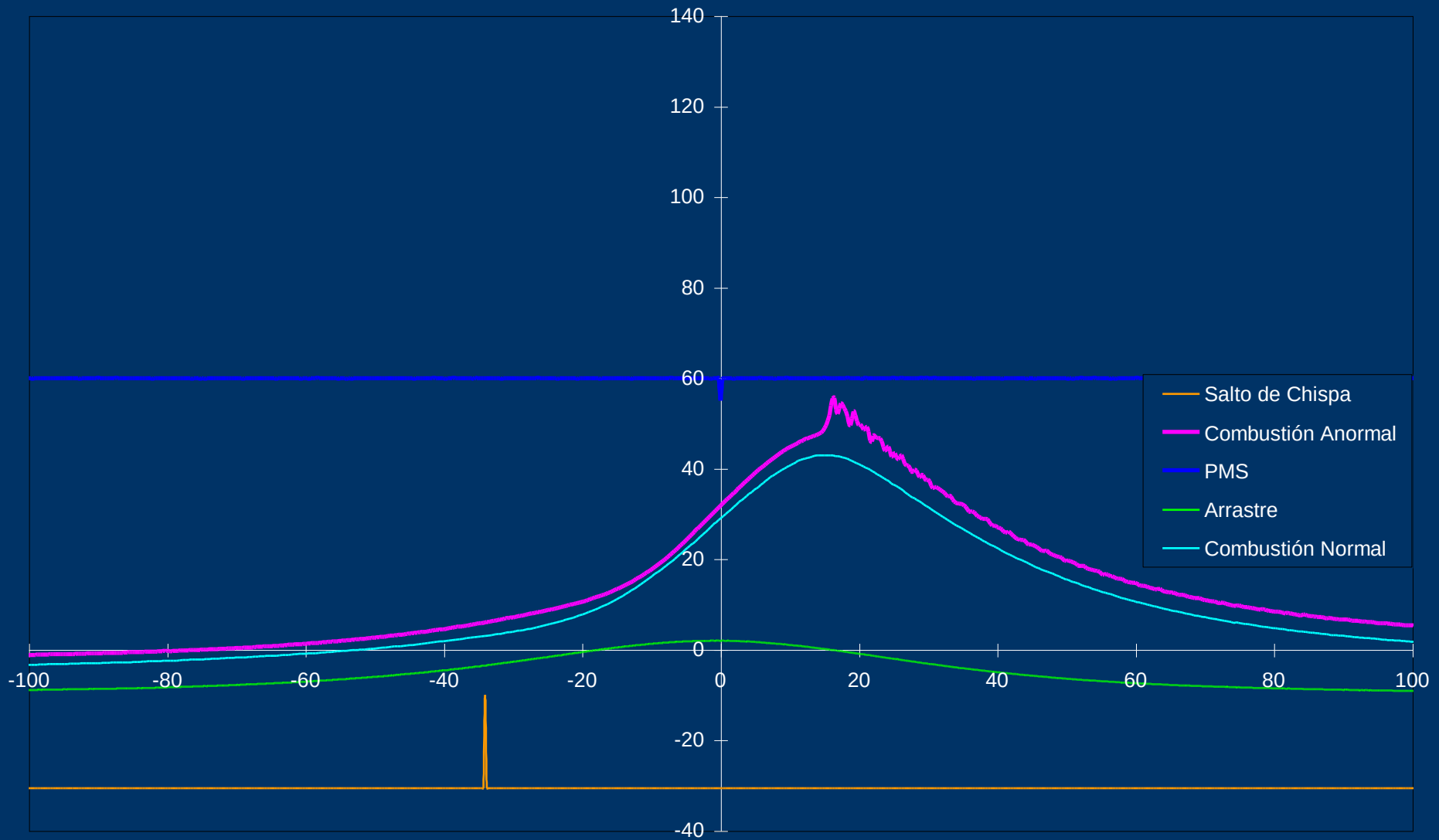
Presión en cilindro: Combustión normal



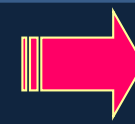
Presión en cilindro: Combustión anormal



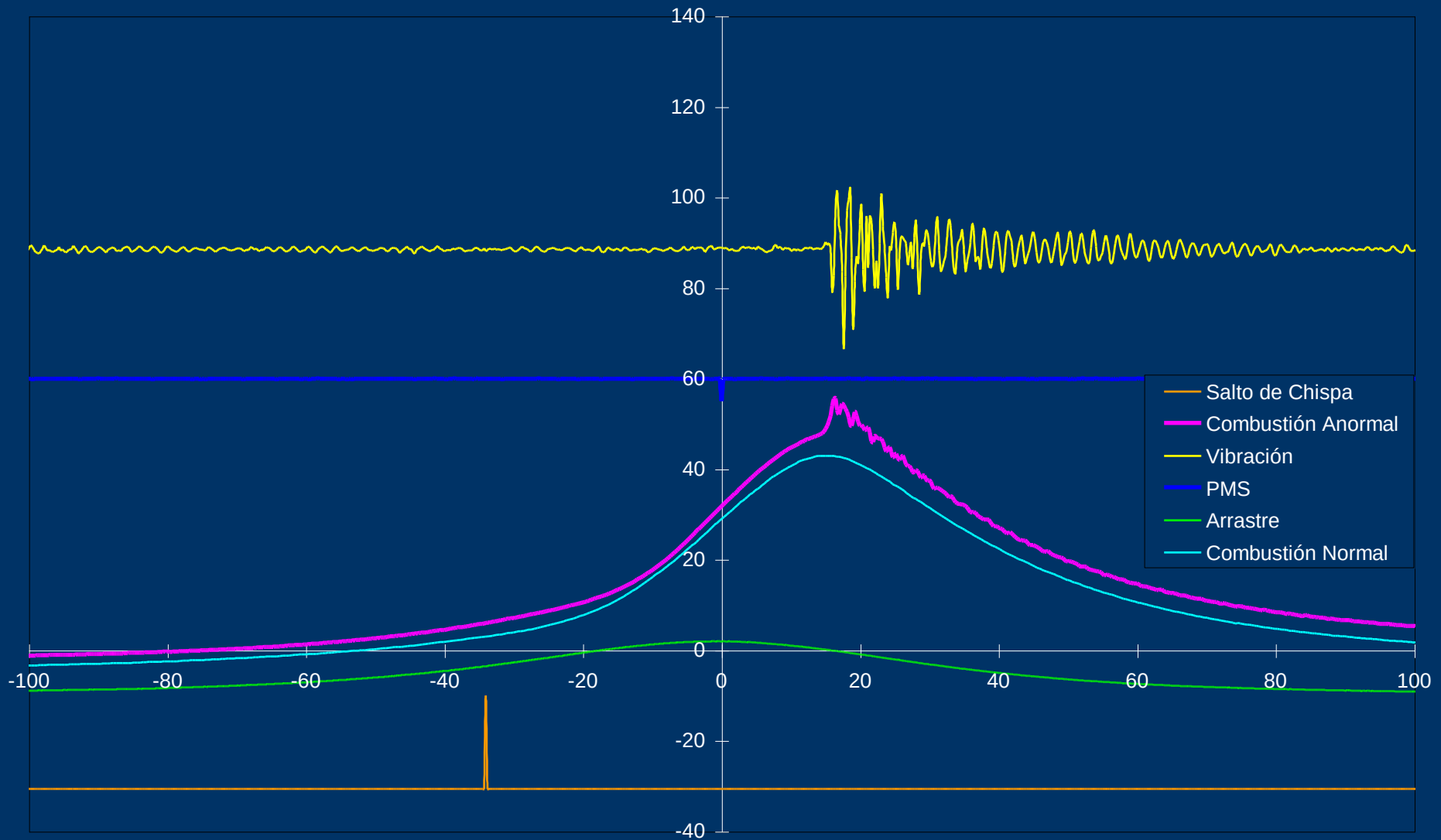
Detonación



Presión en cilindro: Combustión anormal

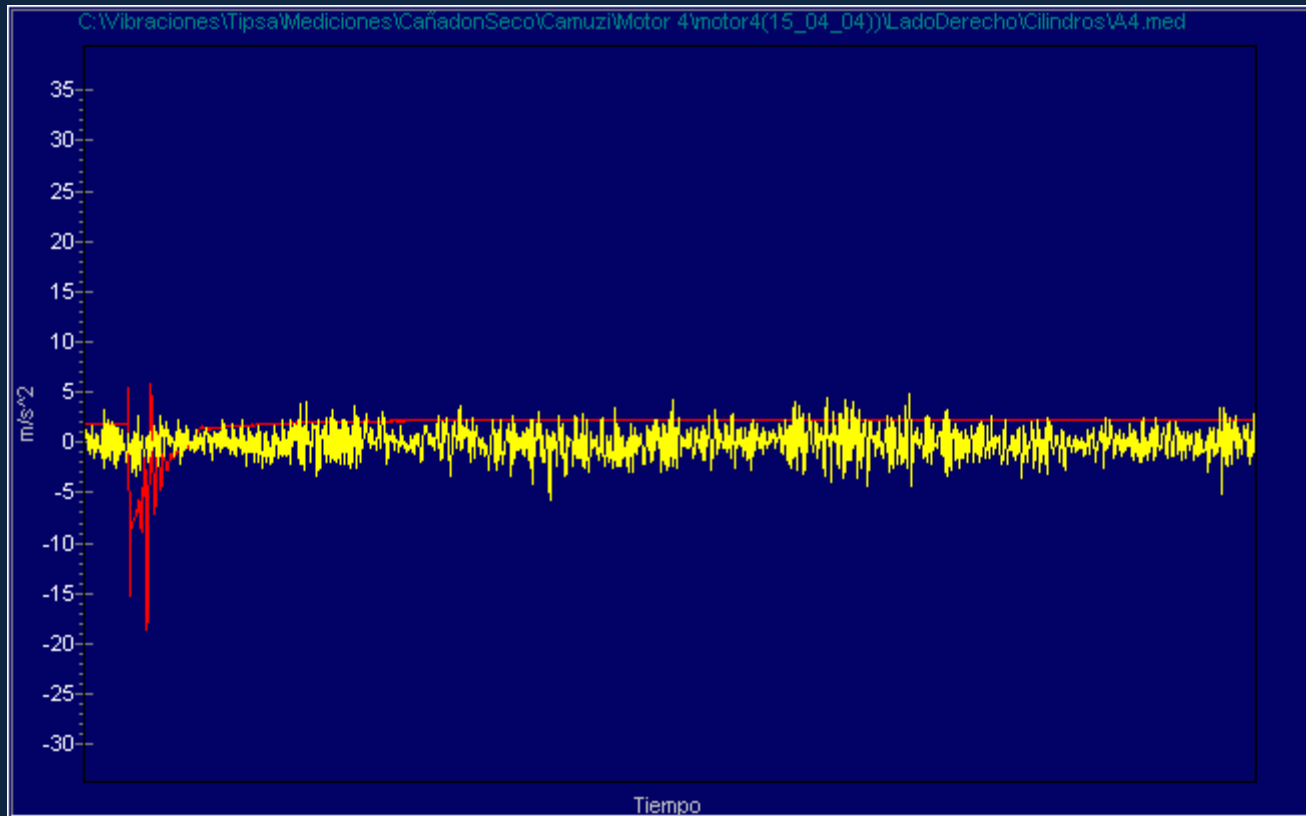


Detonación



Combustión normal (vibración medida en tapa de cilindro)

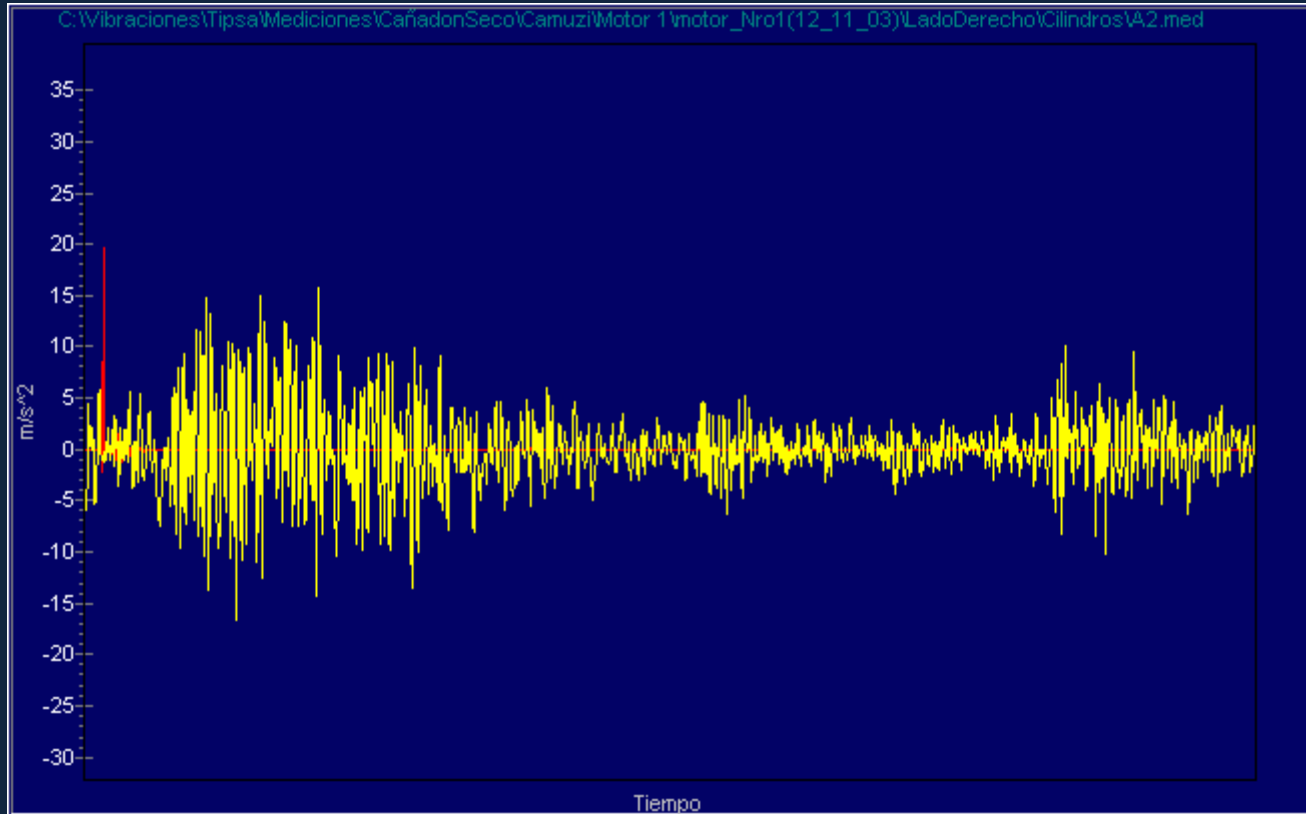
Aceleración



Tiempo

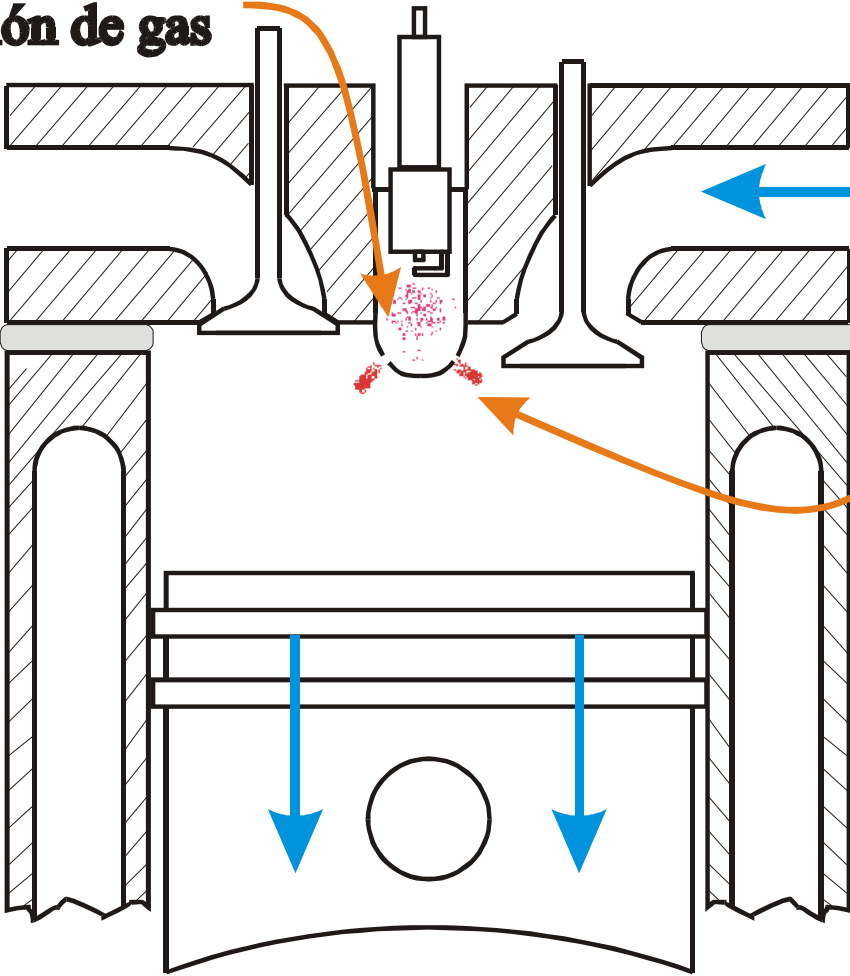
Combustión anormal (vibración medida en tapa de cilindro)

Aceleración



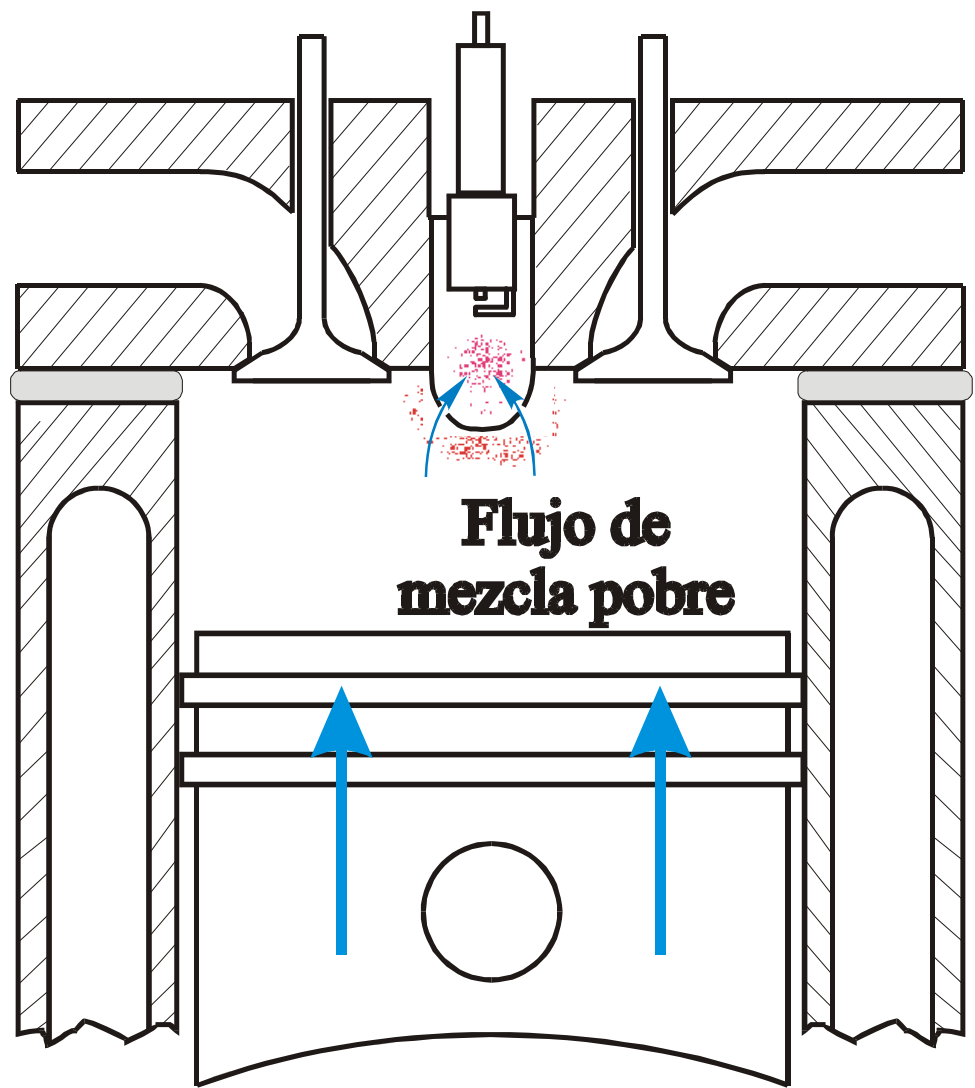
Tiempo

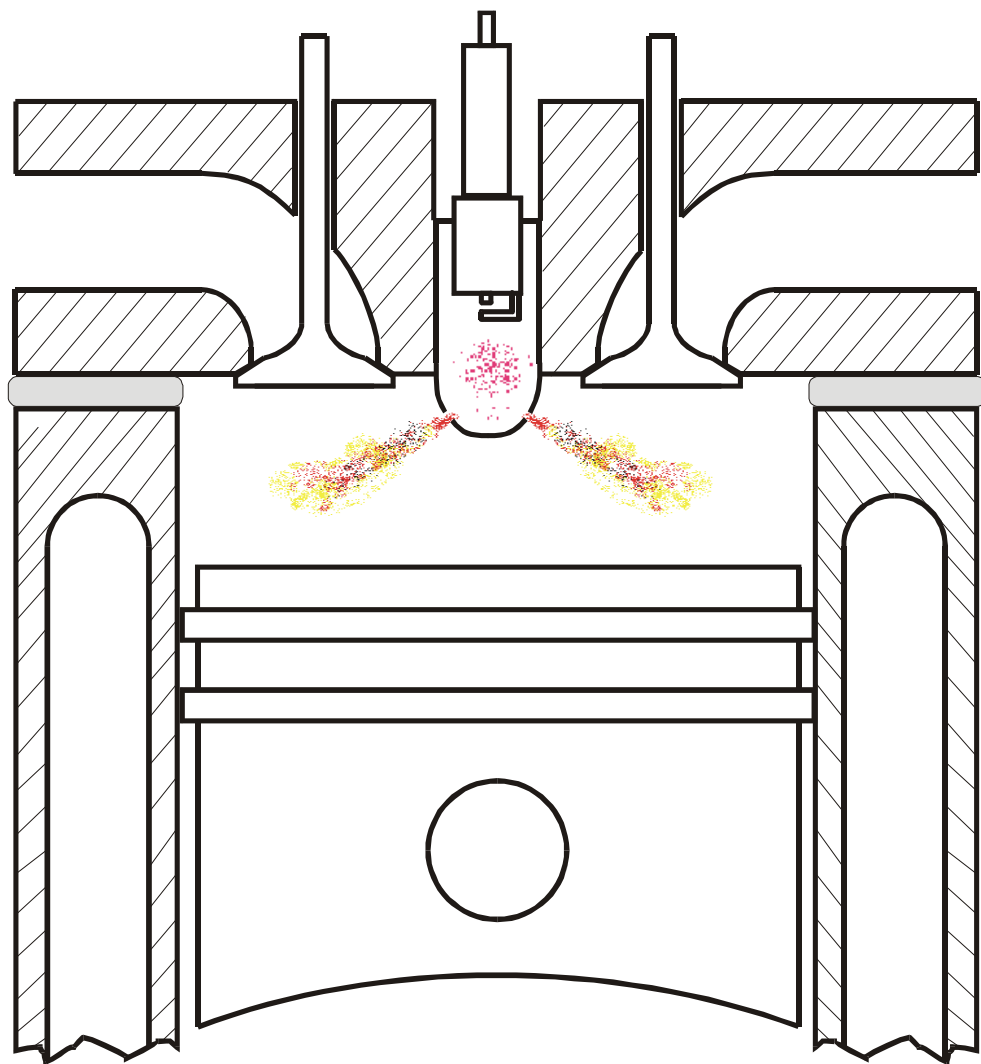
Admisión de gas



Admisión de mezcla pobre

Fuga parcial de gas puro



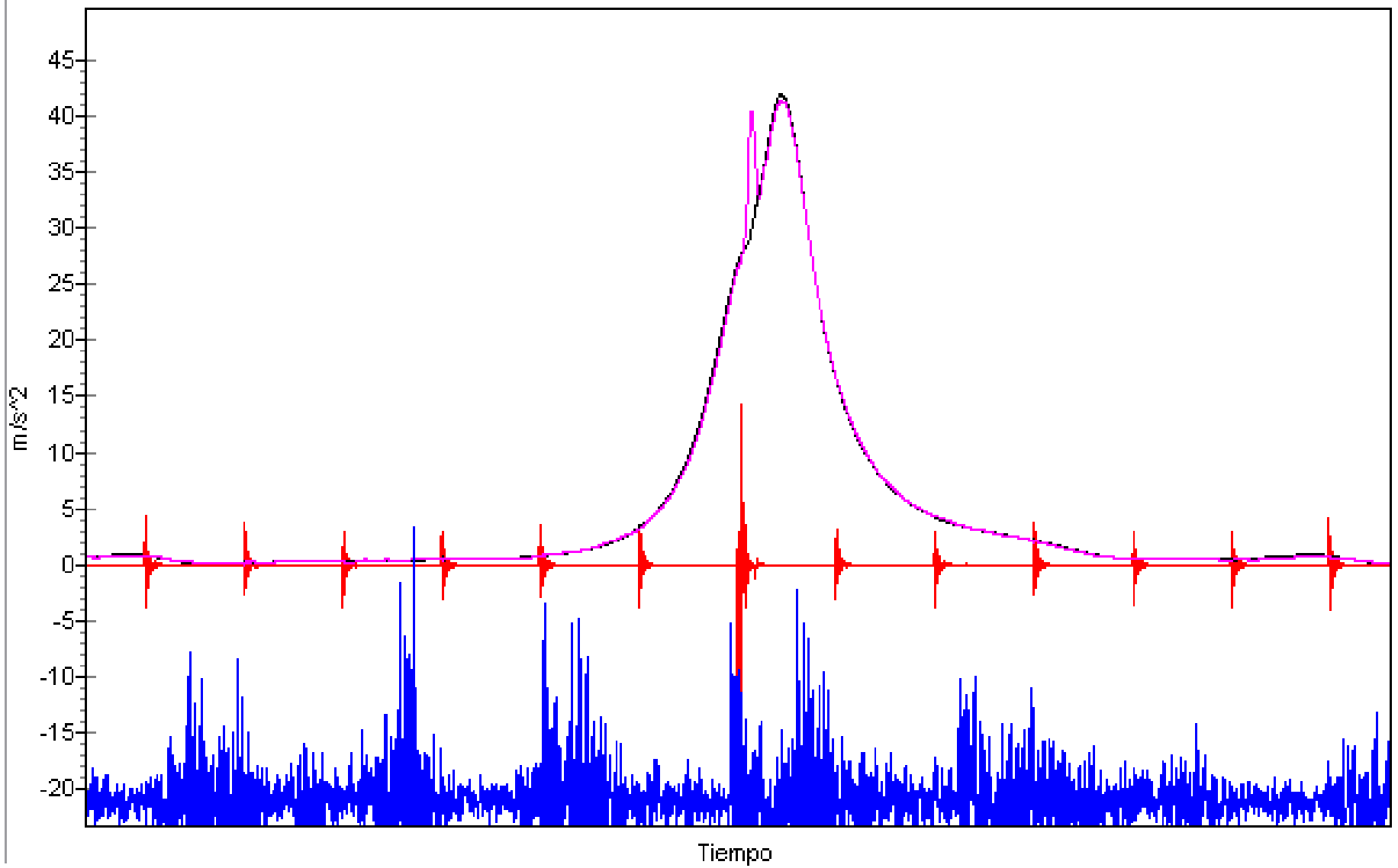


Combustión normal



10 7:00 PM





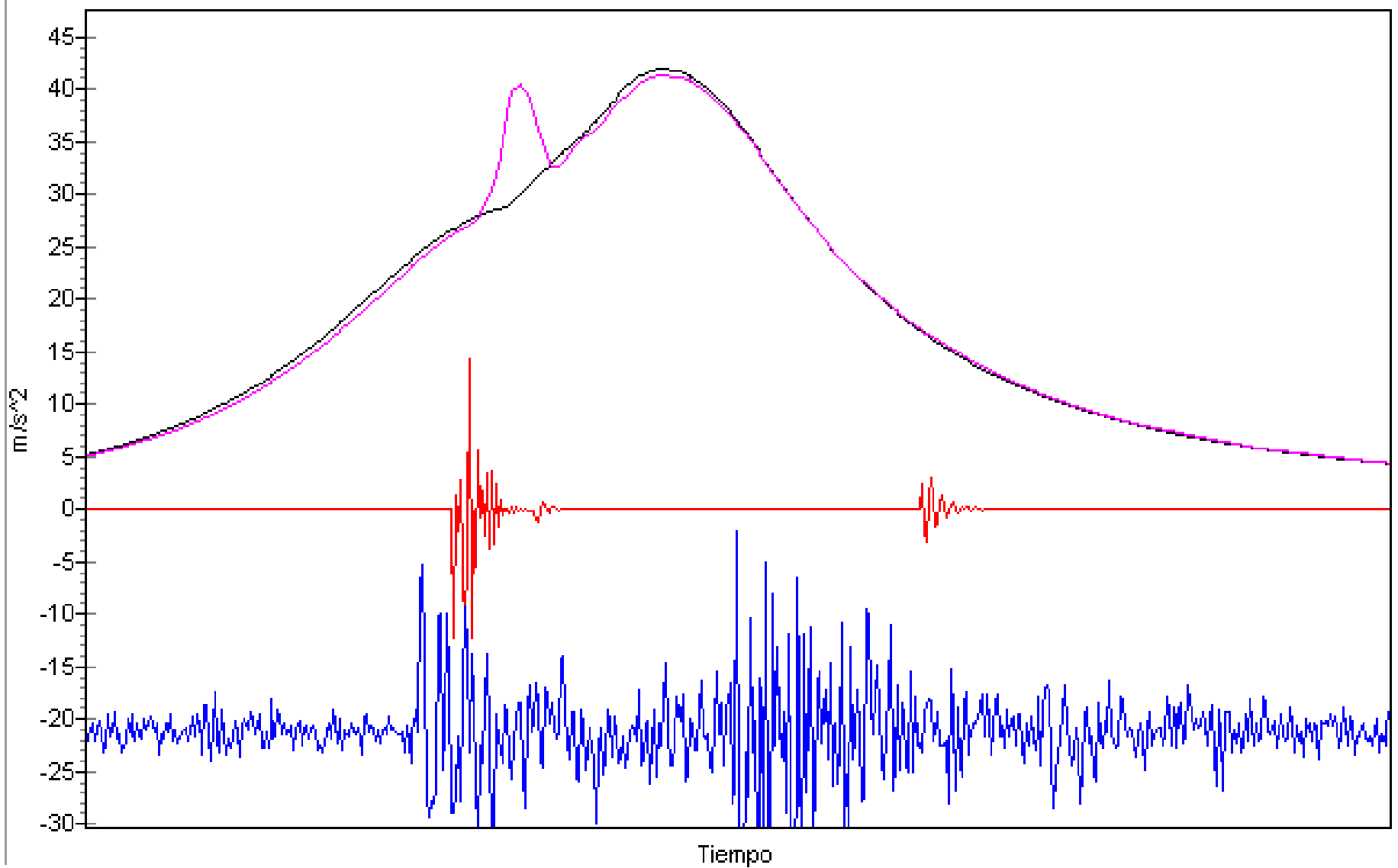


Diagrama Indicado

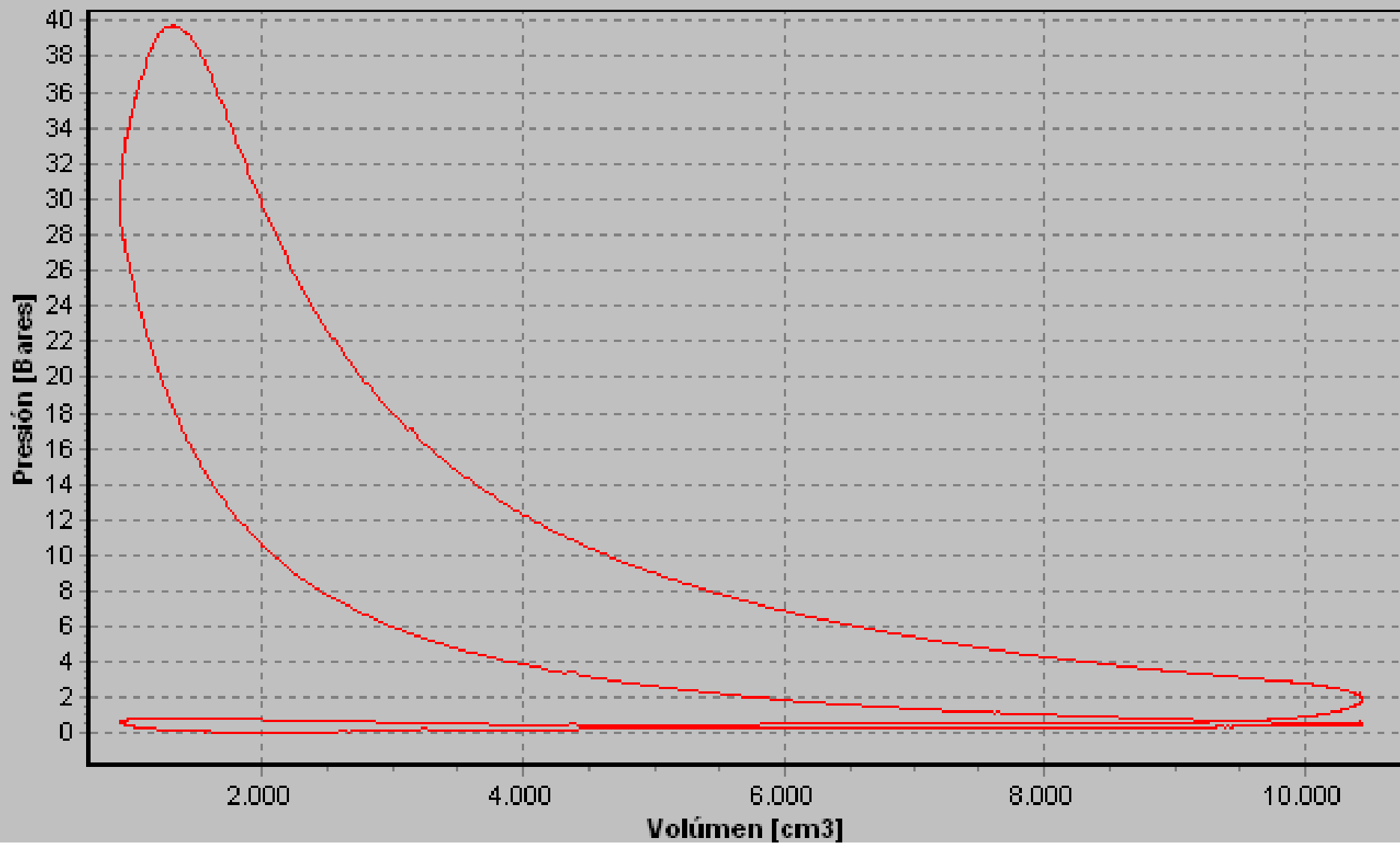
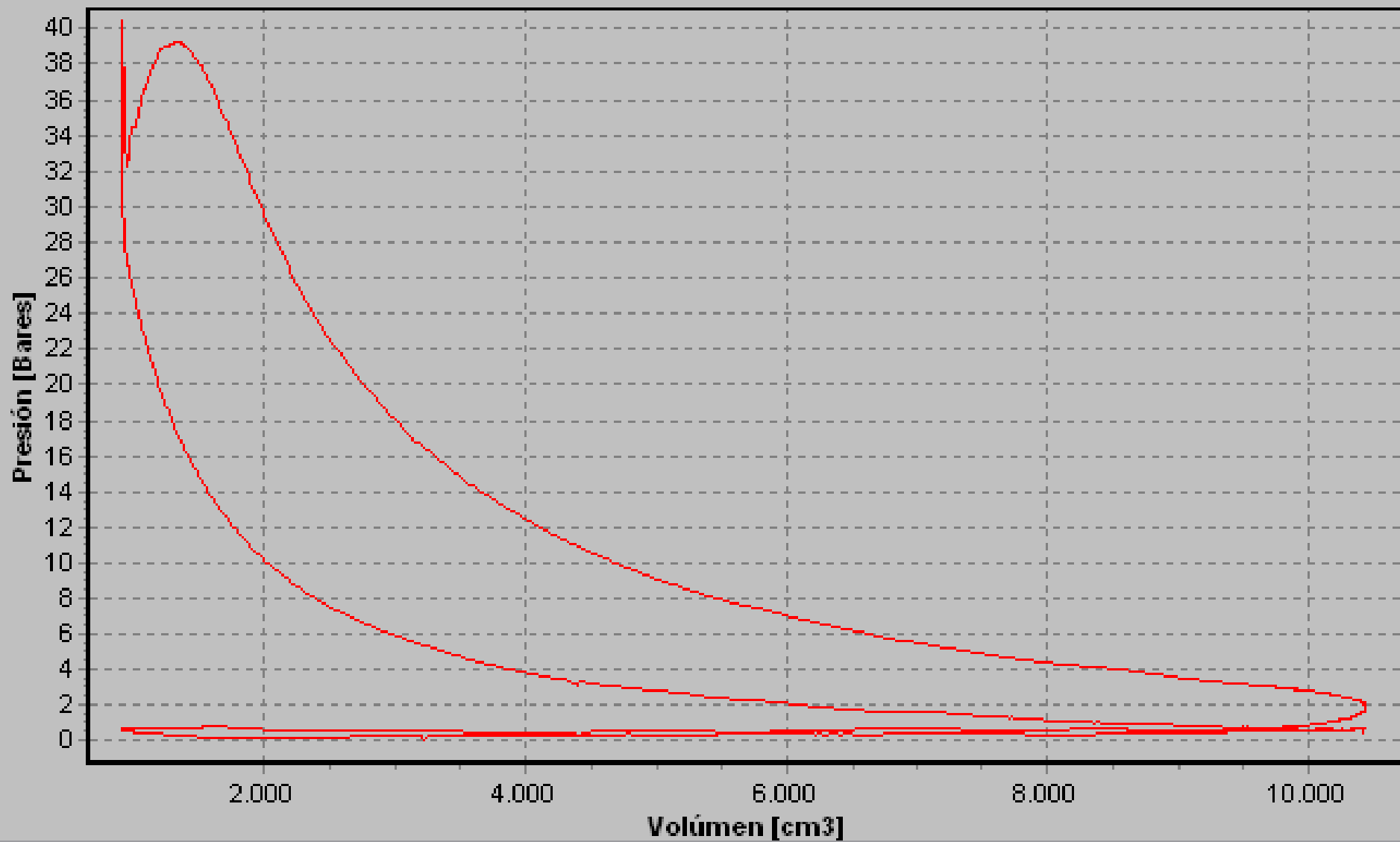
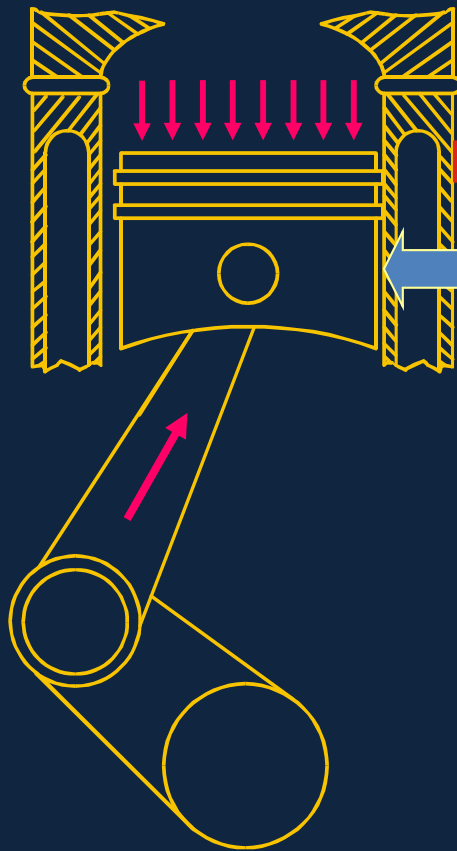


Diagrama Indicado

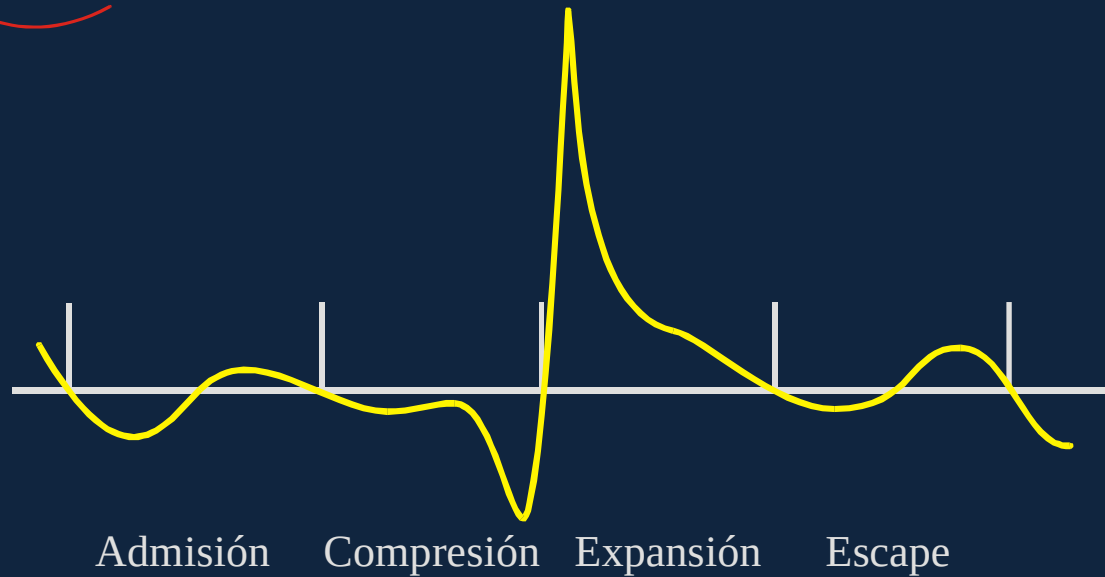


Golpe de pistón

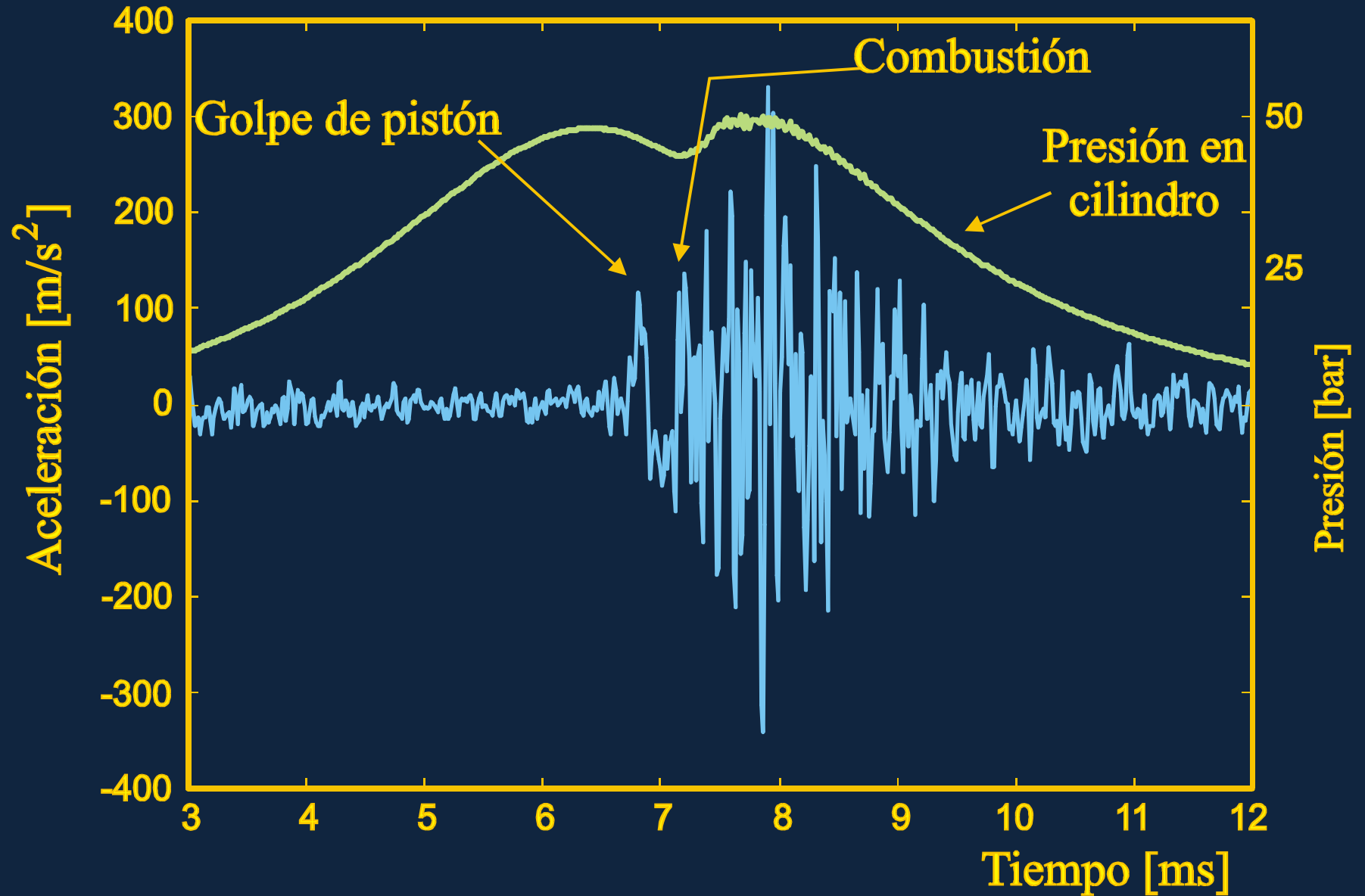
Se produce cada vez que cambia el signo de la fuerza de contacto entre cilindro y pistón.



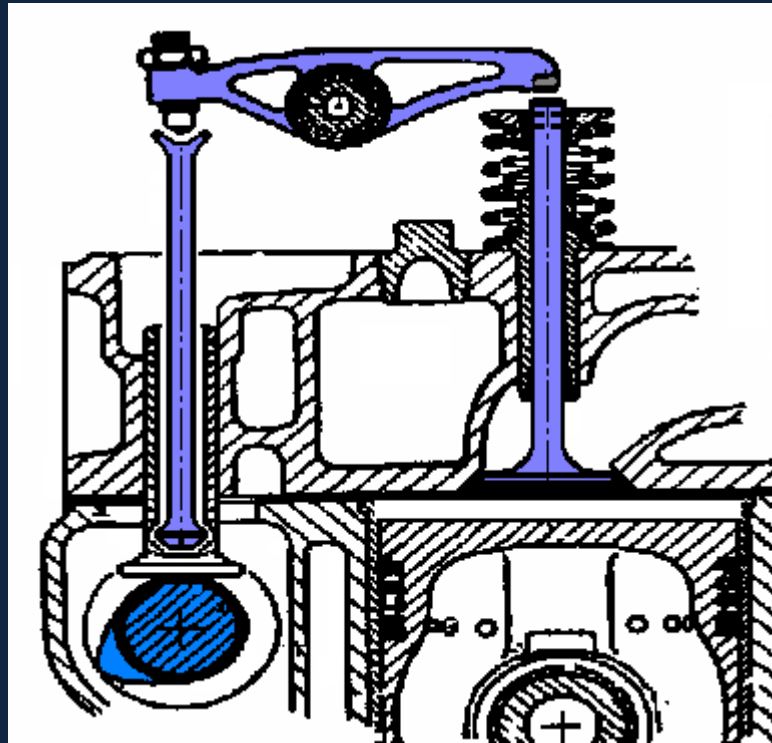
Fuerza lateral



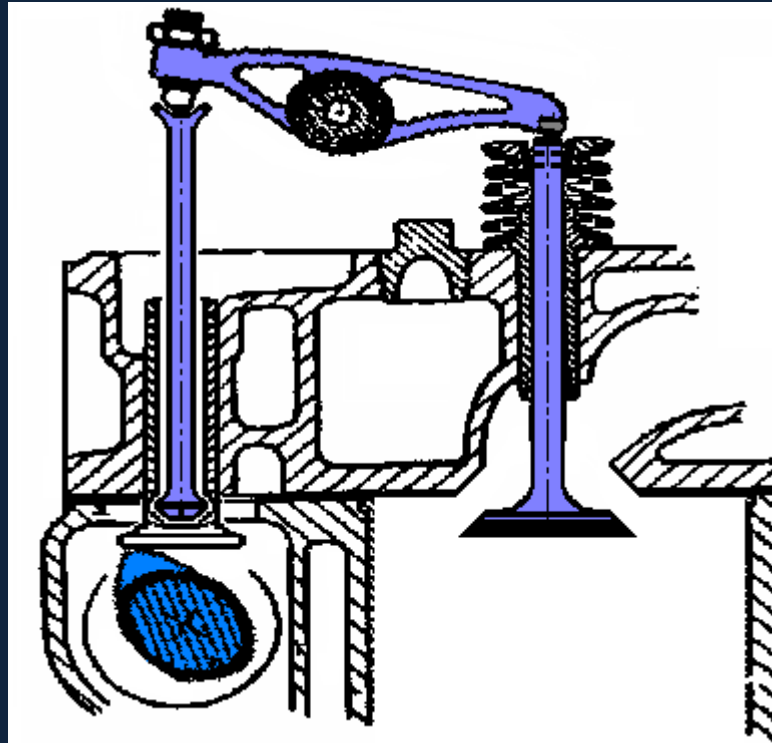
Golpe de pistón



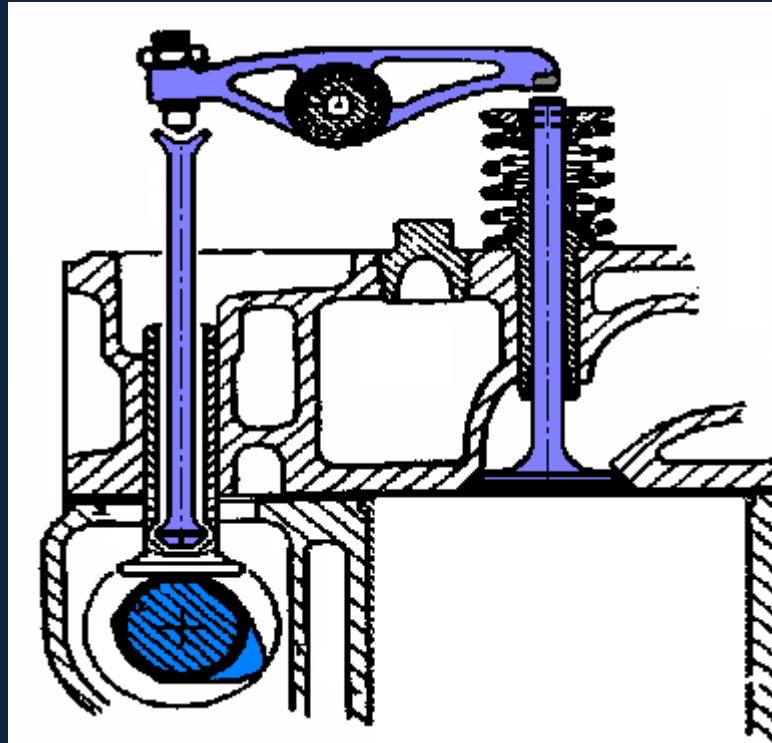
Golpe de cierre de válvulas

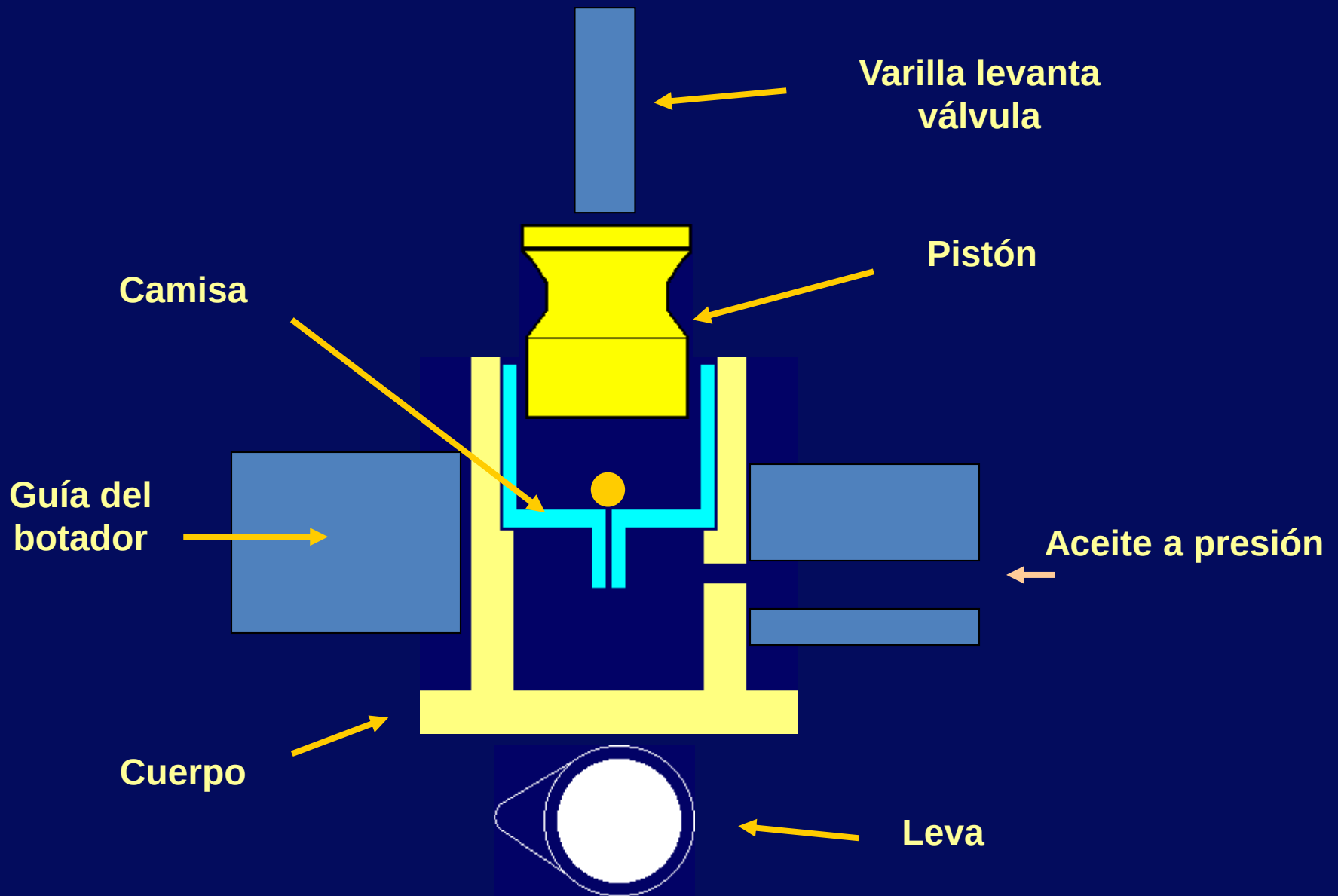


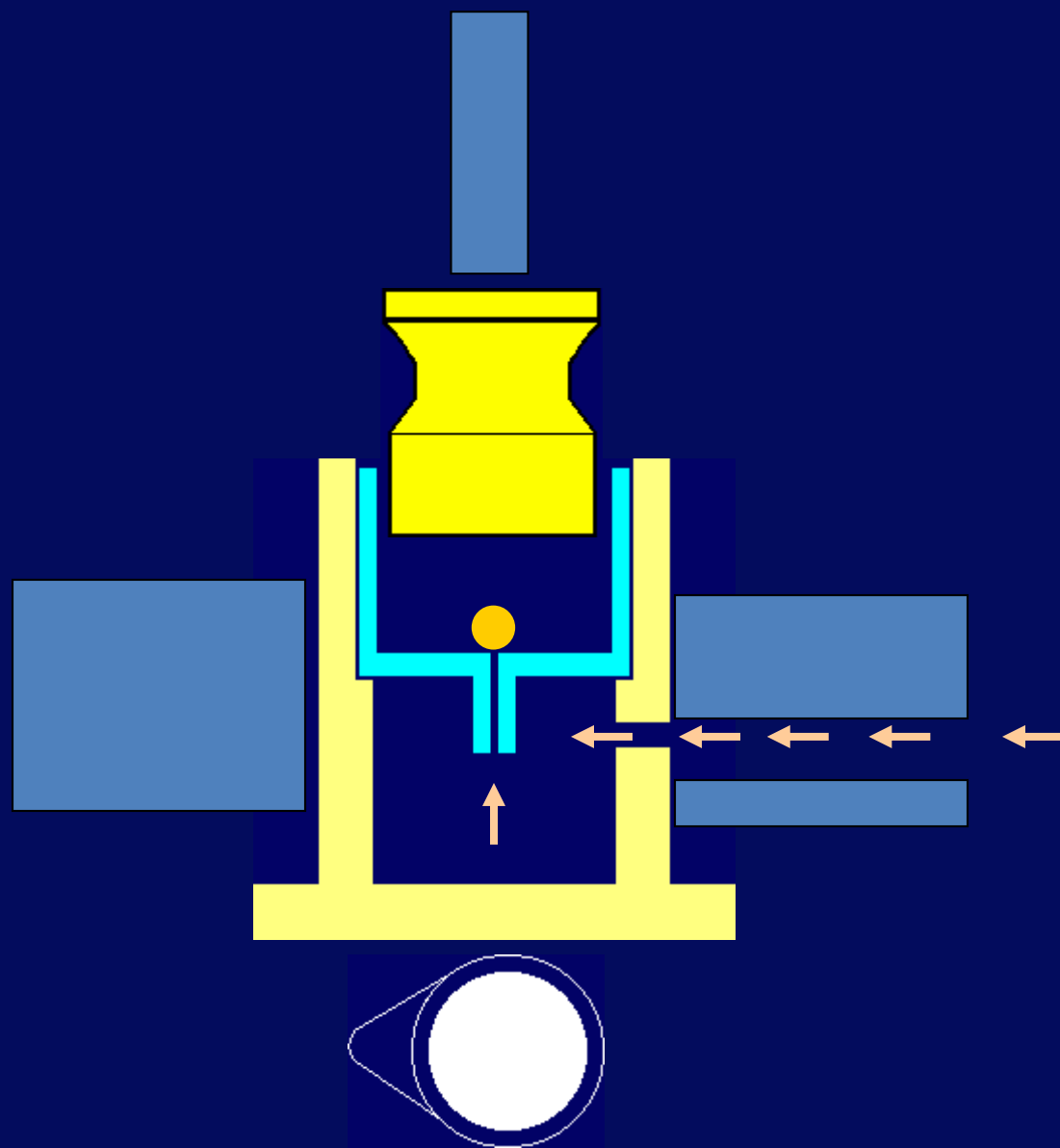
Golpe de cierre de válvulas

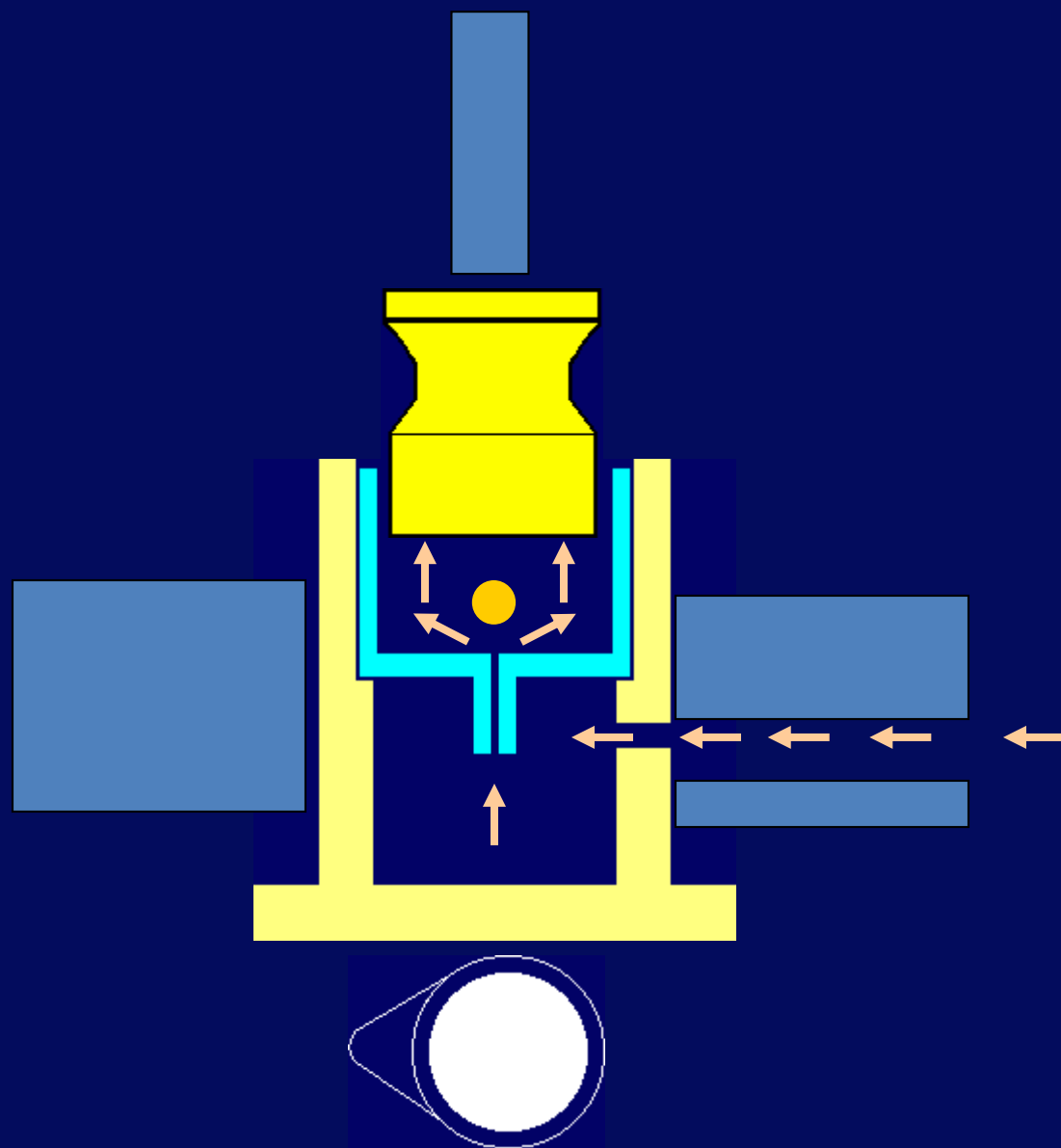


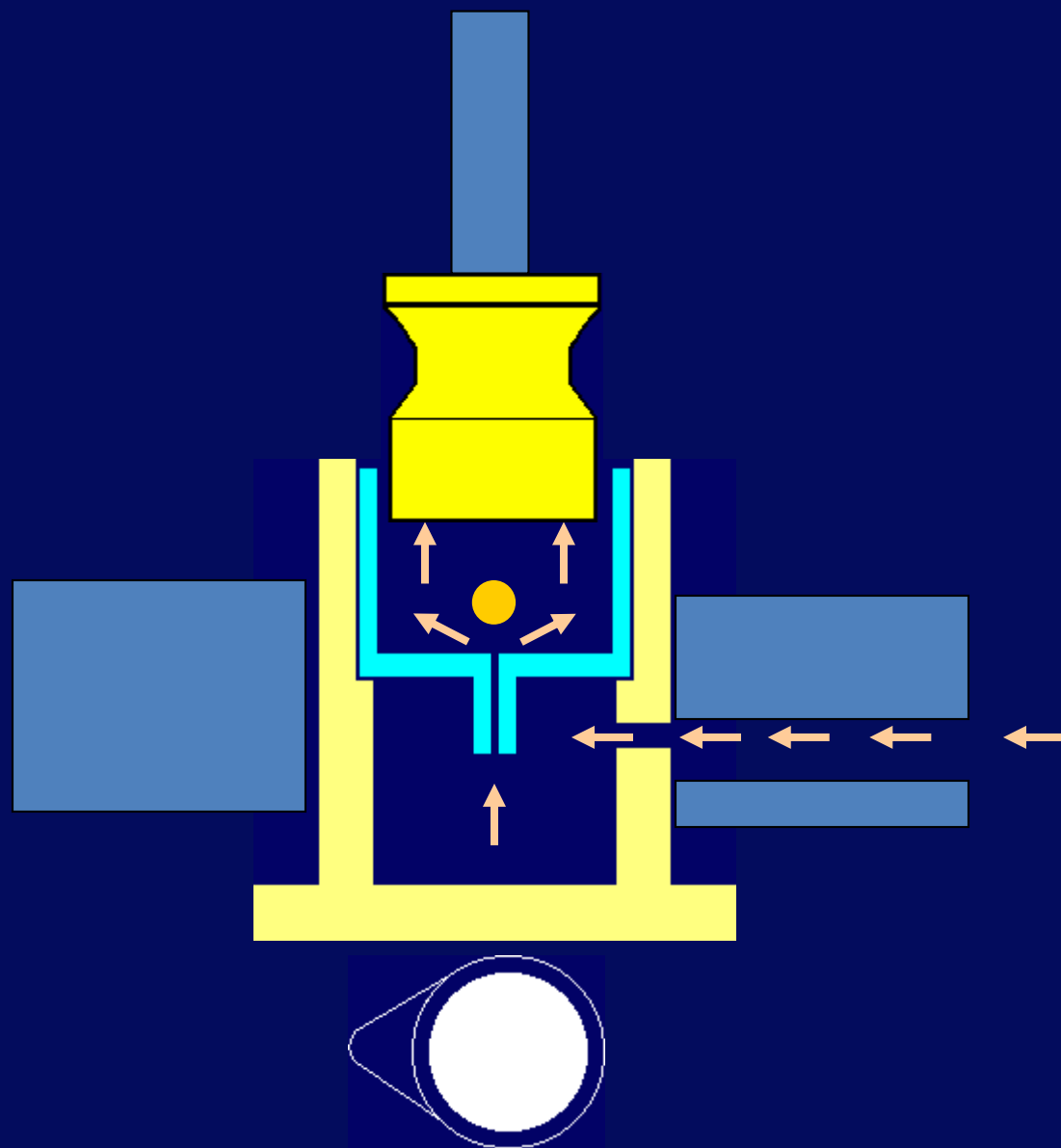
Golpe de cierre de válvulas

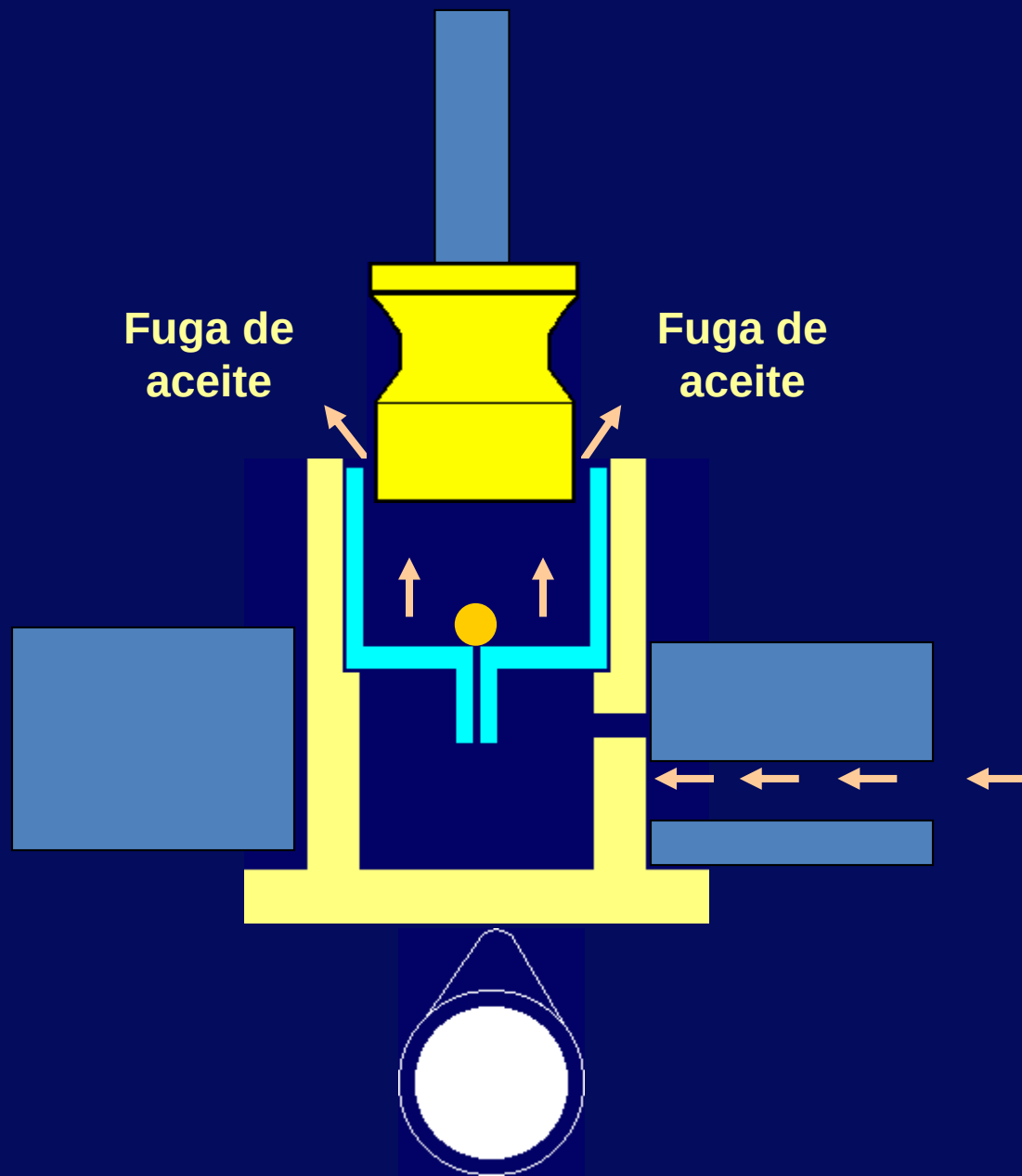


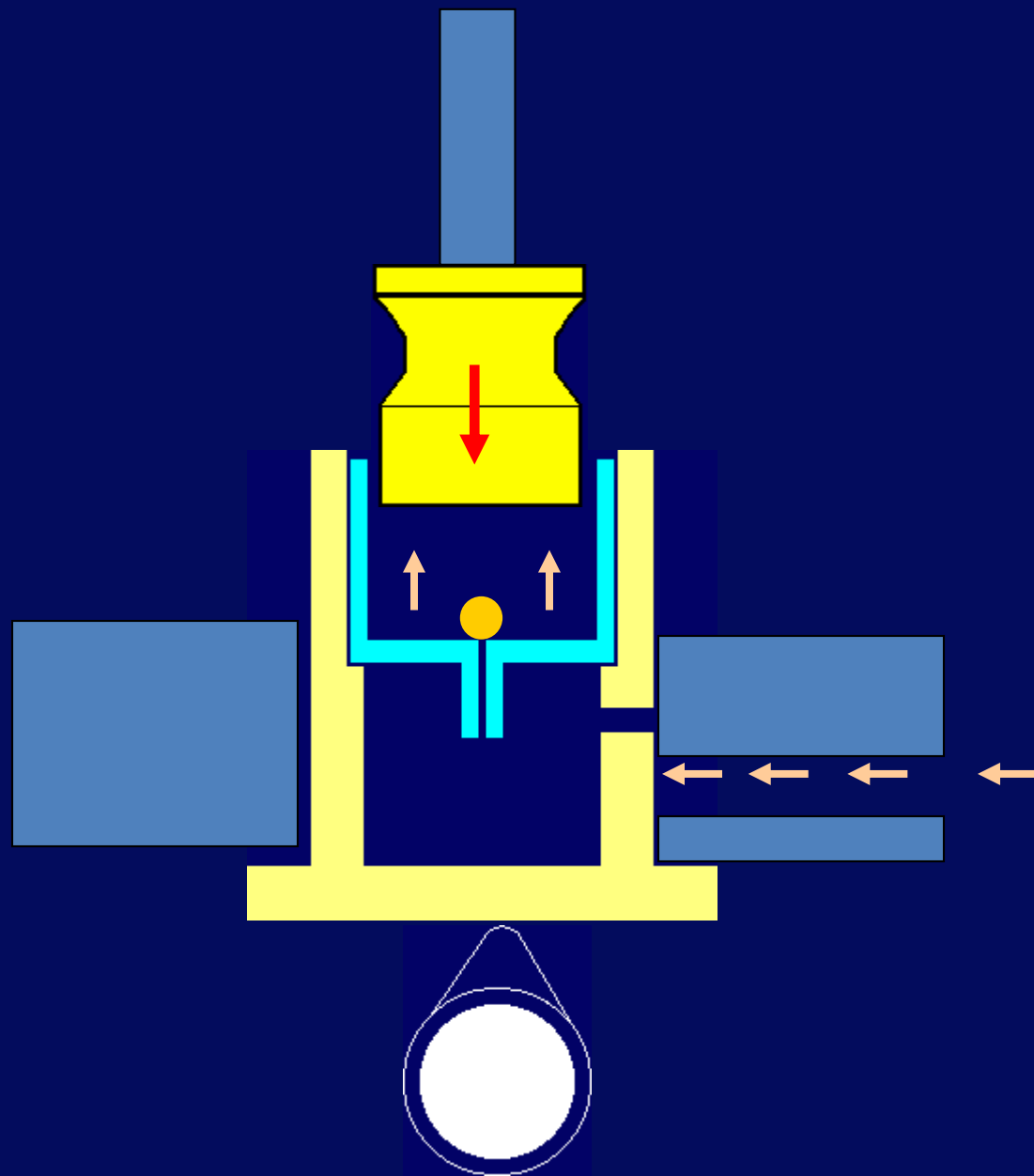


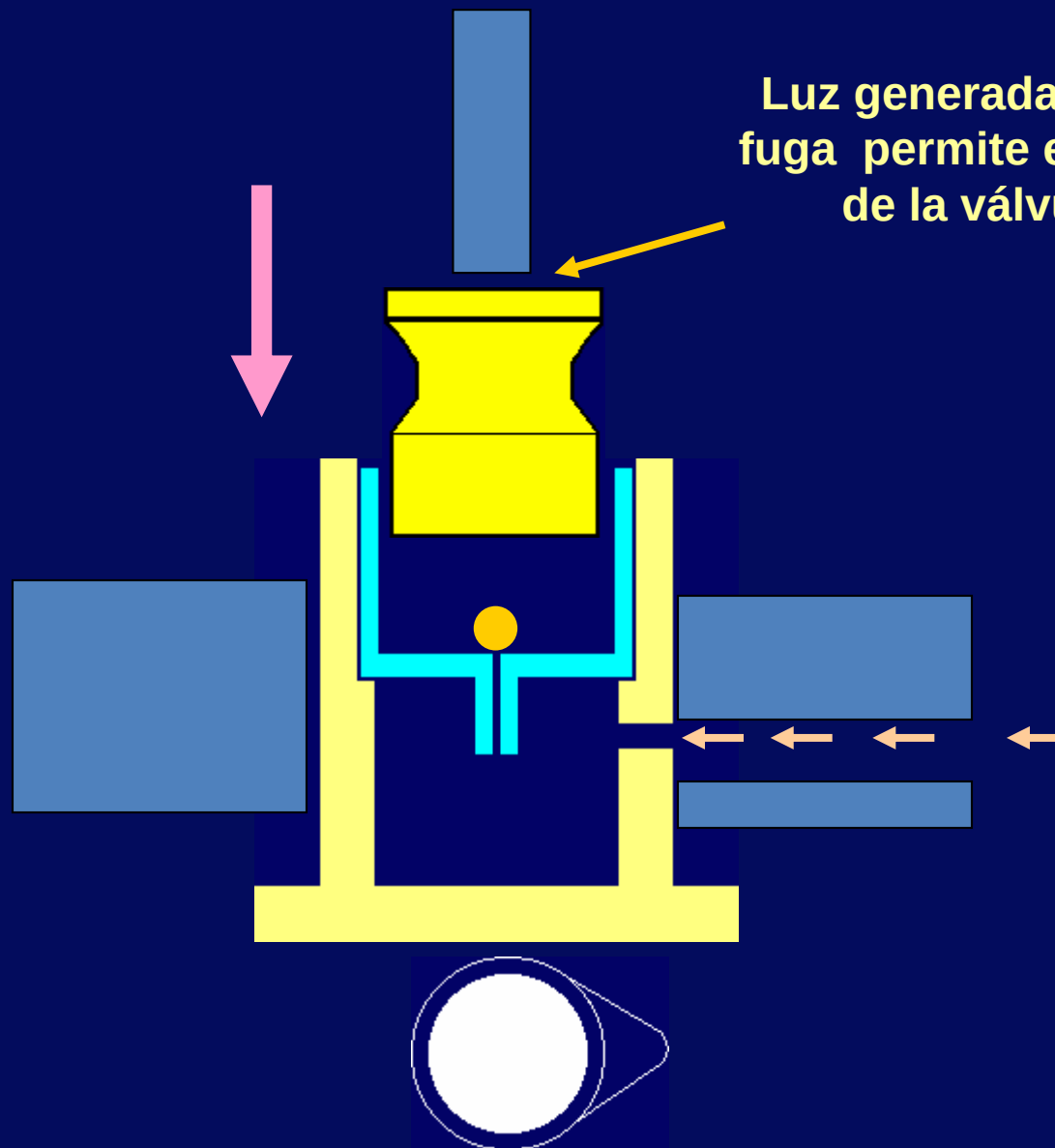




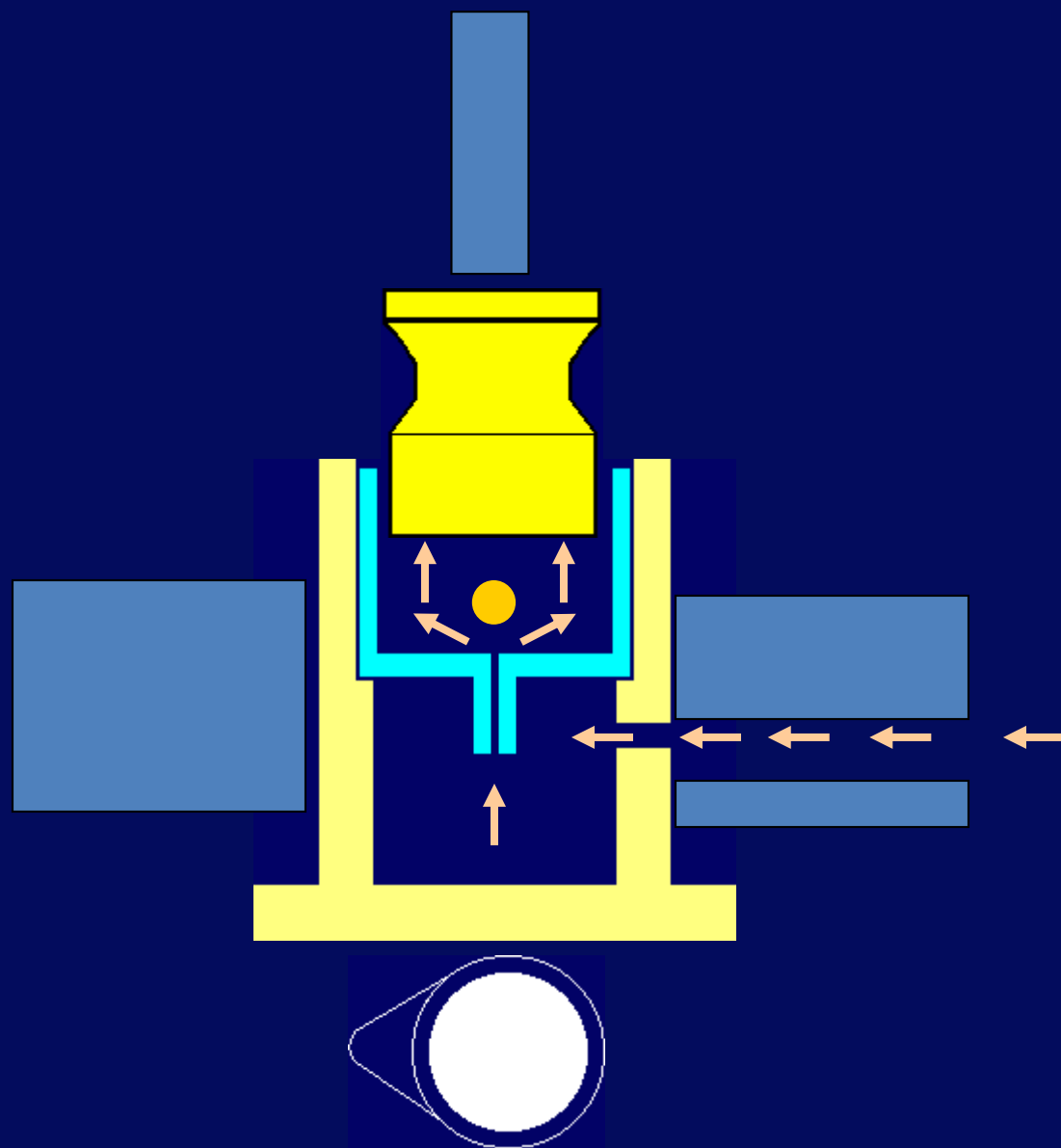


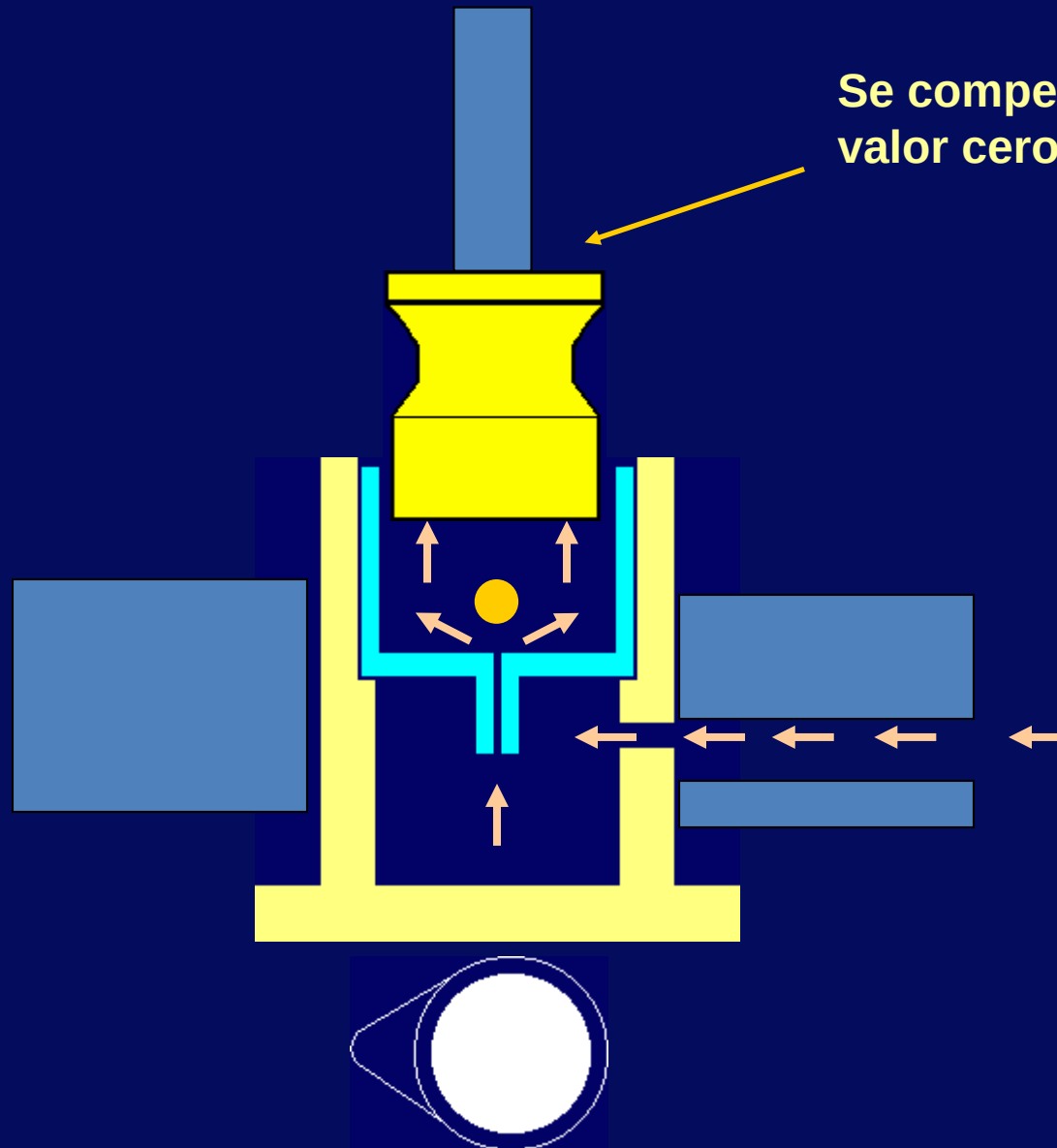


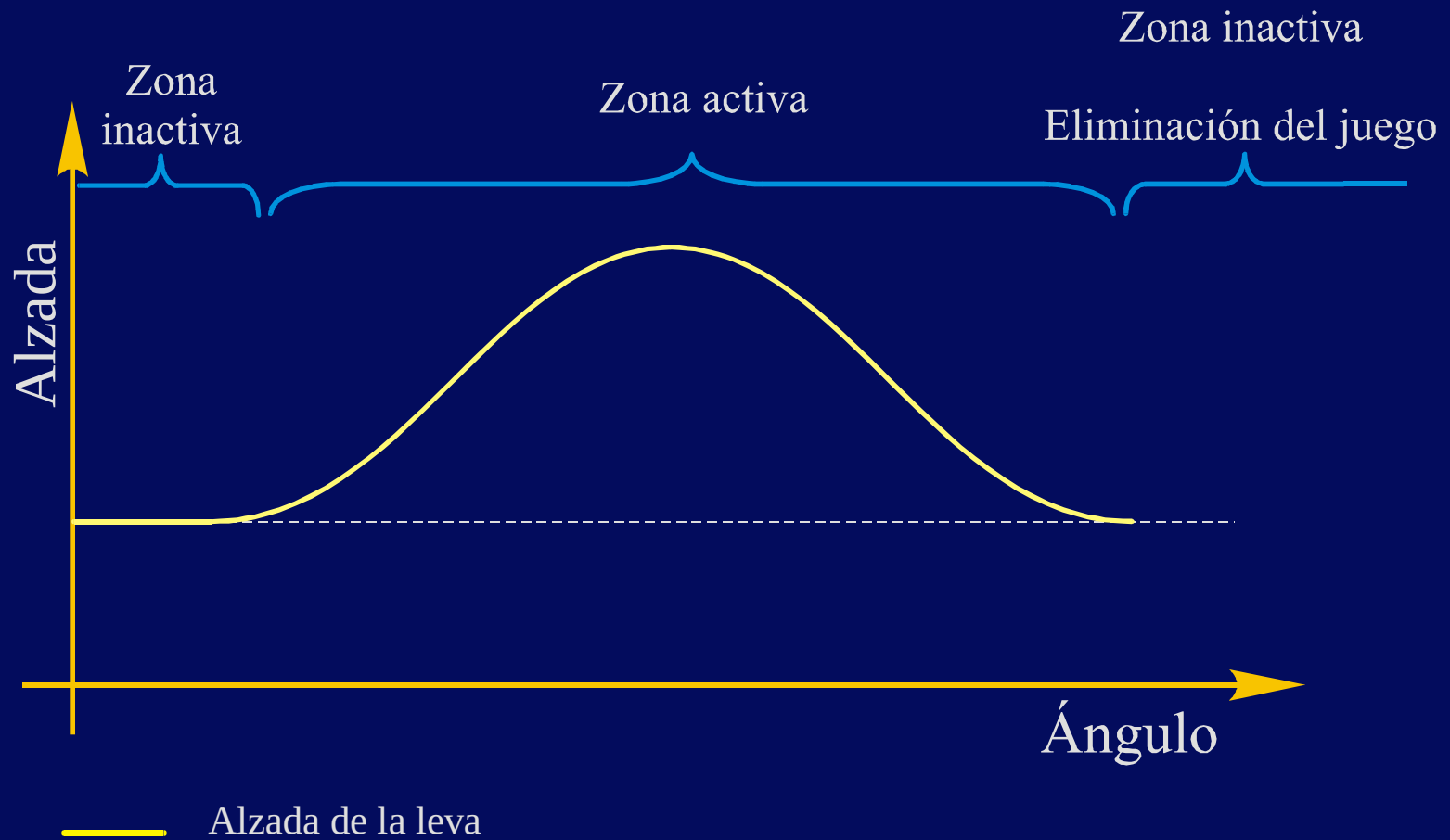


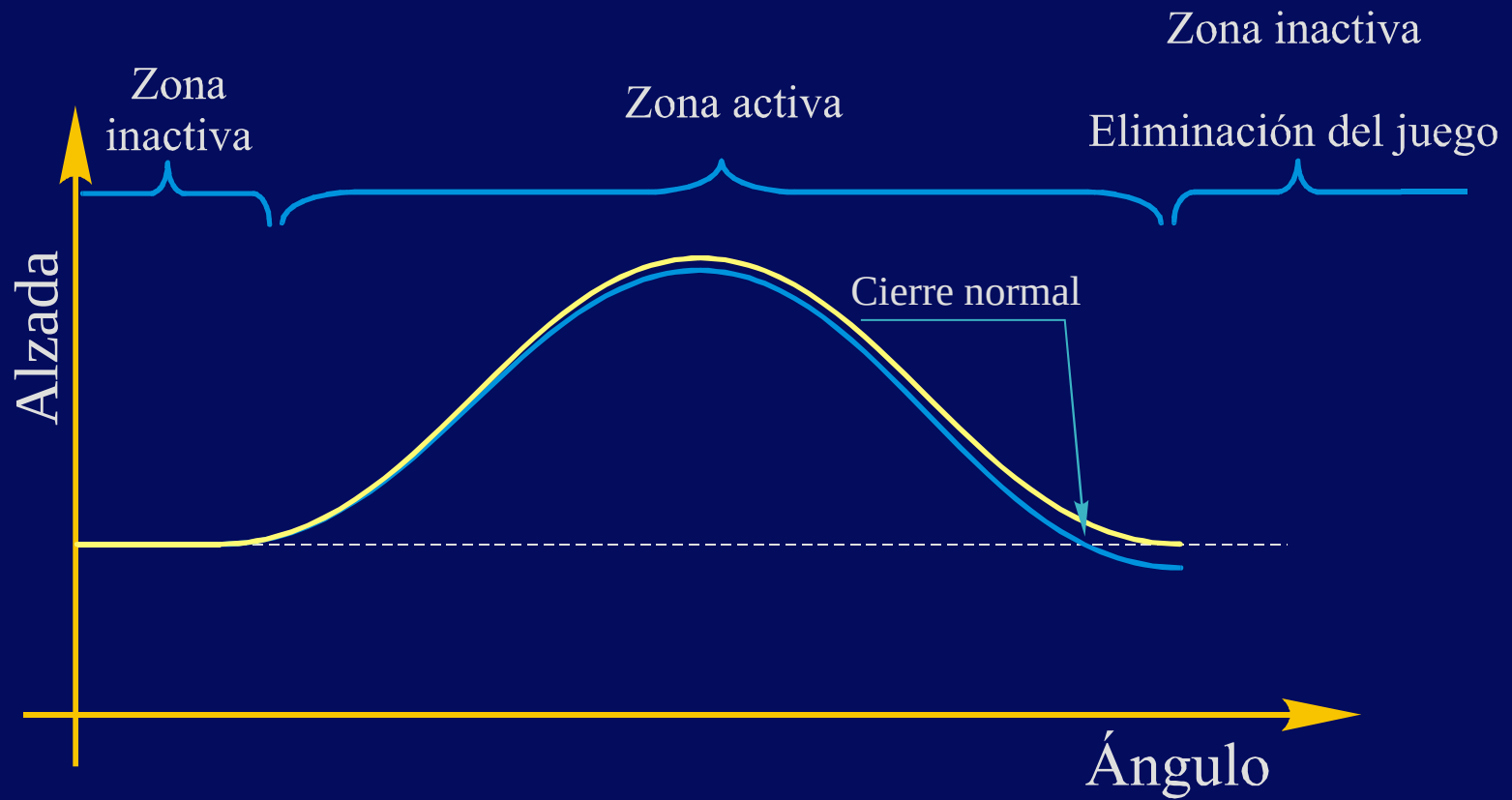


Luz generada por la
fuga permite el cierre
de la válvula

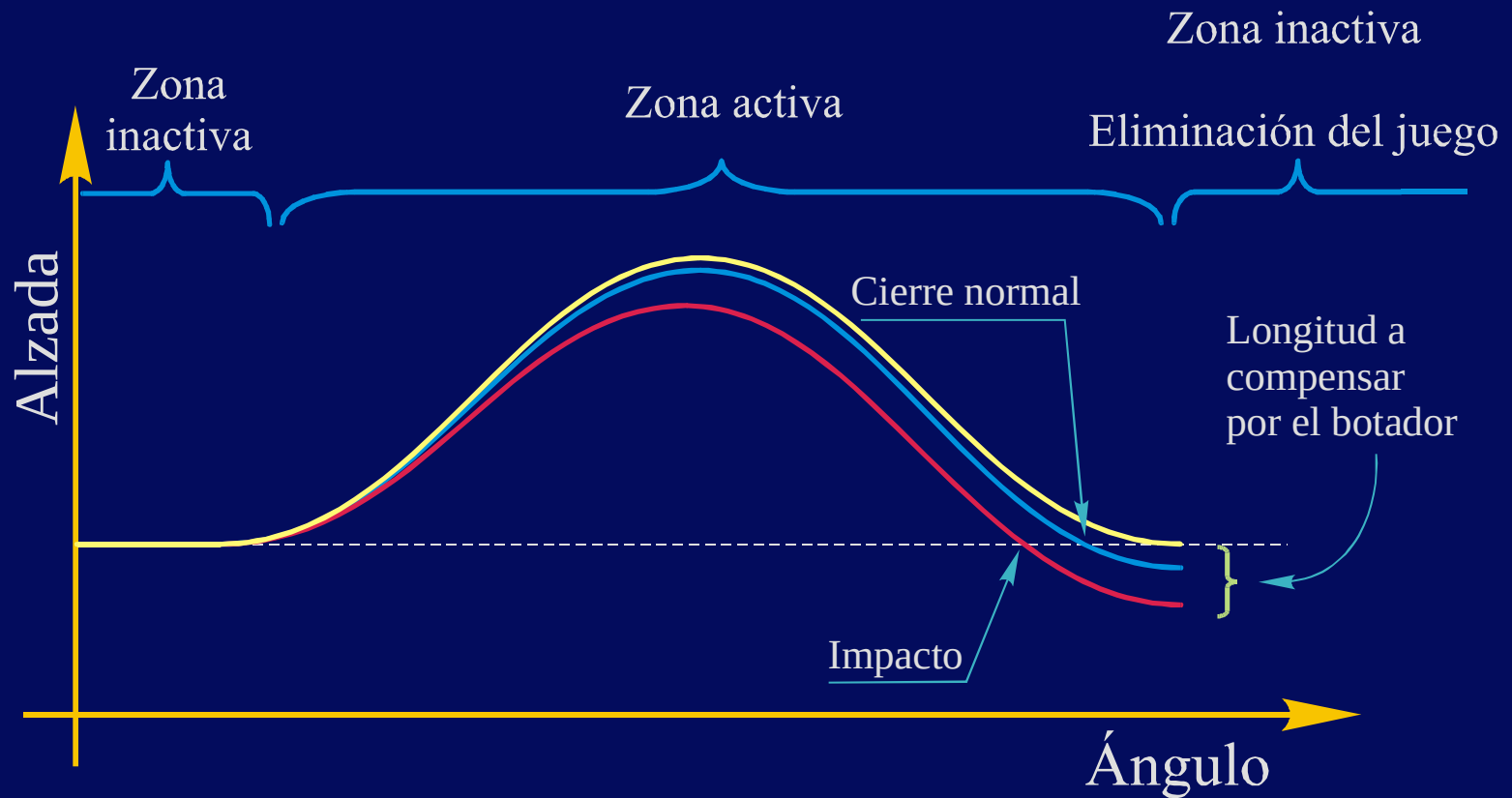






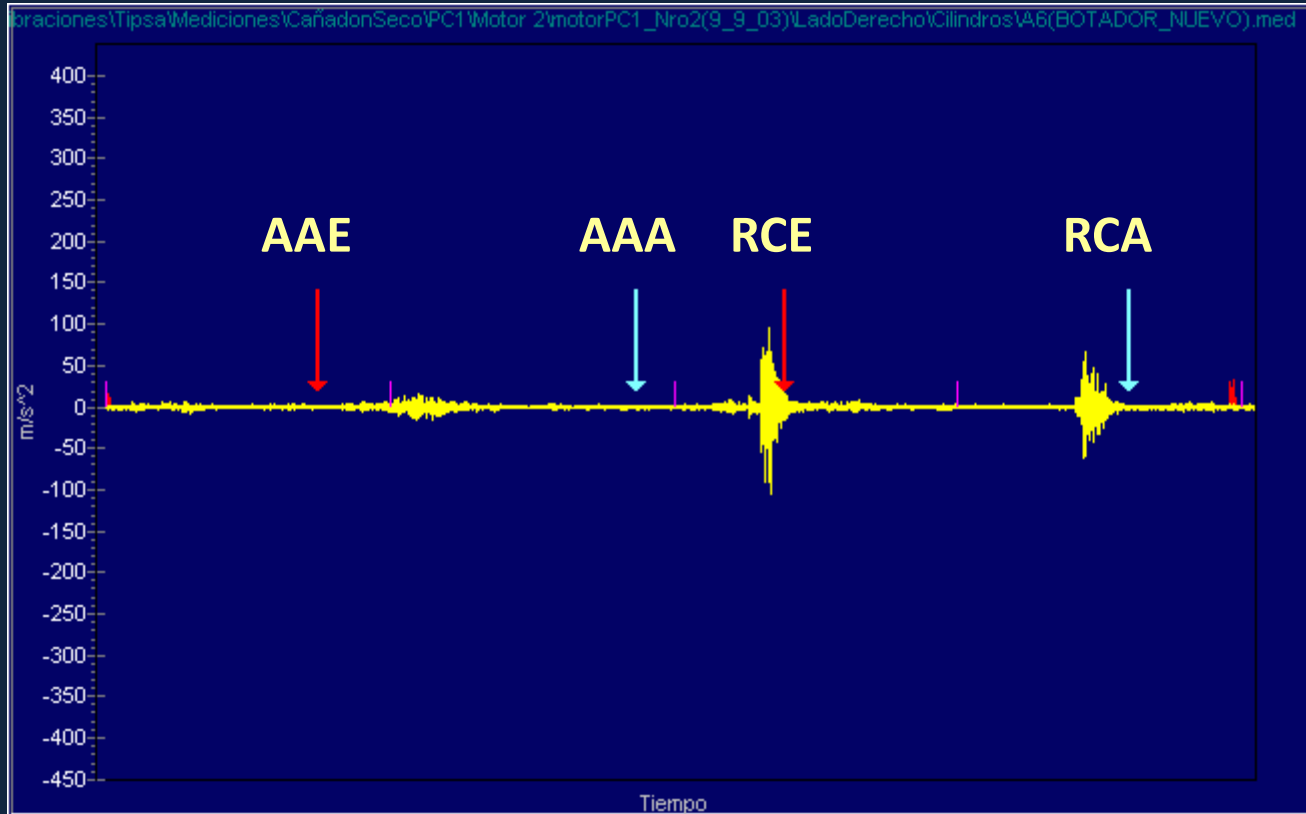


- Alzada de la leva
- Botador normal

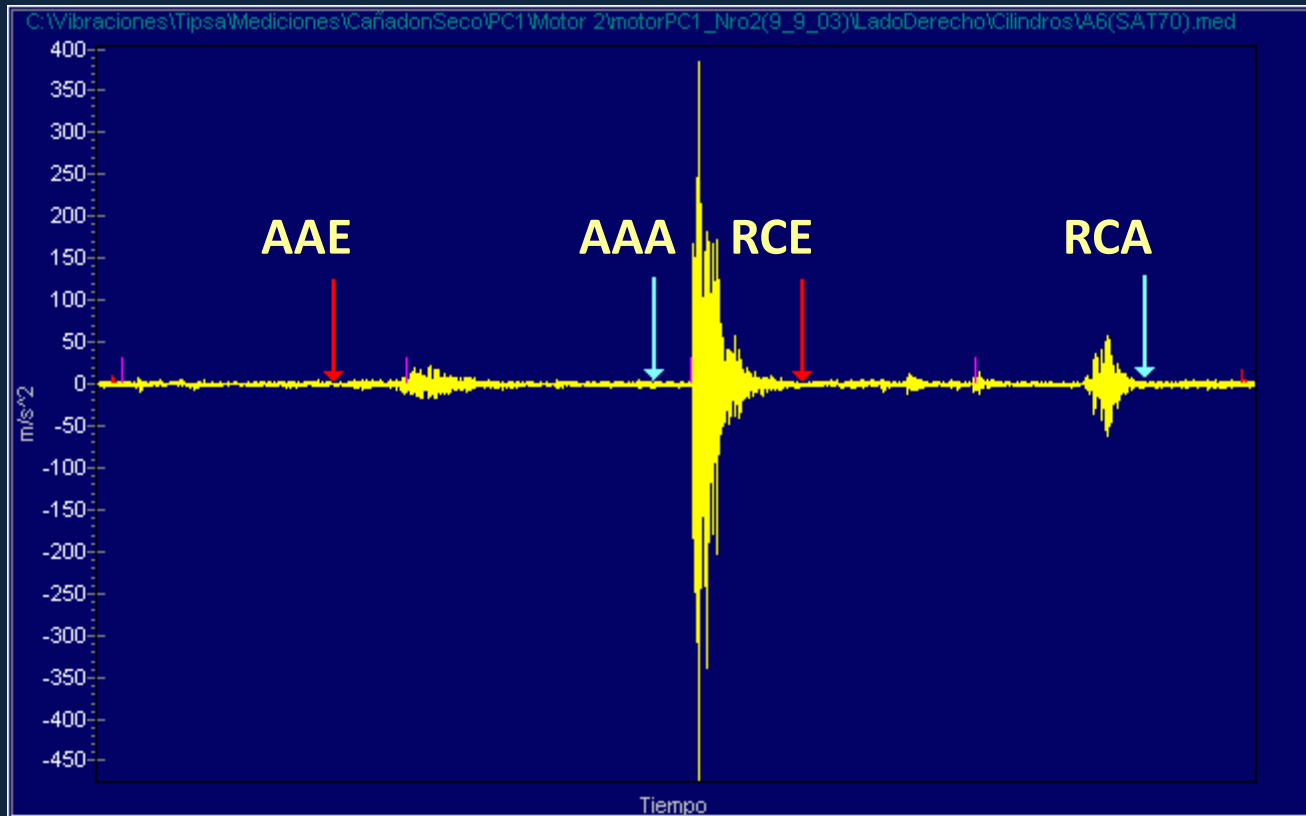


- Alzada de la leva
- Botador normal
- Botador con mucha fuga

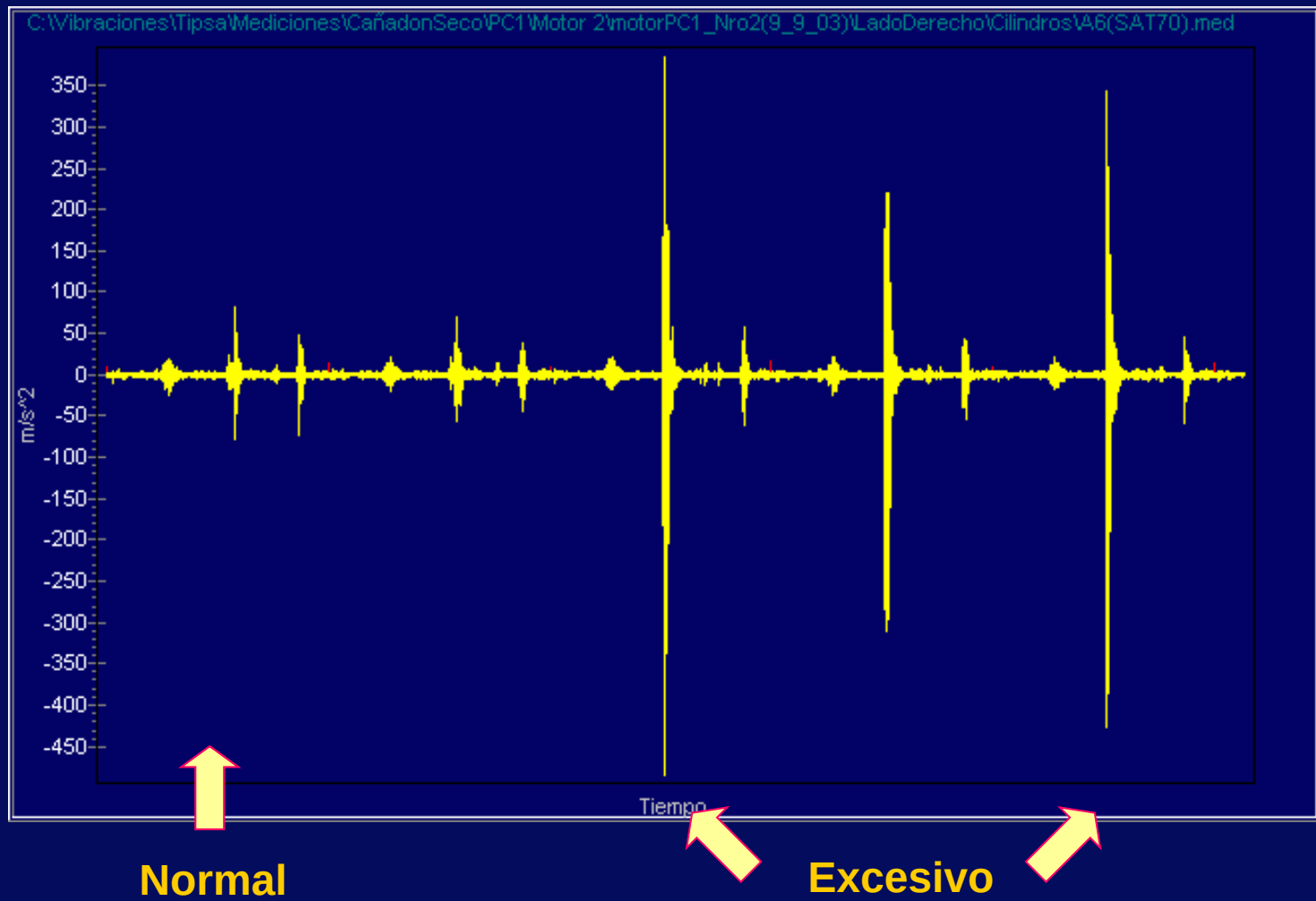
Golpe de cierre de válvulas



Golpe de cierre de válvulas



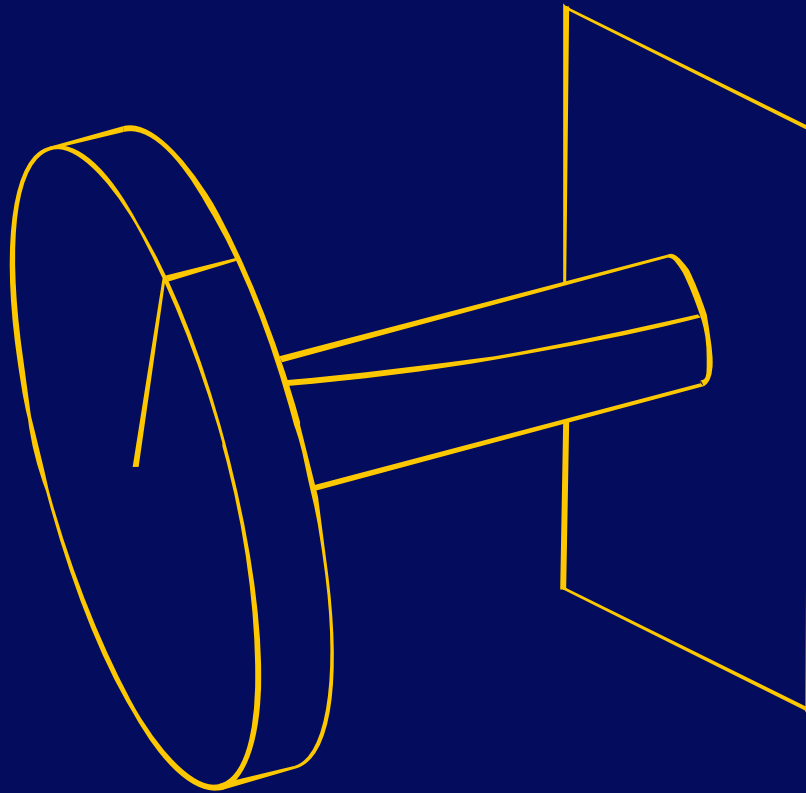
Golpe de cierre de válvulas



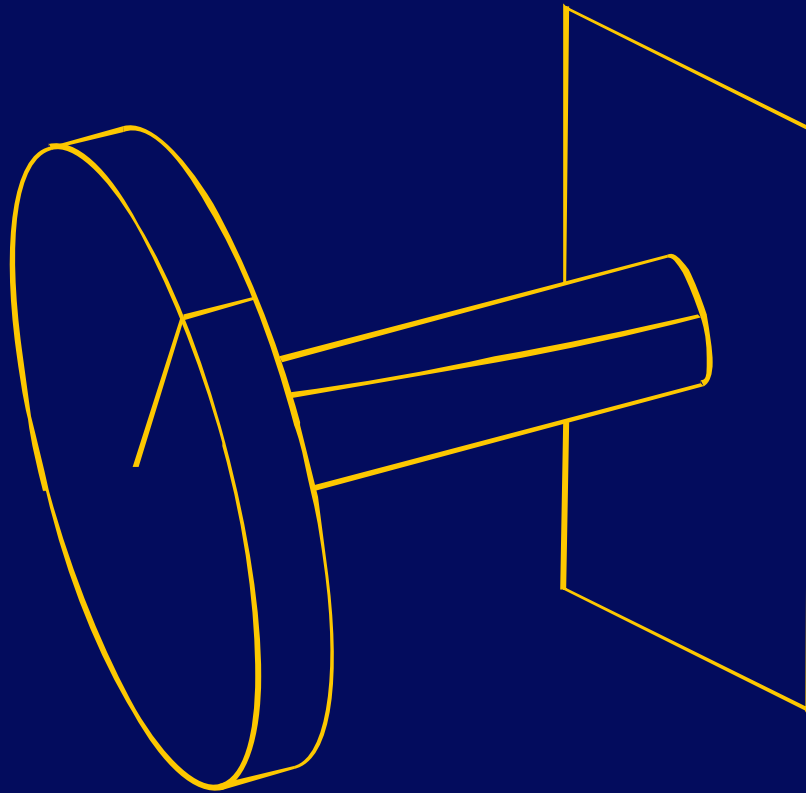
Vibraciones torsionales

Vibraciones torsionales

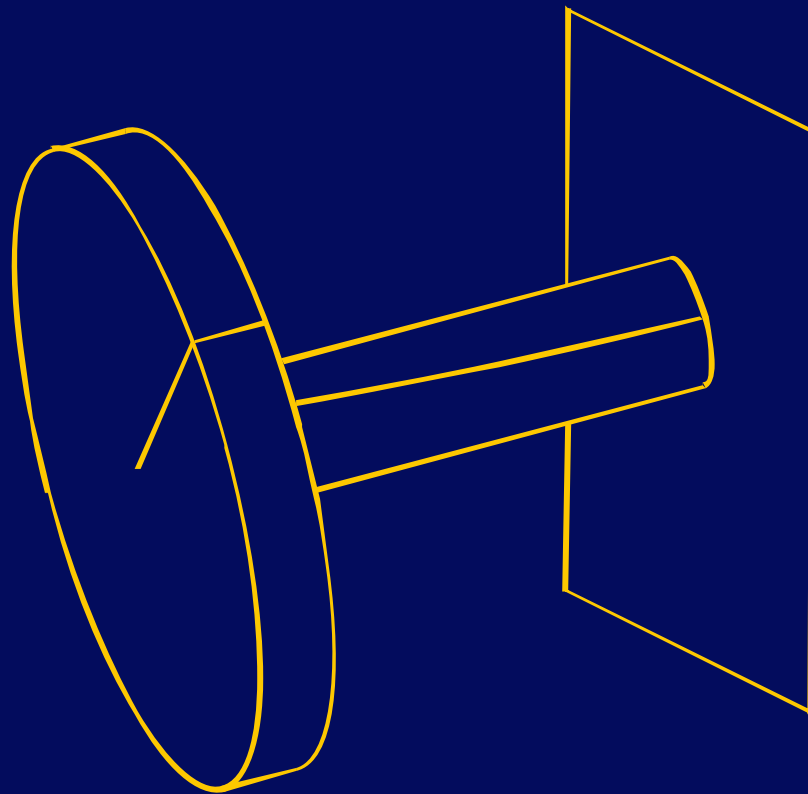
Un disco (momento de inercia) acoplado a un resorte de torsión (por ejemplo un eje), forman un sistema que puede vibrar torsionalmente



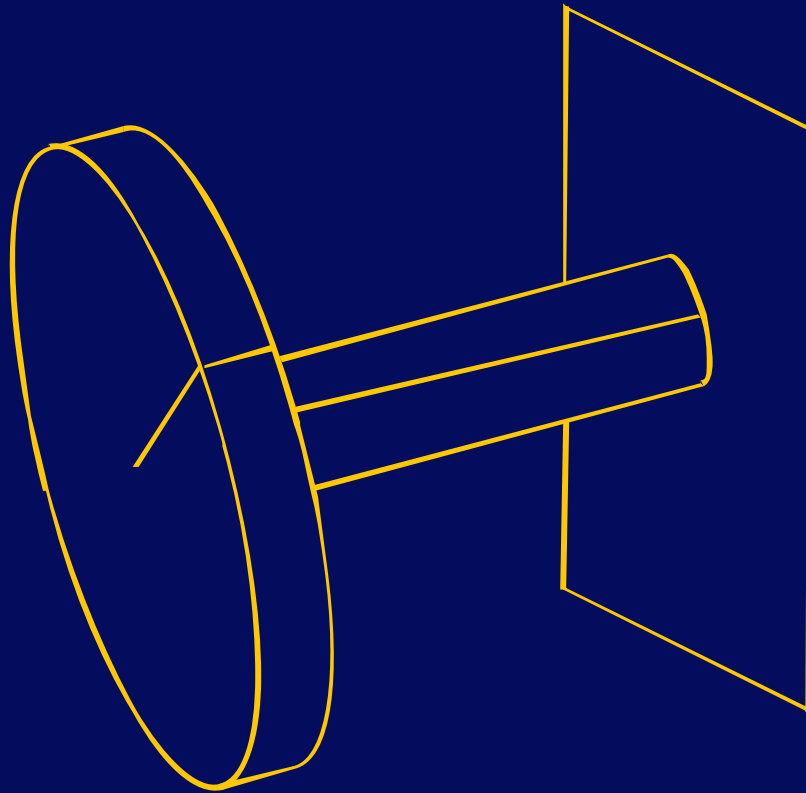
Vibraciones torsionales



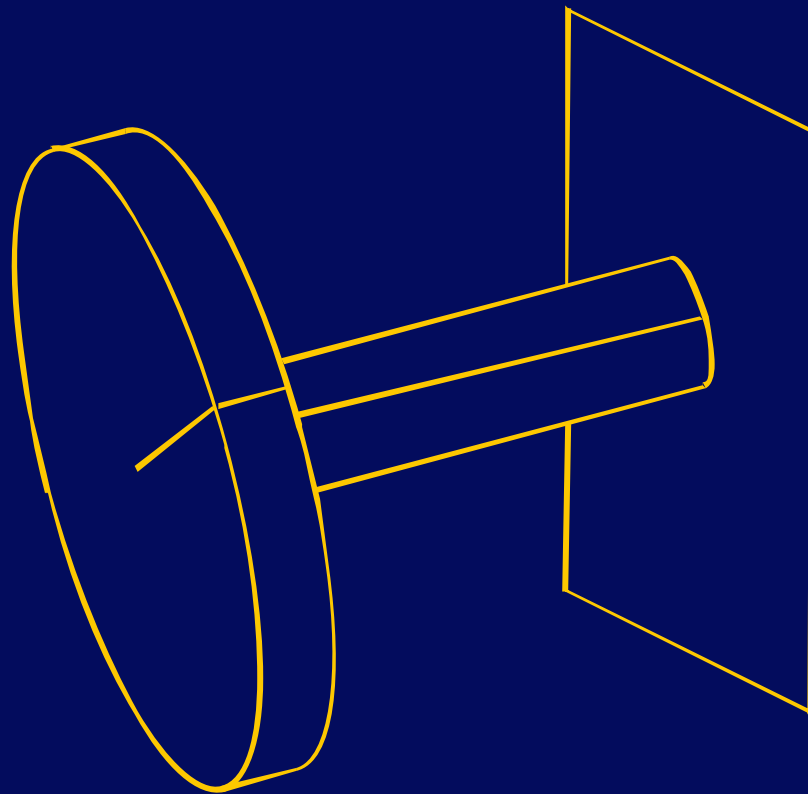
Vibraciones torsionales



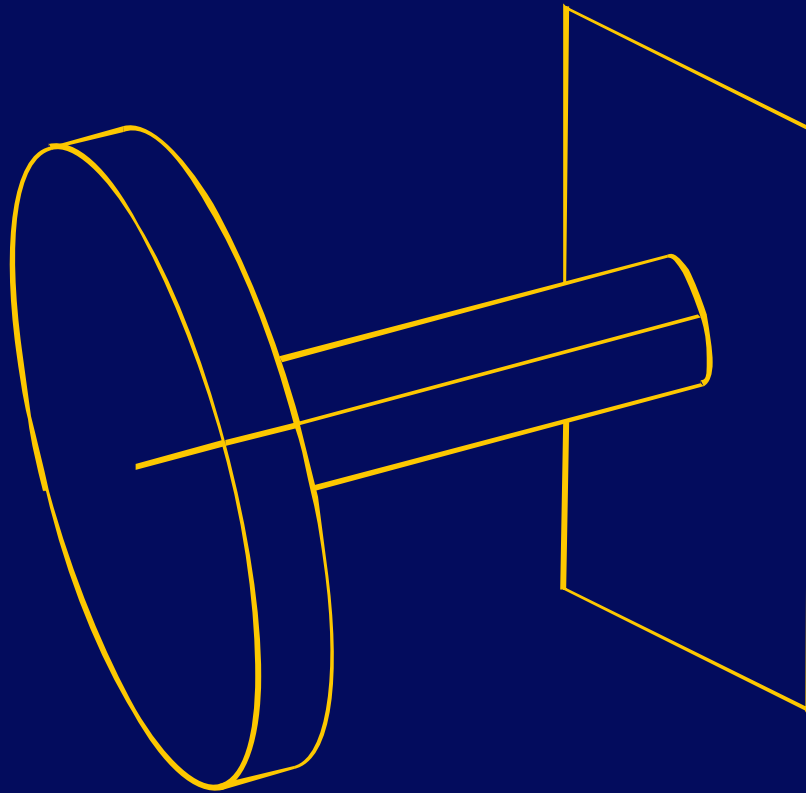
Vibraciones torsionales



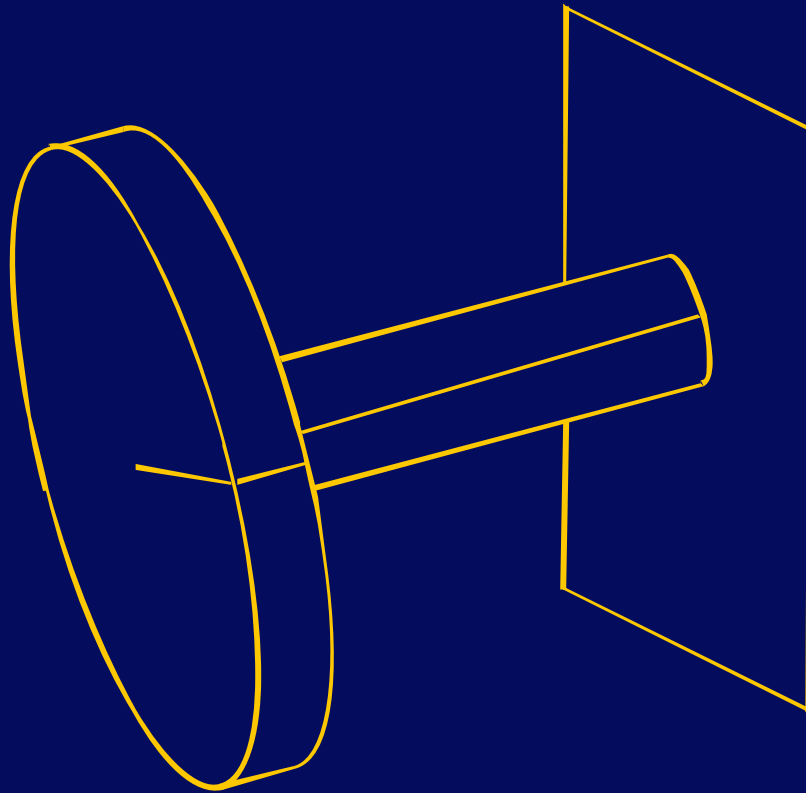
Vibraciones torsionales



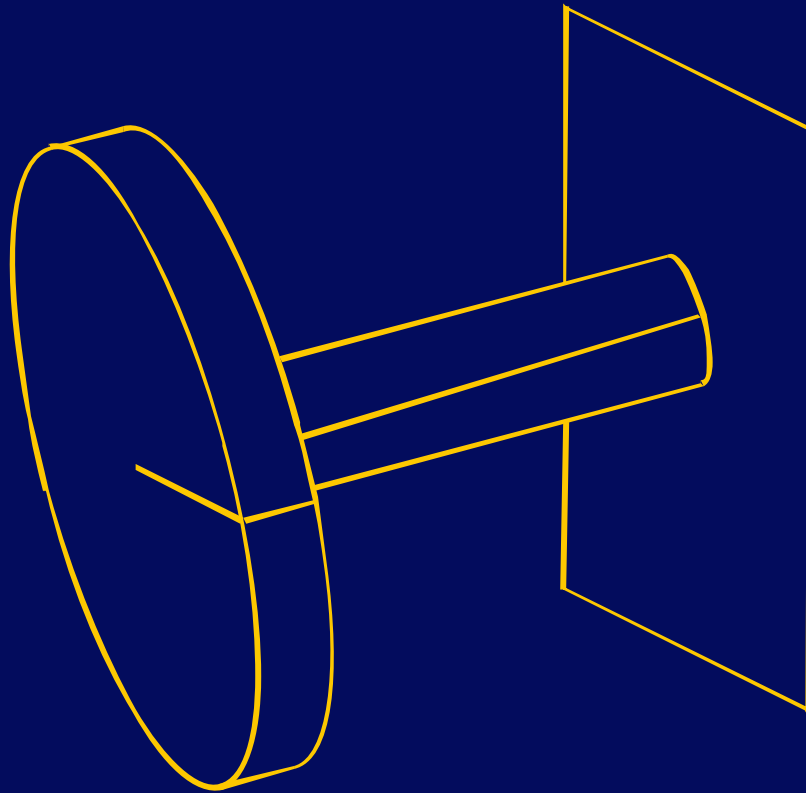
Vibraciones torsionales



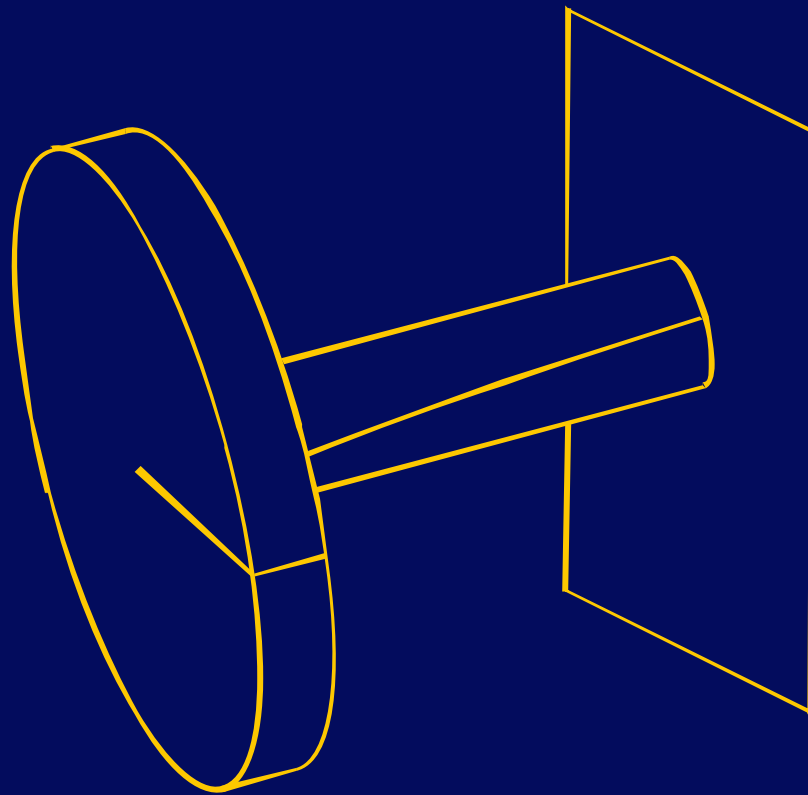
Vibraciones torsionales



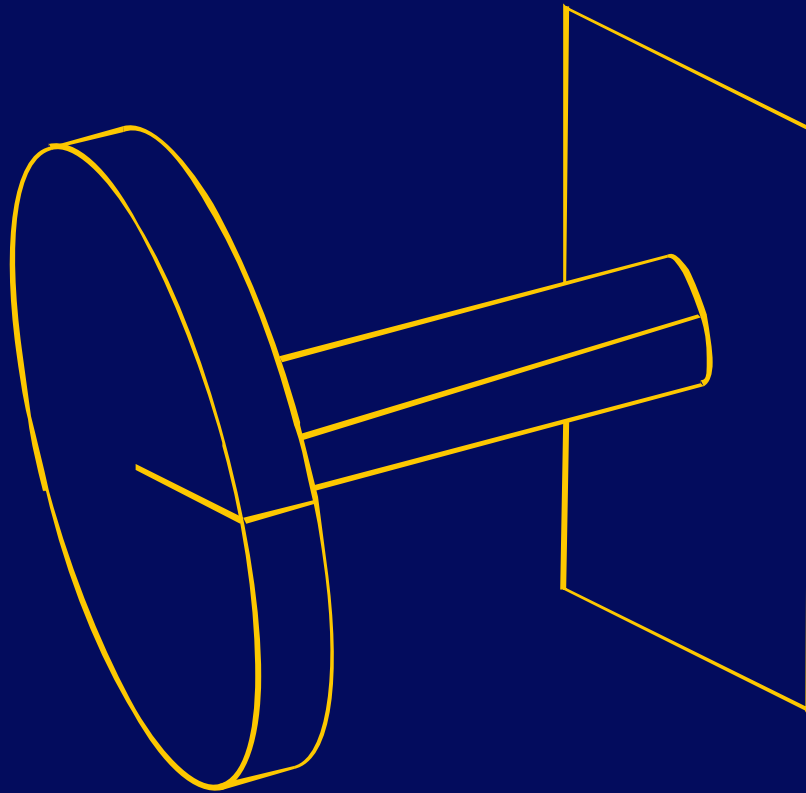
Vibraciones torsionales



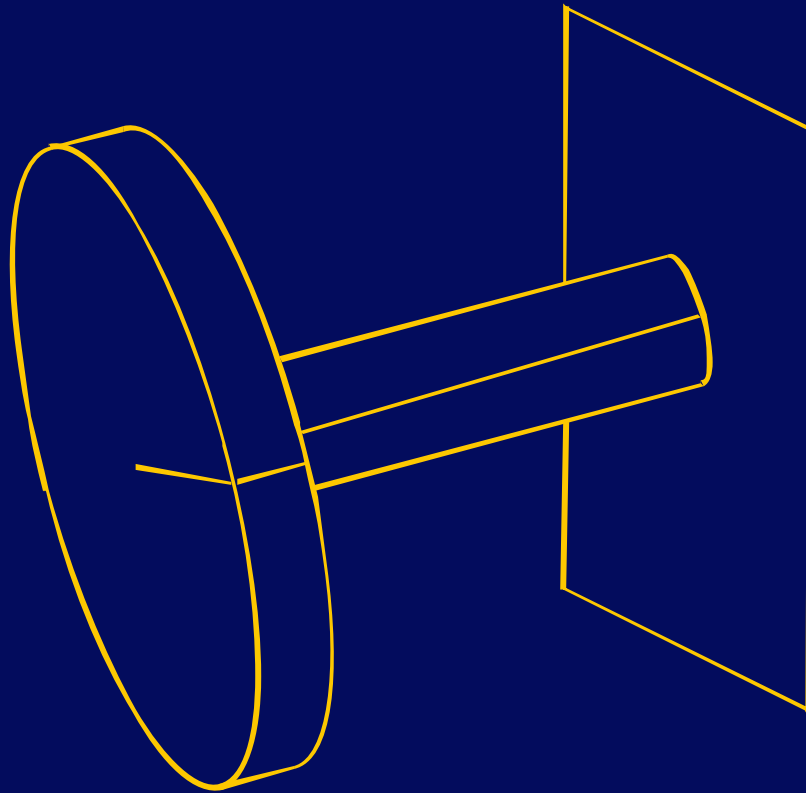
Vibraciones torsionales



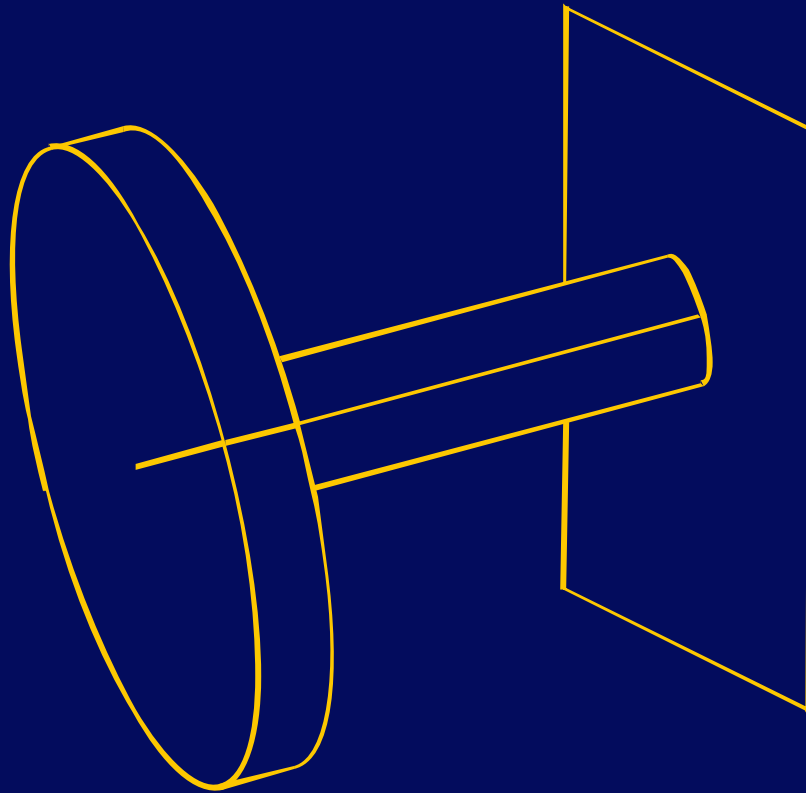
Vibraciones torsionales



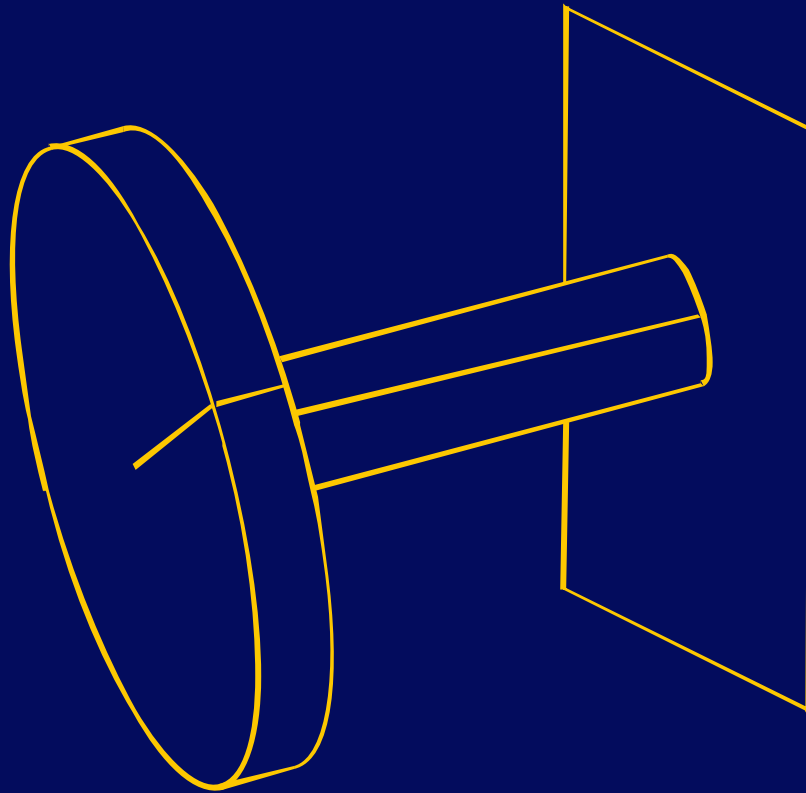
Vibraciones torsionales



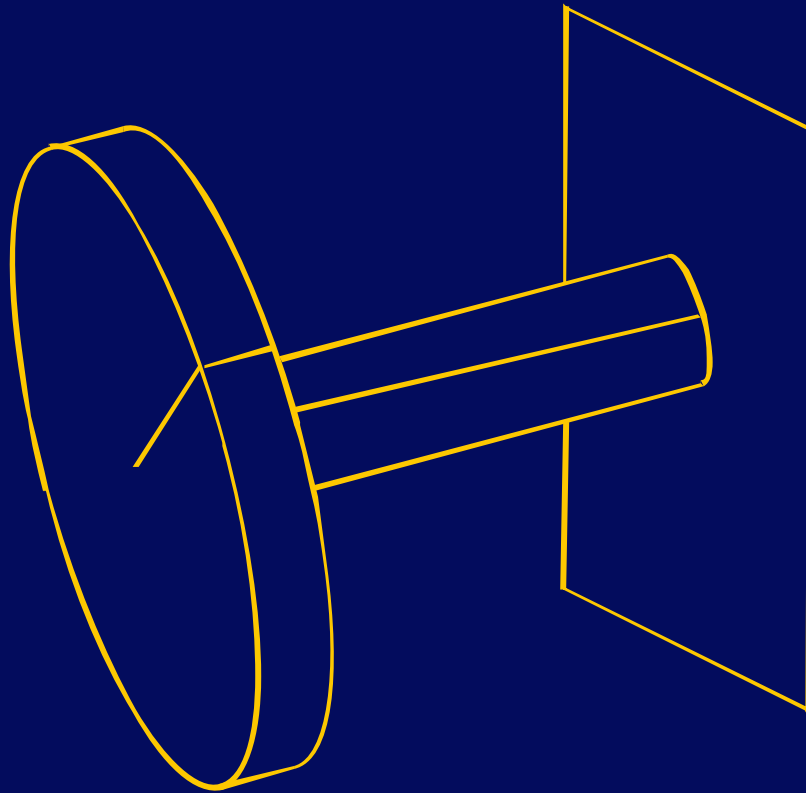
Vibraciones torsionales



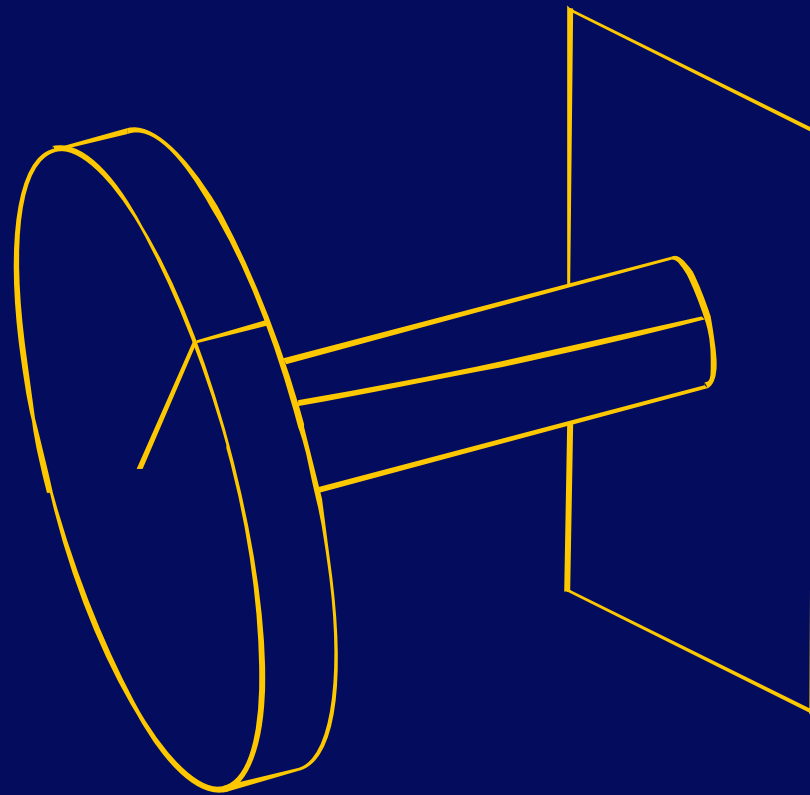
Vibraciones torsionales



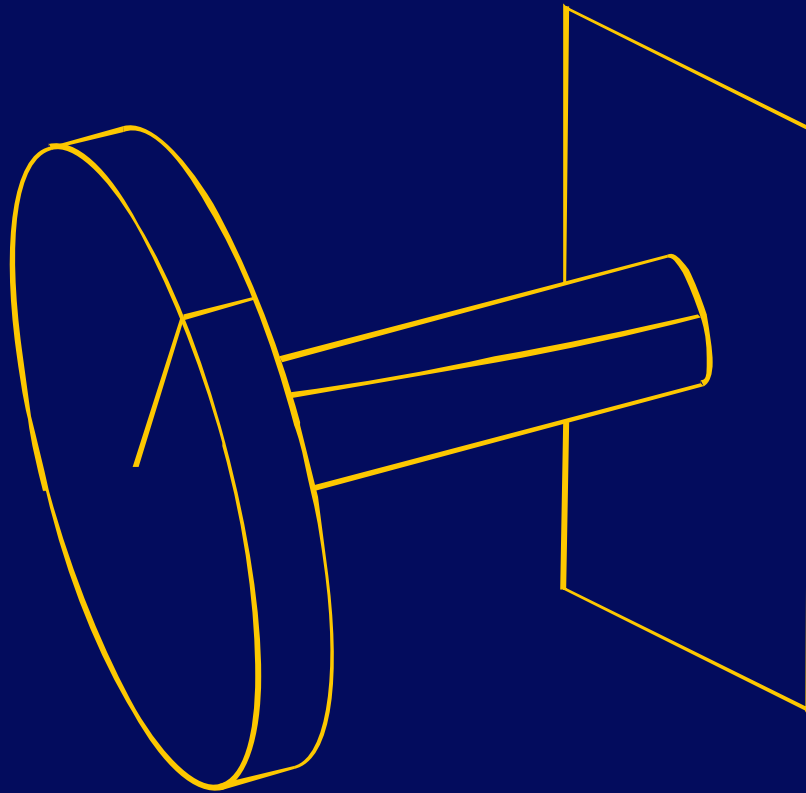
Vibraciones torsionales



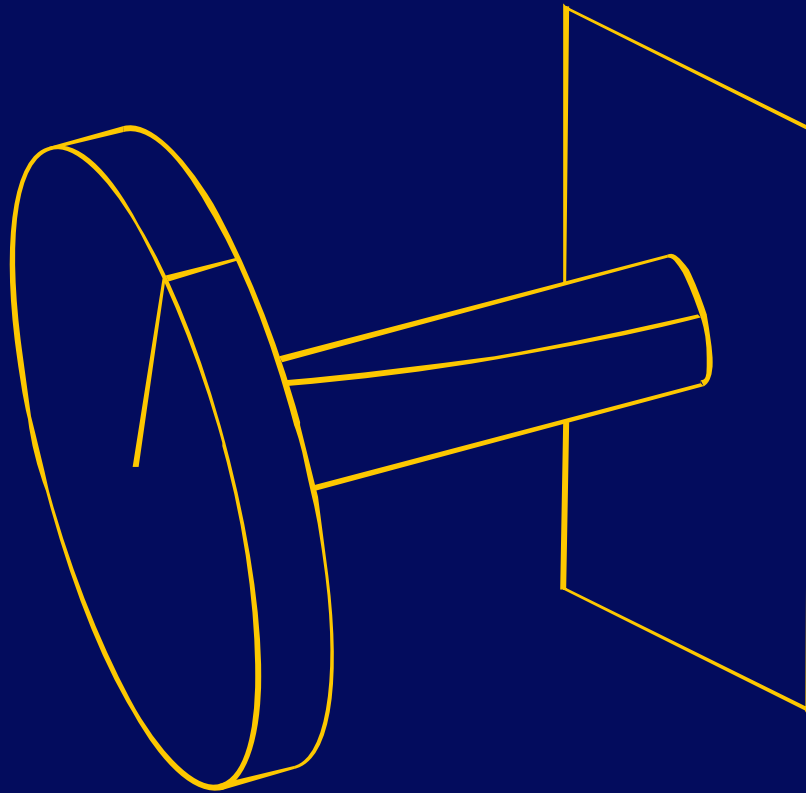
Vibraciones torsionales



Vibraciones torsionales



Vibraciones torsionales

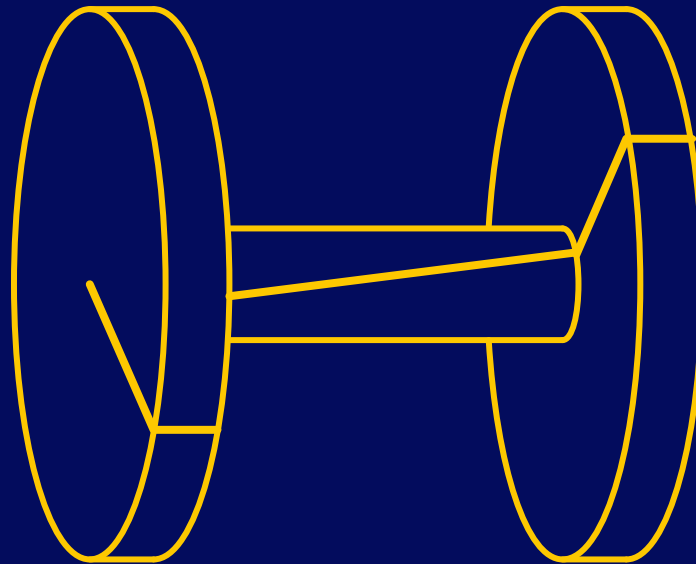


Vibraciones torsionales

Dos discos unidos entre sí también constituyen un sistema que puede vibrar torsionalmente

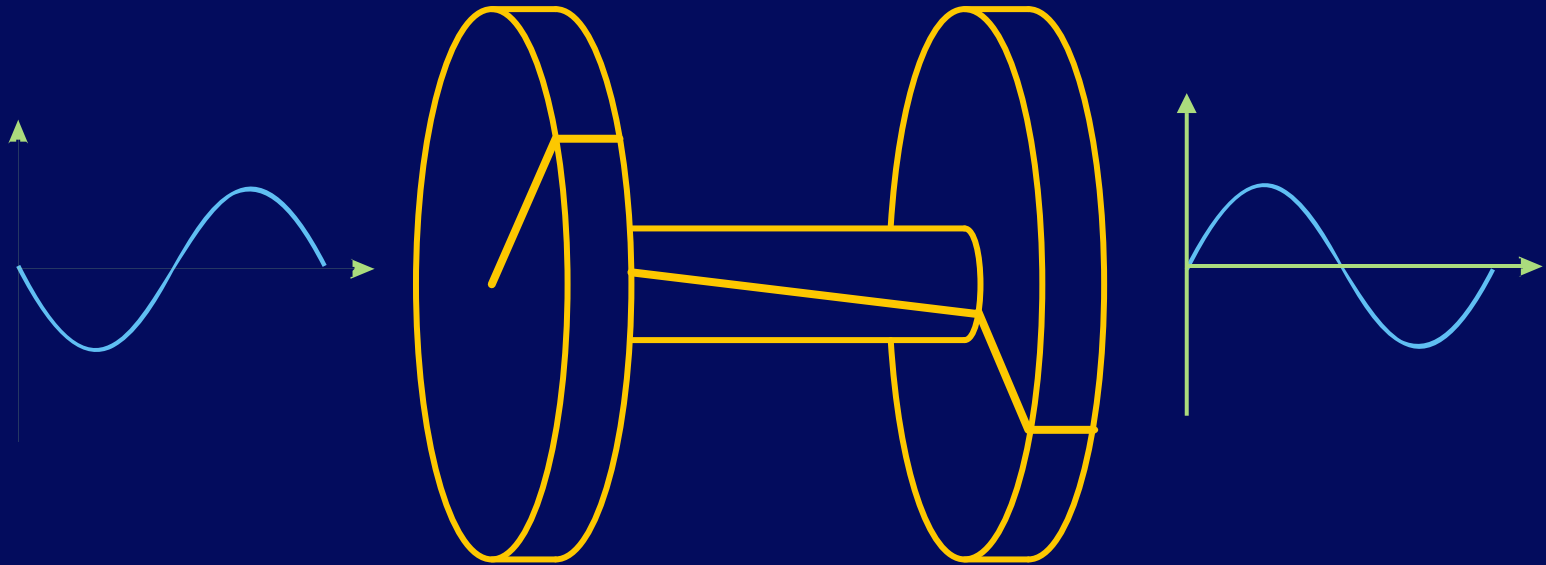
Vibraciones torsionales

Dos discos unidos entre sí también constituyen un sistema que puede vibrar torsionalmente



Vibraciones torsionales

Dos discos unidos entre sí también constituyen un sistema que puede vibrar torsionalmente



Vibraciones torsionales

- Para que estas vibraciones permanezcan en el tiempo es necesario que actúe un momento torsor fluctuante.
- Si la frecuencia del momento fluctuante es cercana a la frecuencia natural, las vibraciones crecen hasta alcanzar valores que pueden provocar la rotura.
- La magnitud de la vibración depende del valor del momento torsor, de la frecuencia del mismo, de las propiedades inerciales y elásticas del sistema y de la amortiguación.

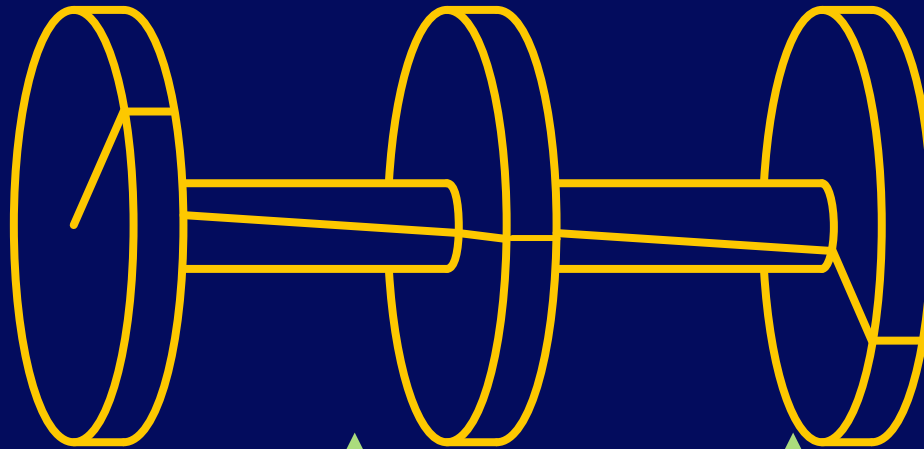
Vibraciones torsionales

Cuando el sistema es más complejo, posee más frecuencias naturales. Por ejemplo, tres discos unidos por dos ejes poseen dos modos de vibración y dos frecuencias naturales.

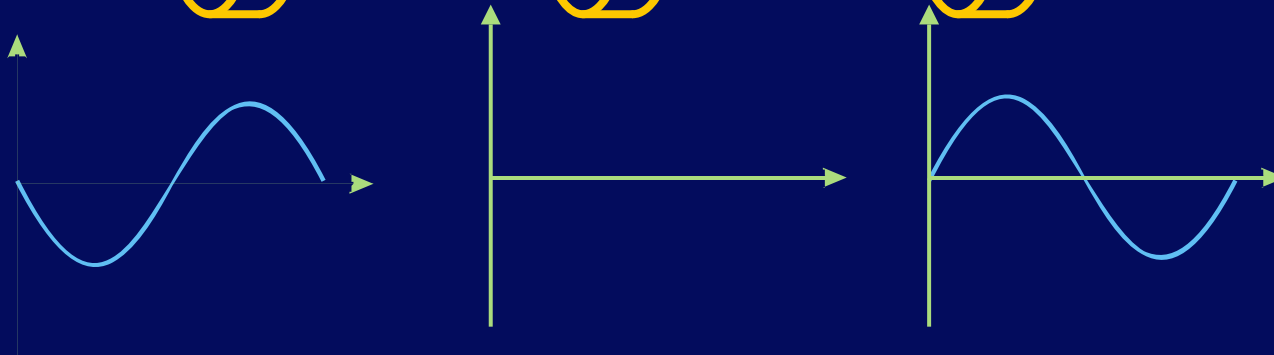
Vibraciones torsionales

Cuando el sistema es más complejo, posee más frecuencias naturales. Por ejemplo, tres discos unidos por dos ejes poseen dos modos de vibración y dos frecuencias naturales.

Primer modo de vibración



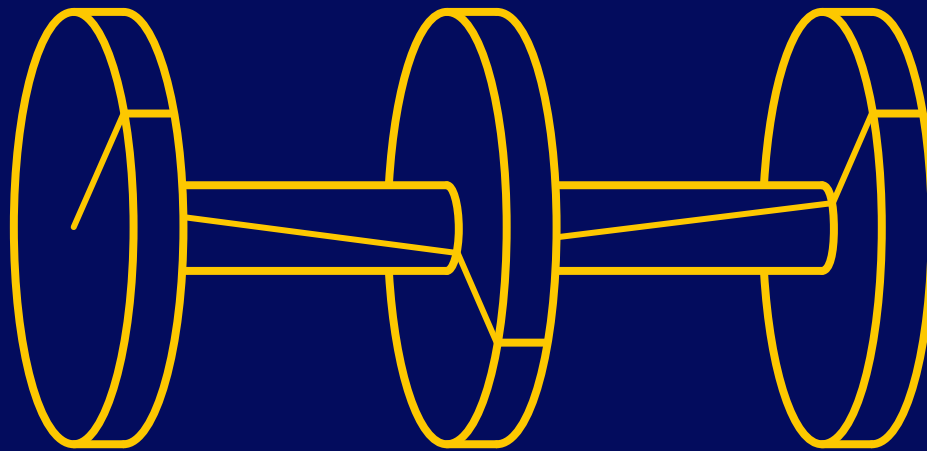
Primer frecuencia natural



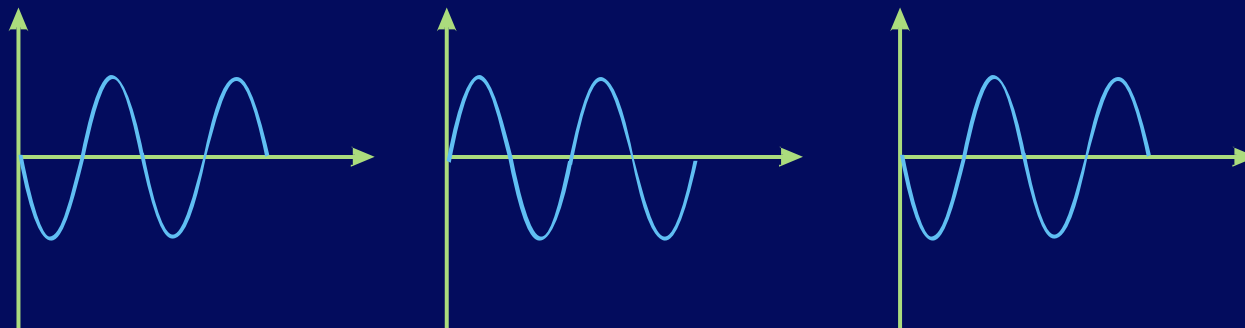
Vibraciones torsionales

Cuando el sistema es más complejo, posee más frecuencias naturales. Por ejemplo, tres discos unidos por dos ejes poseen dos modos de vibración y dos frecuencias naturales.

Segundo
modo de
vibración



Segunda
frecuencia natural



Vibraciones torsionales

El sistema además puede estar girando con una determinada velocidad angular que se superpone a las vibraciones torsionales.

Podríamos imaginar un sistema de este tipo extremadamente rígido que gira con fluctuaciones de velocidad debido a que el par actuante es pulsante. Si todos los elementos poseen idéntico movimiento no hay vibraciones torsionales, sólo hay irregularidad de rotación

En general, cuando hablamos de vibraciones torsionales nos referimos al “retorcimiento” del eje que es el que genera esfuerzos sobre el mismo

Vibraciones torsionales

El cigüeñal de una máquina alternativa puede estudiarse como si se tratara de un sistema compuesto por varios discos unidos mediante ejes elásticos.

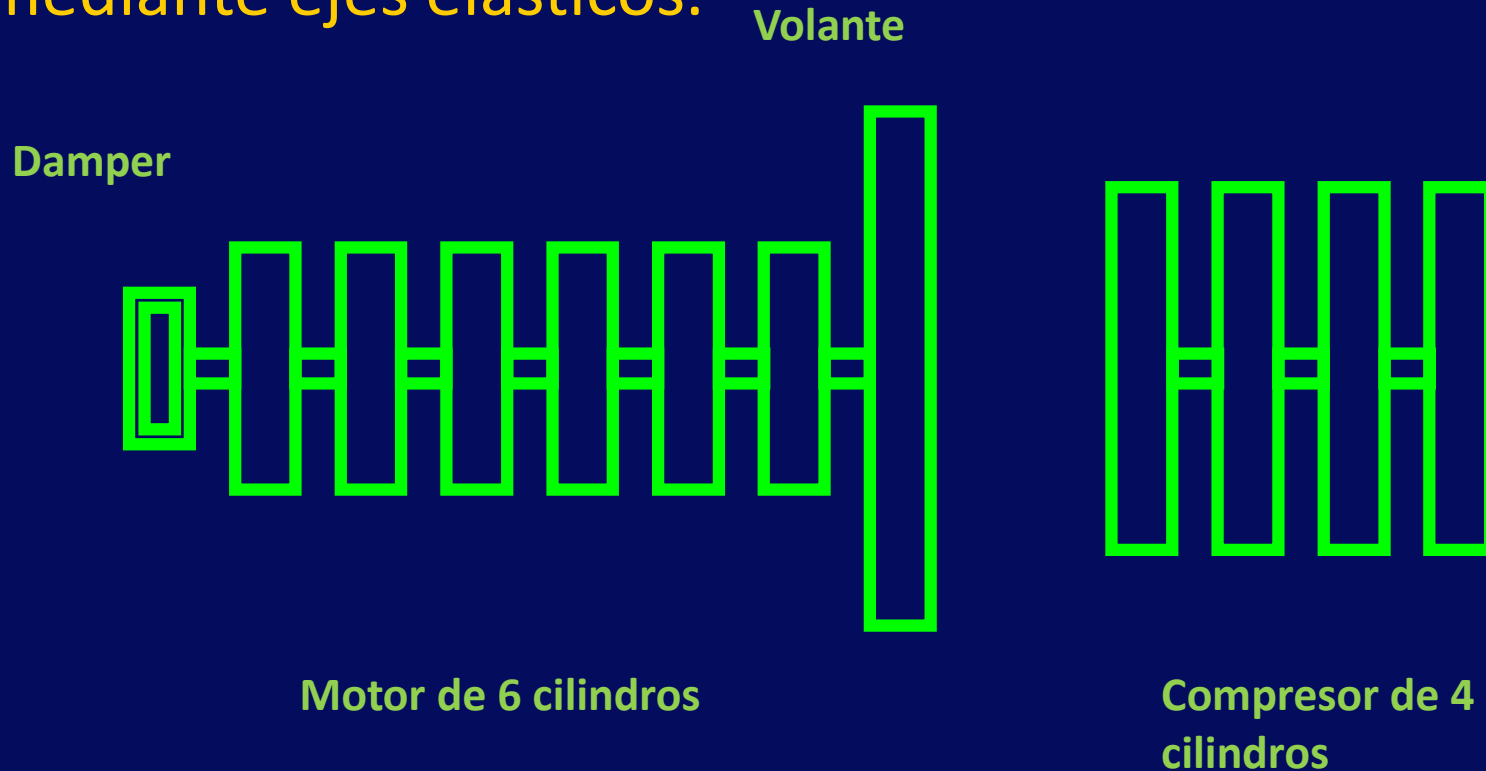
Vibraciones torsionales

El cigüeñal de una máquina alternativa puede estudiarse como si se tratara de un sistema compuesto por varios discos unidos mediante ejes elásticos.



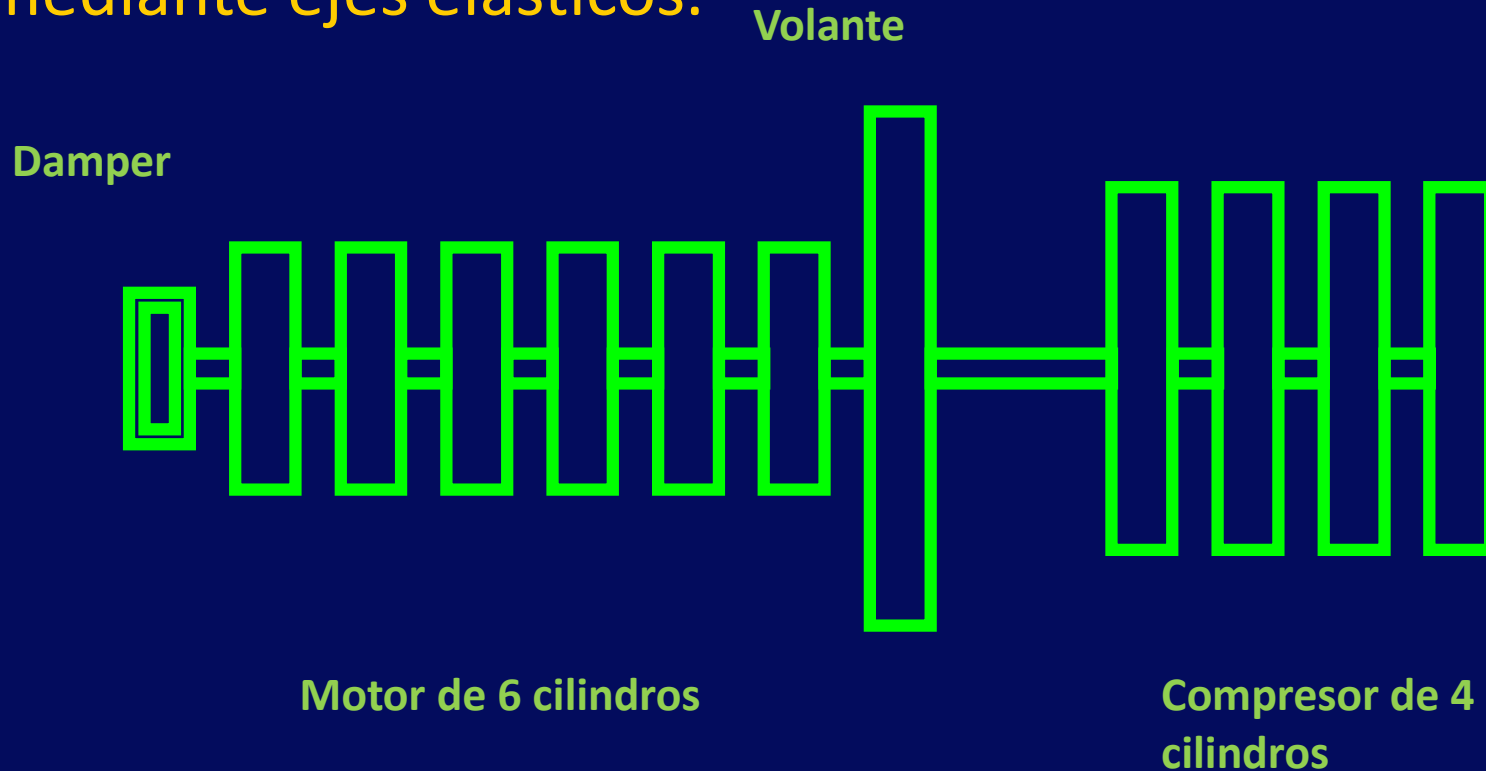
Vibraciones torsionales

El cigüeñal de una máquina alternativa puede estudiarse como si se tratara de un sistema compuesto por varios discos unidos mediante ejes elásticos.



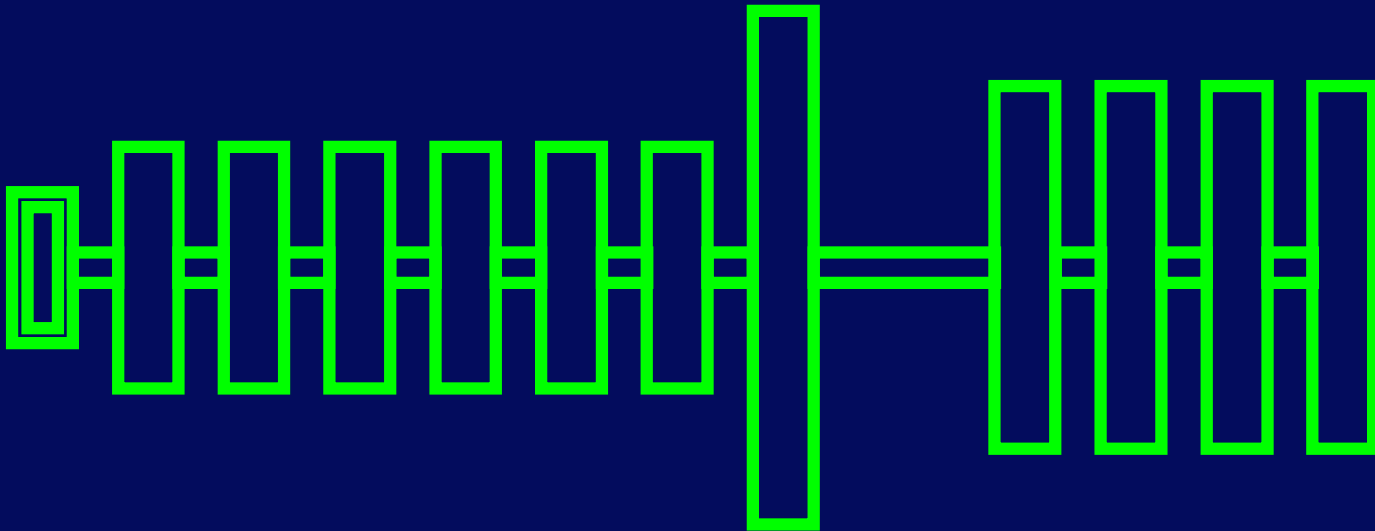
Vibraciones torsionales

El cigüeñal de una máquina alternativa puede estudiarse como si se tratara de un sistema compuesto por varios discos unidos mediante ejes elásticos.



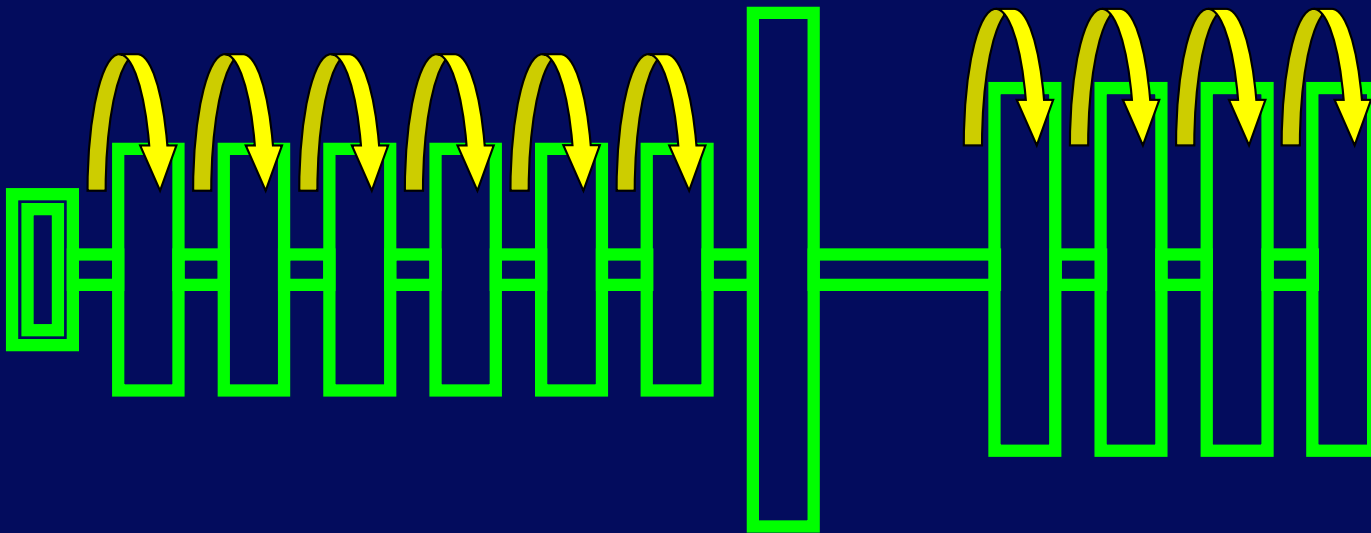
Vibraciones torsionales

El cigüeñal de una máquina alternativa puede estudiarse como si se tratara de un sistema compuesto por varios discos unidos mediante ejes elásticos.



Vibraciones torsionales

El cigüeñal de una máquina alternativa puede estudiarse como si se tratara de un sistema compuesto por varios discos unidos mediante ejes elásticos.



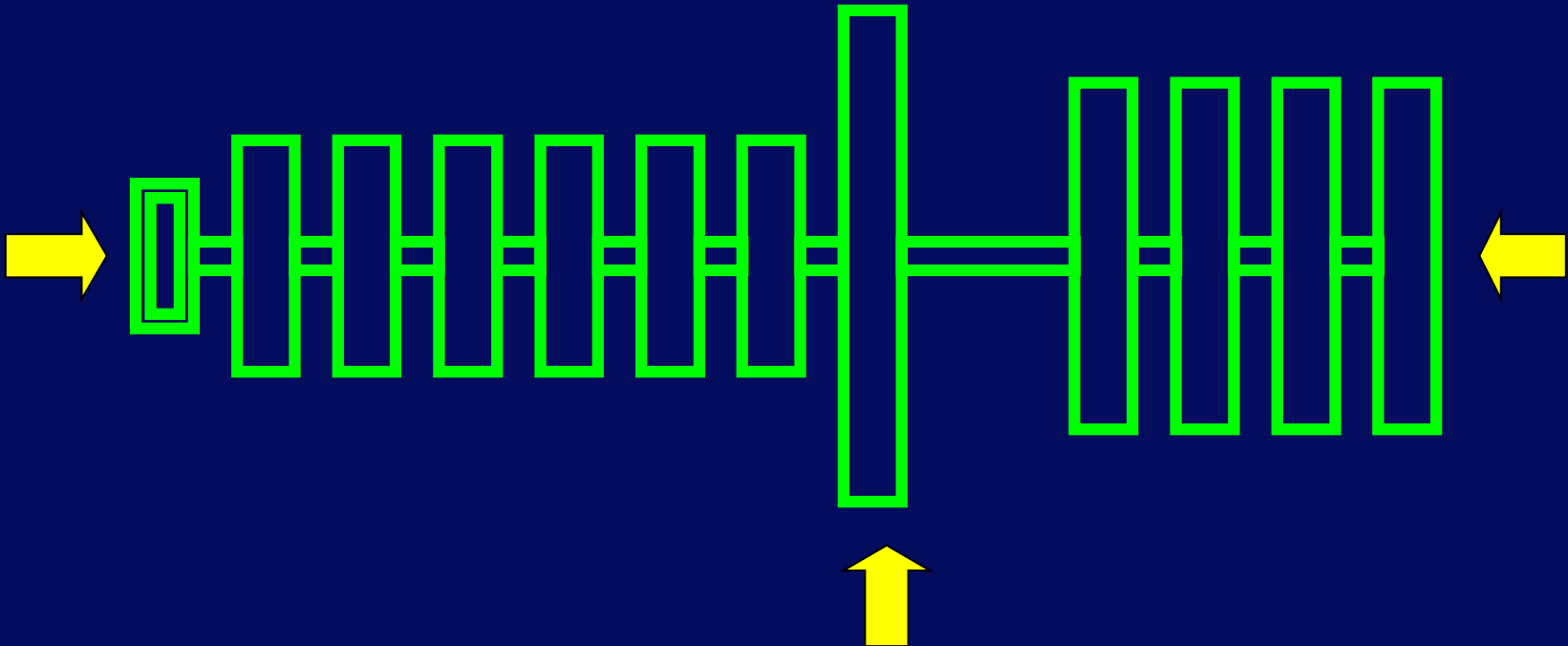
- El par instantáneo actuante en cada “disco” posee un desfase dependiente del orden de encendido y de la geometría del motor. De igual modo, el desfase en el compresor depende de su diseño.
- Las vibraciones torsionales que se originan en el conjunto dependerán de todas las variables enunciadas anteriormente y además de la posición relativa de acoplamiento entre ambas máquinas

Vibraciones torsionales

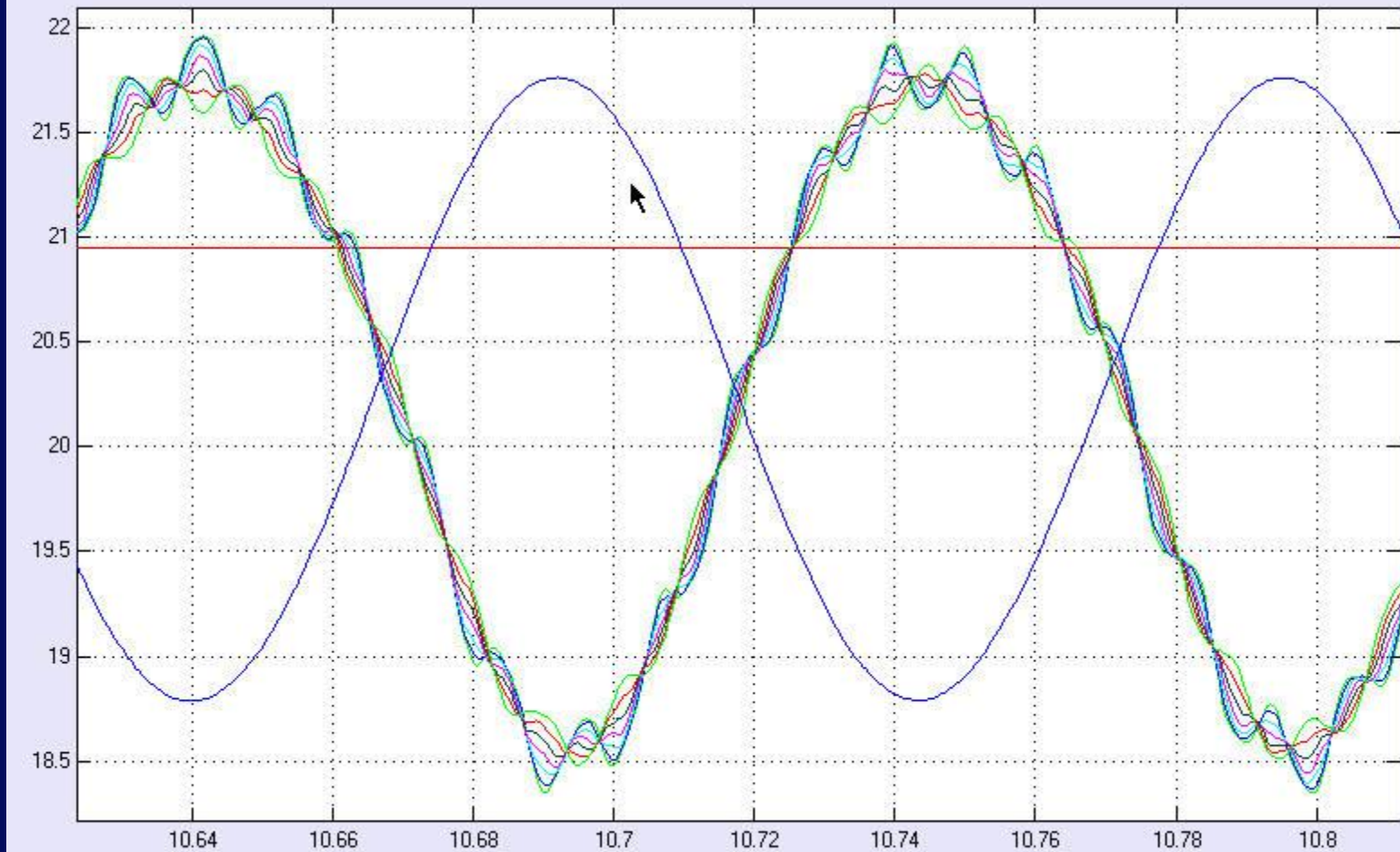
- Si se quiere estudiar en forma teórica el comportamiento de un sistema motor + acoplamiento + compresor es necesario conocer propiedades elásticas, inerciales, amortiguamiento, ángulos relativos entre cilindros de motor y de compresor y posición relativa de acople.
- Si se desea medir con precisión las vibraciones torsionales es necesario colocar tacómetros “instantáneos” en diferentes puntos accesibles desde el exterior. De esa manera se puede discriminar entre irregularidad de rotación y vibración torsional

Vibraciones torsionales

- Si se quiere estudiar en forma teórica el comportamiento de un sistema motor + acoplamiento + compresor es necesario conocer propiedades elásticas, inerciales, amortiguamiento, ángulos relativos entre cilindros de motor y de compresor y posición relativa de acople.
- Si se desea medir con precisión las vibraciones torsionales es necesario colocar tacómetros “instantáneos” en diferentes puntos accesibles desde el exterior. De esa manera se puede discriminar entre irregularidad de rotación y vibración torsional

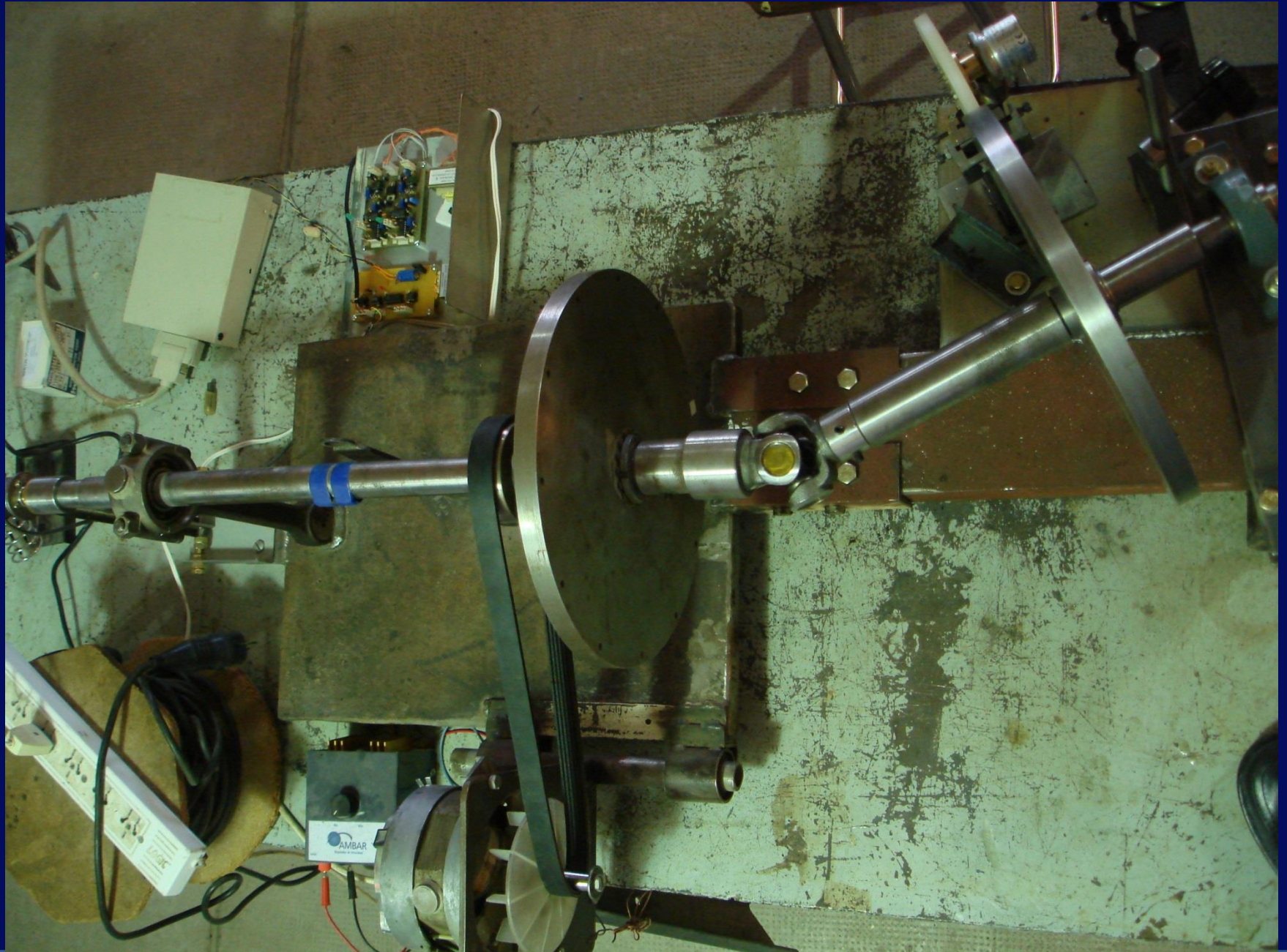


Vibraciones torsionales

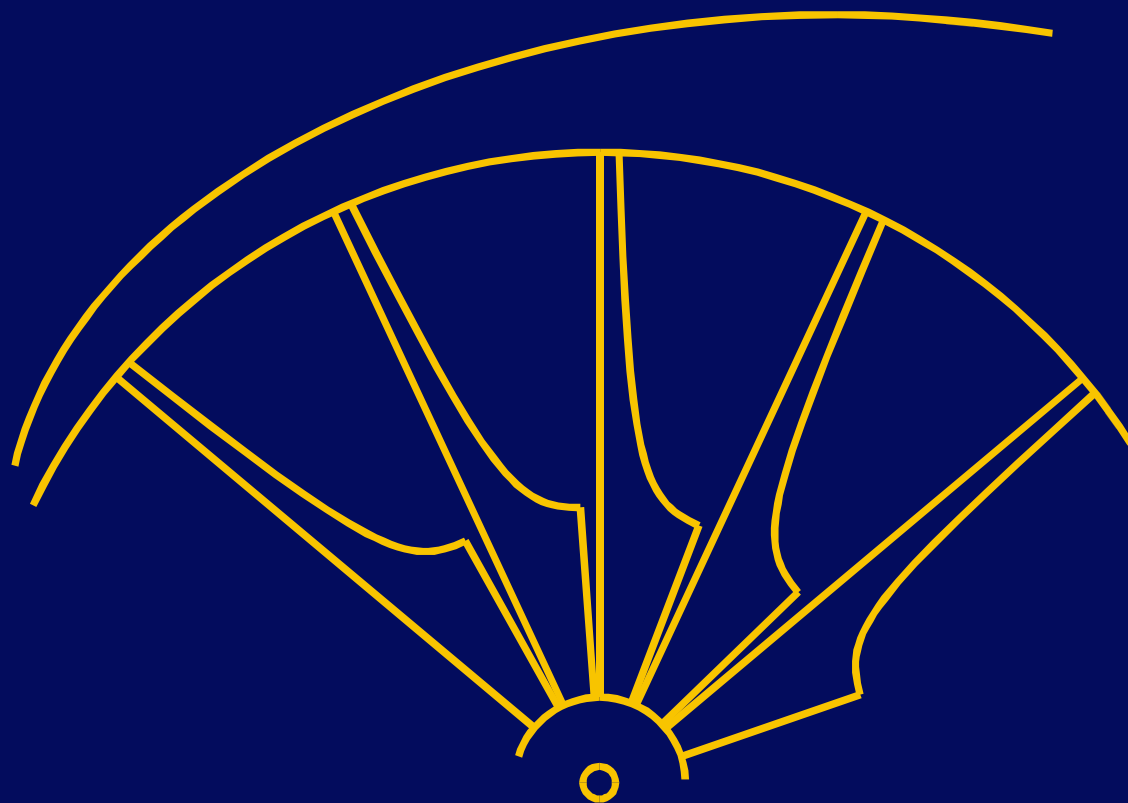


Time offset: 0

Vibraciones torsionales

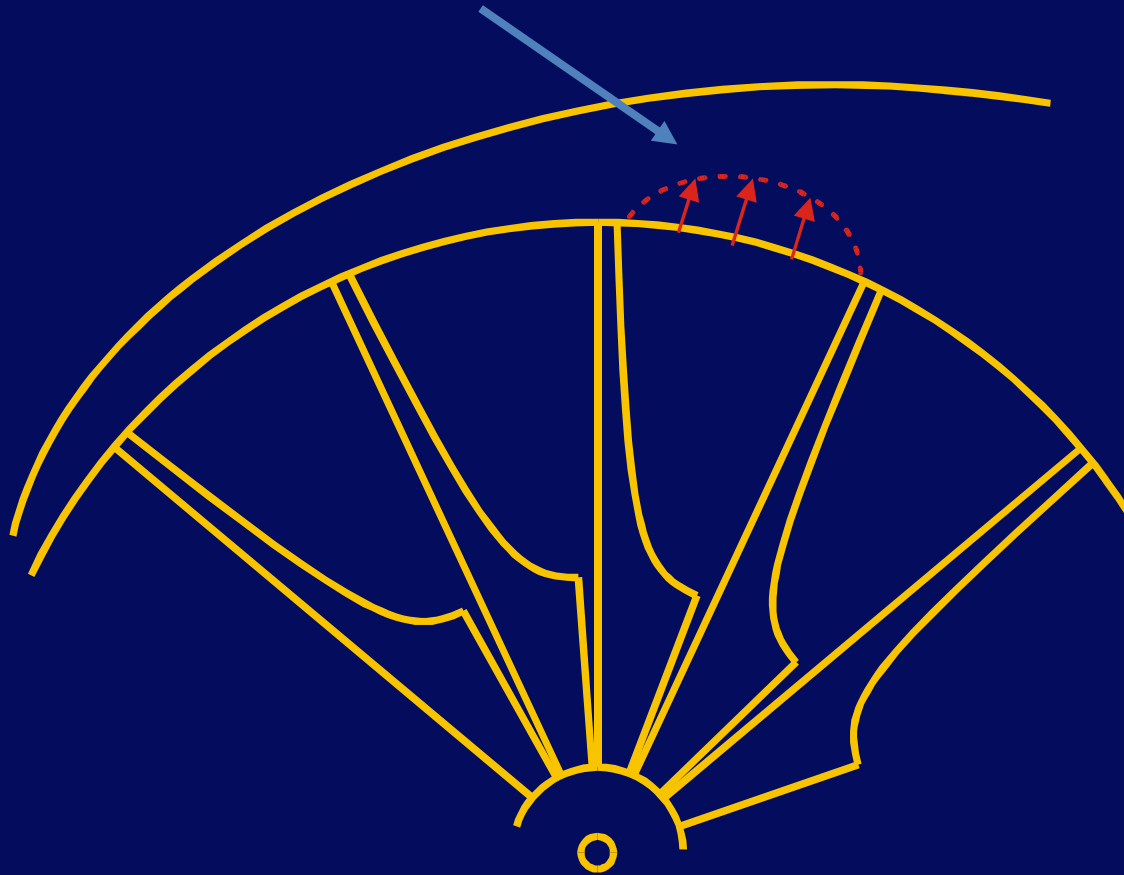


Medición de velocidad y desbalanceo de turbocompresores



Distribución de flujo no
homogénea

 Vibraciones





Espectro de frecuencias de Amplitudes

TURBO_D_HOR

FFT

Señal

Canal 2

Ventana

Hanning

Unidades

Volts

☐ Dividir x f

Amplitud

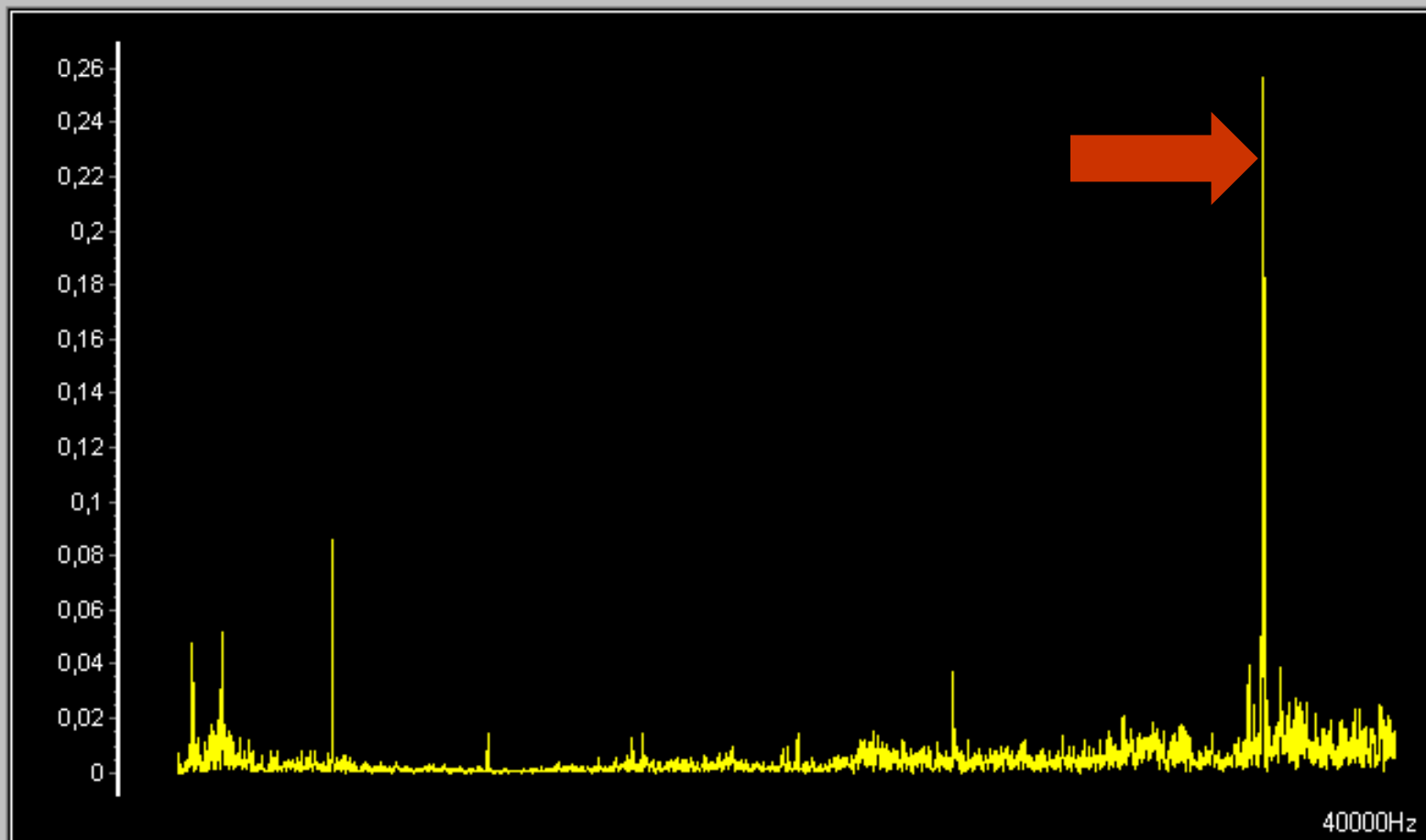
0.21 Volts

Frecuencia

5864.3 Hz

RPM

351855



Muestras=32768 Fs=80000Hz Rf=2,4Hz



Espectro de frecuencias de Amplitudes

TURBO_D_HOR

FFT

Señal

Canal 2

Ventana

Hanning

Unidades

Volts

☐ Dividir x f

Amplitud

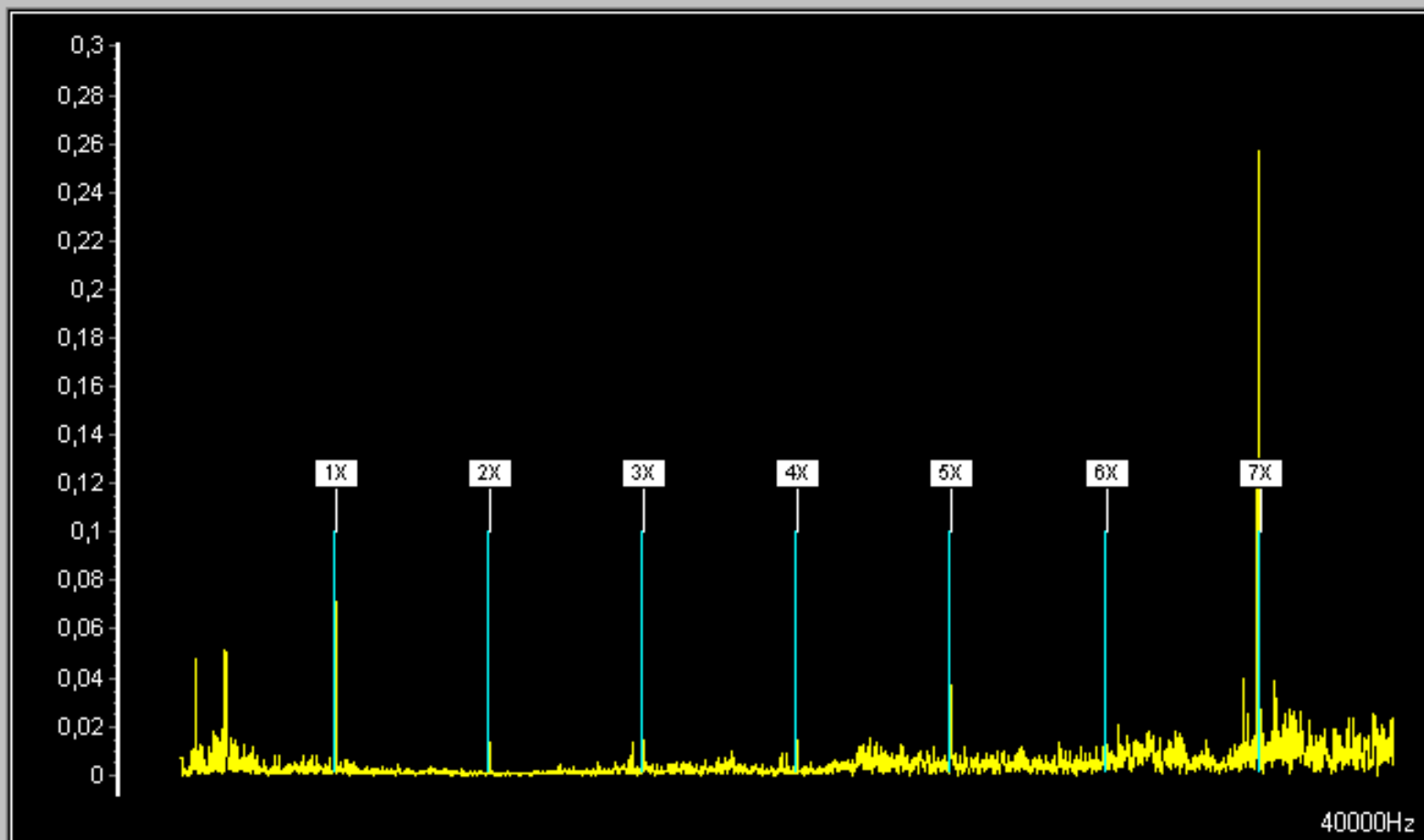
0,03 Volts

Frecuencia

835,0 Hz

RPM

50098



Muestras=32768 Fs=80000Hz Rf=2,4Hz



Espectro de frecuencias de Amplitudes

TURBO_D_HOR

FFT

Señal

Canal 2

Ventana

Hanning

Unidades

Volts

☐ Dividir x f

Amplitud

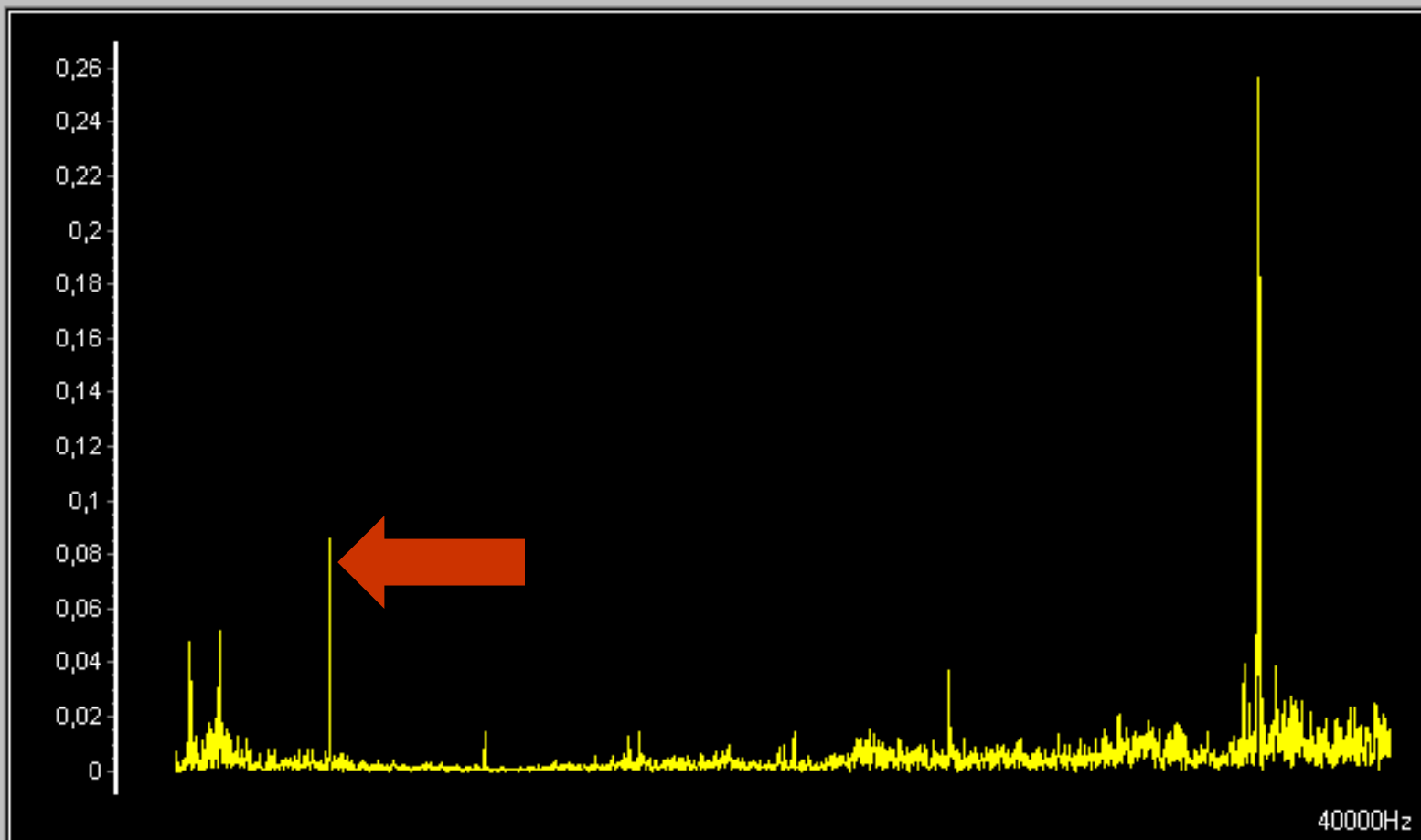
0,03 Volts

Frecuencia

835,0 Hz

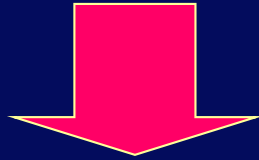
RPM

50098



Muestras=32768 Fs=80000Hz Rf=2,4Hz

Los espectros no siempre son fáciles de interpretar

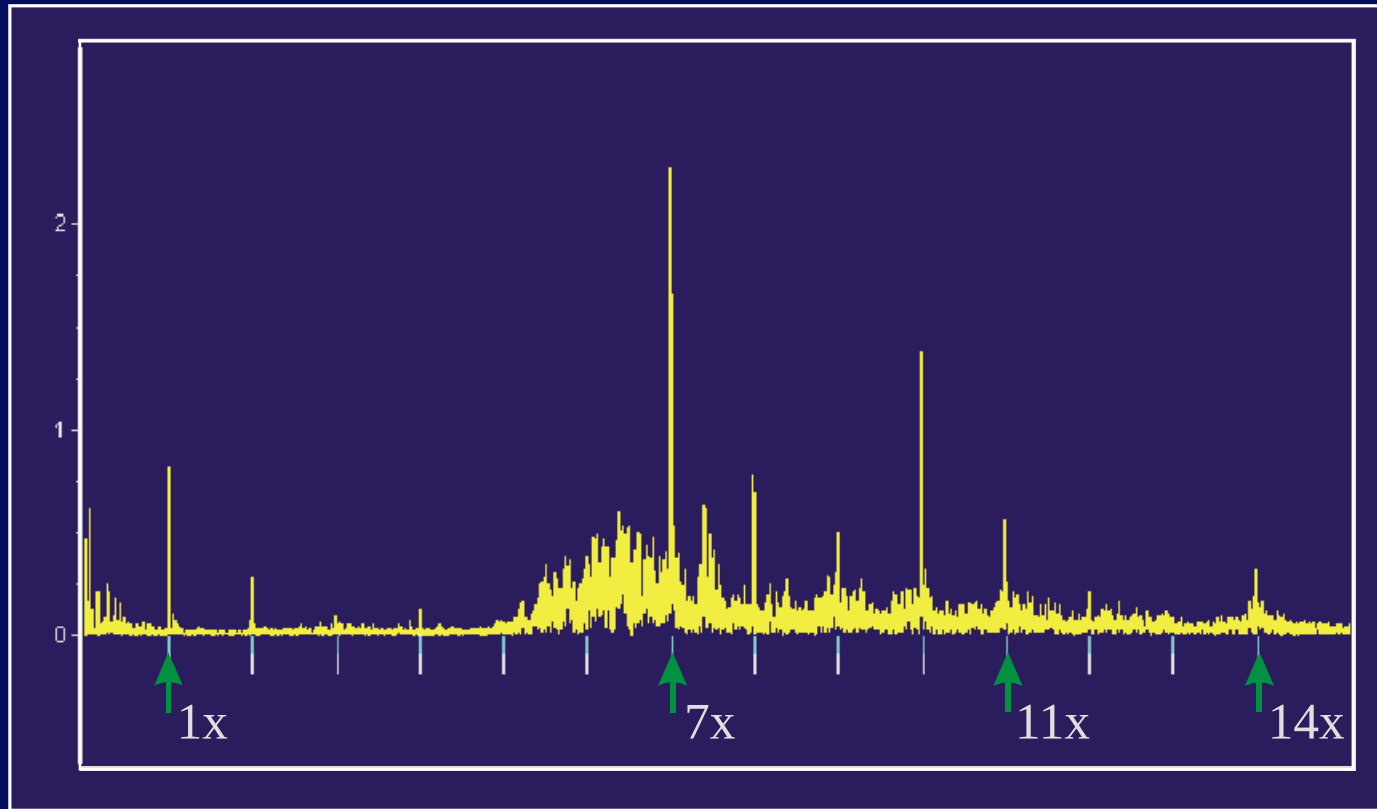


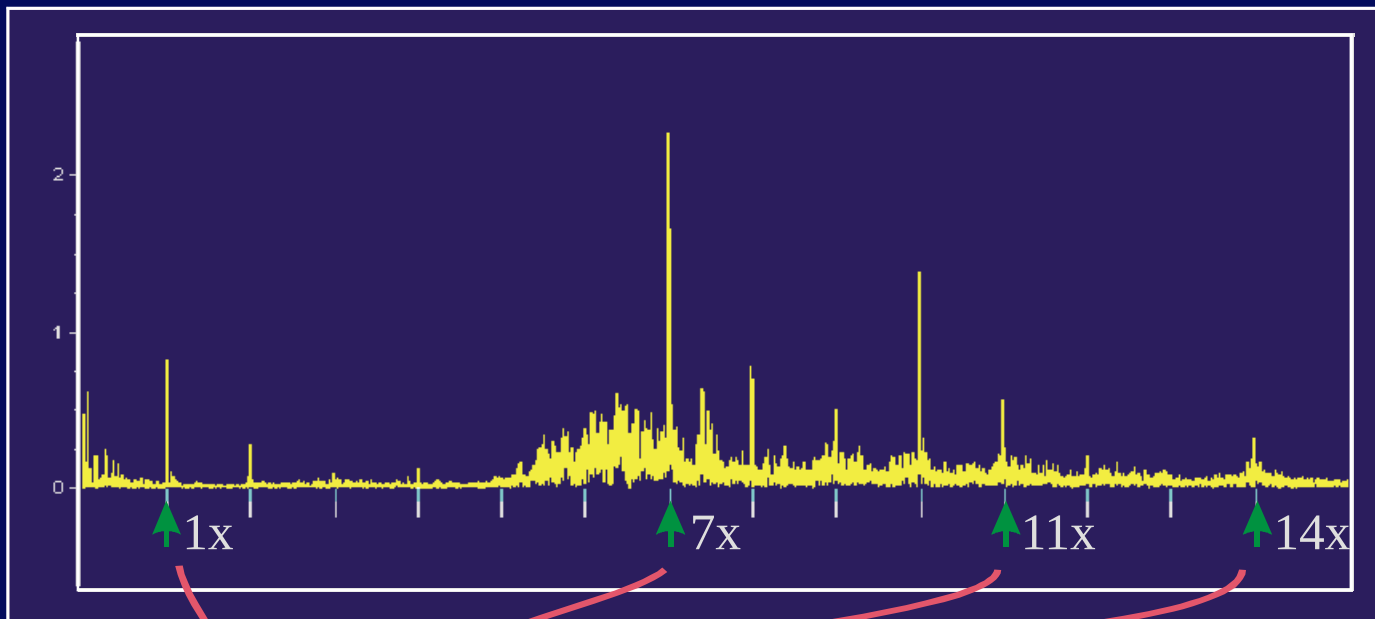
Se propuso un método para detectar la velocidad de giro en forma automática



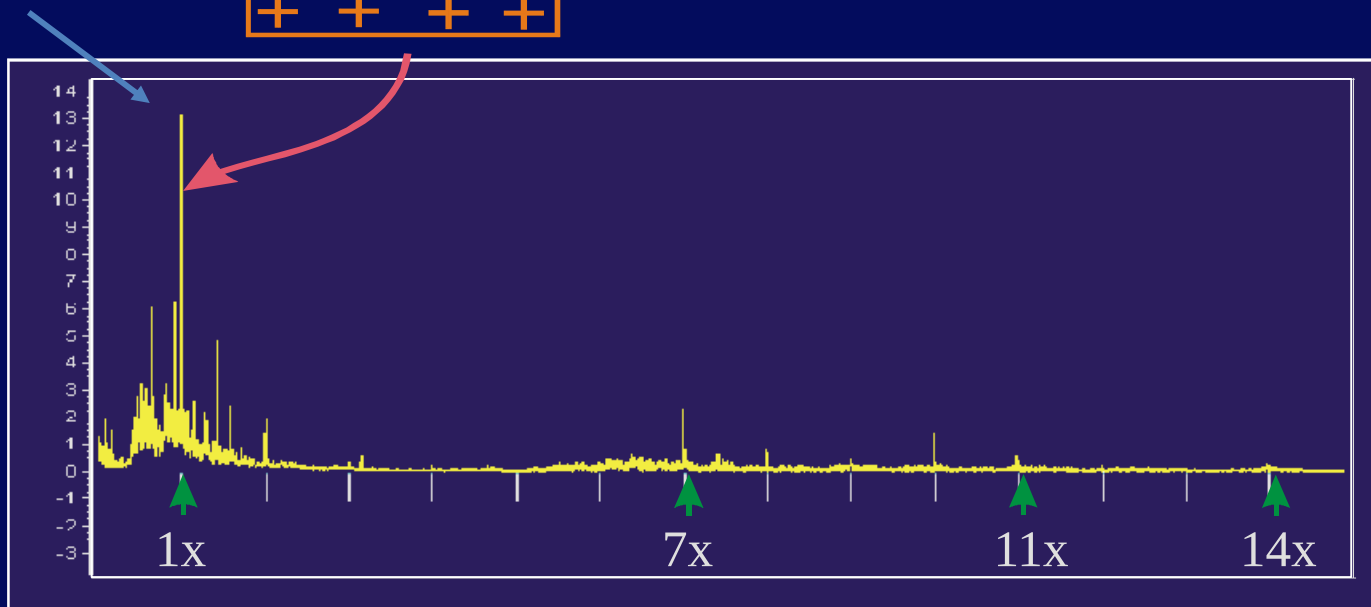
**CORRELACIÓN
ARMÓNICA**

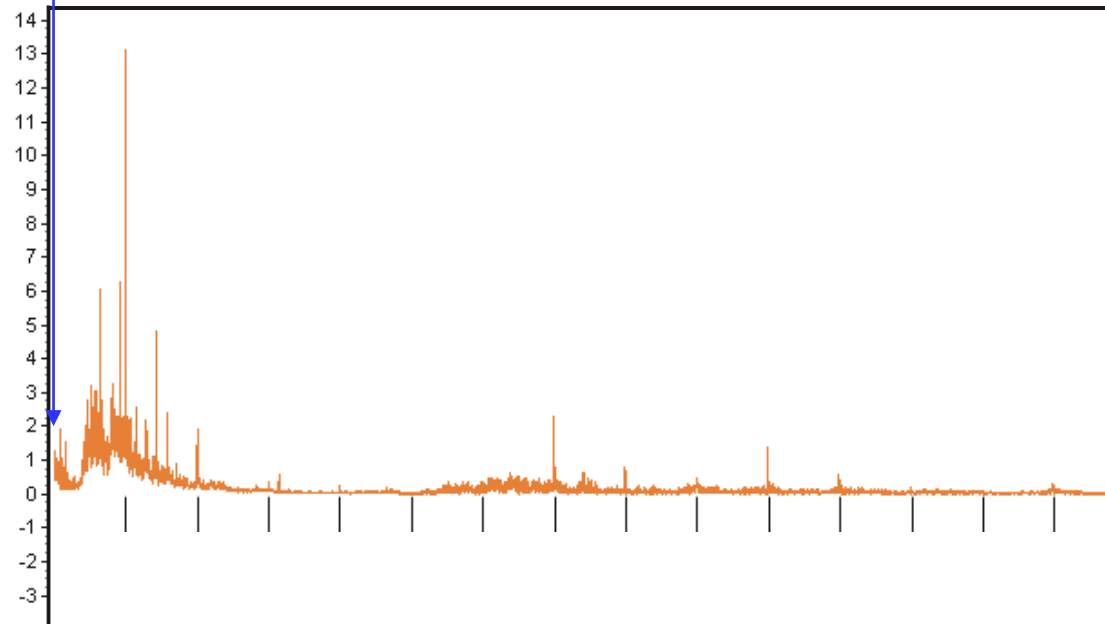
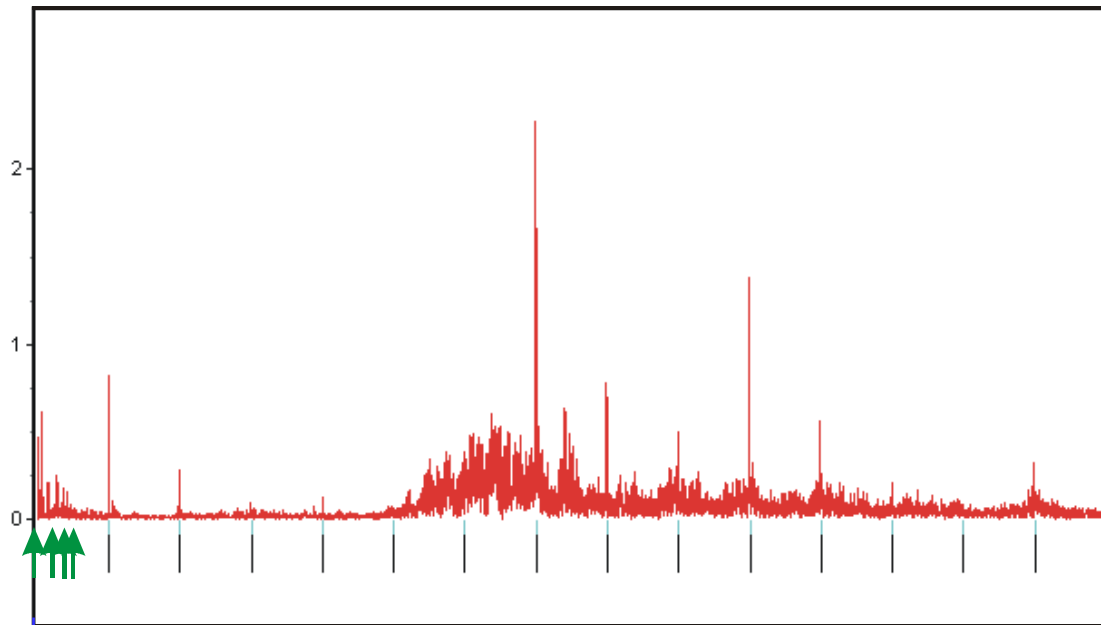
Espectro de la aceleración medida en la carcasa del turbo compresor

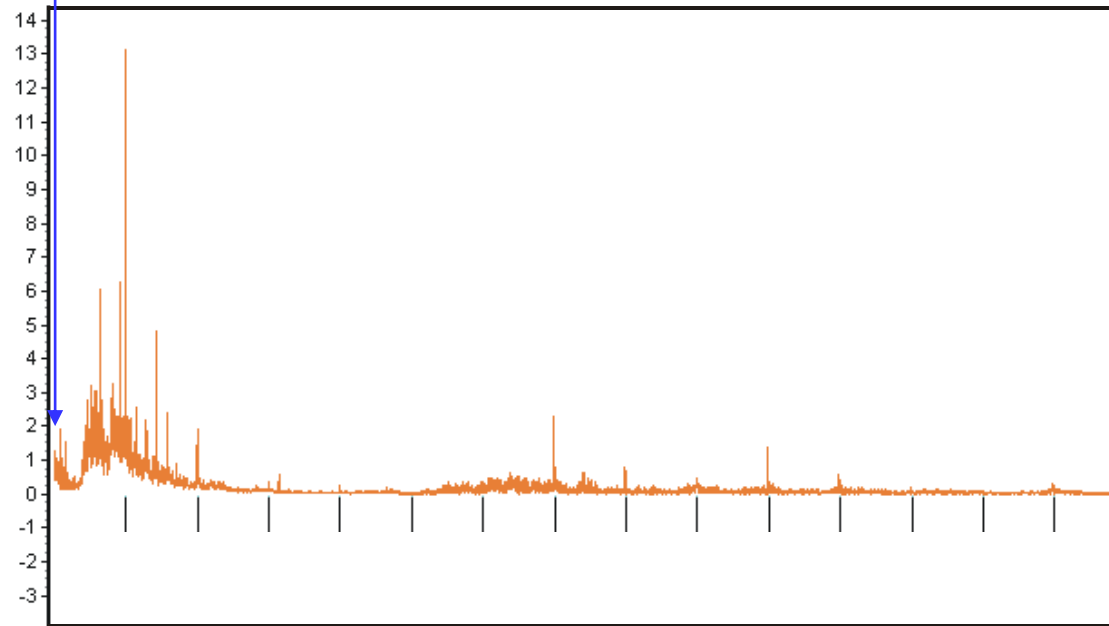
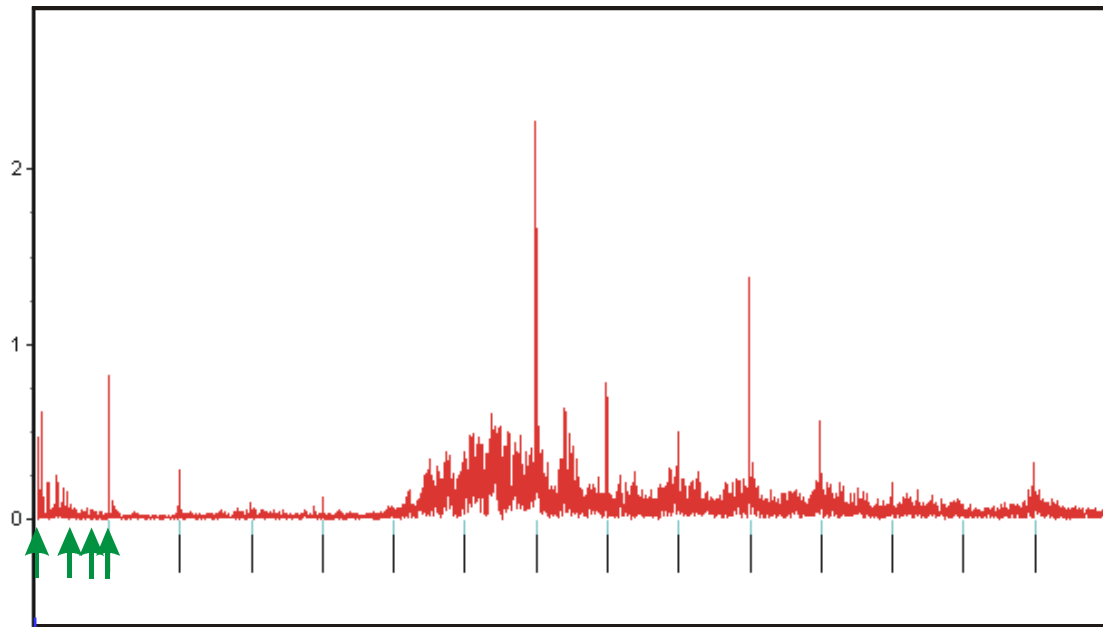


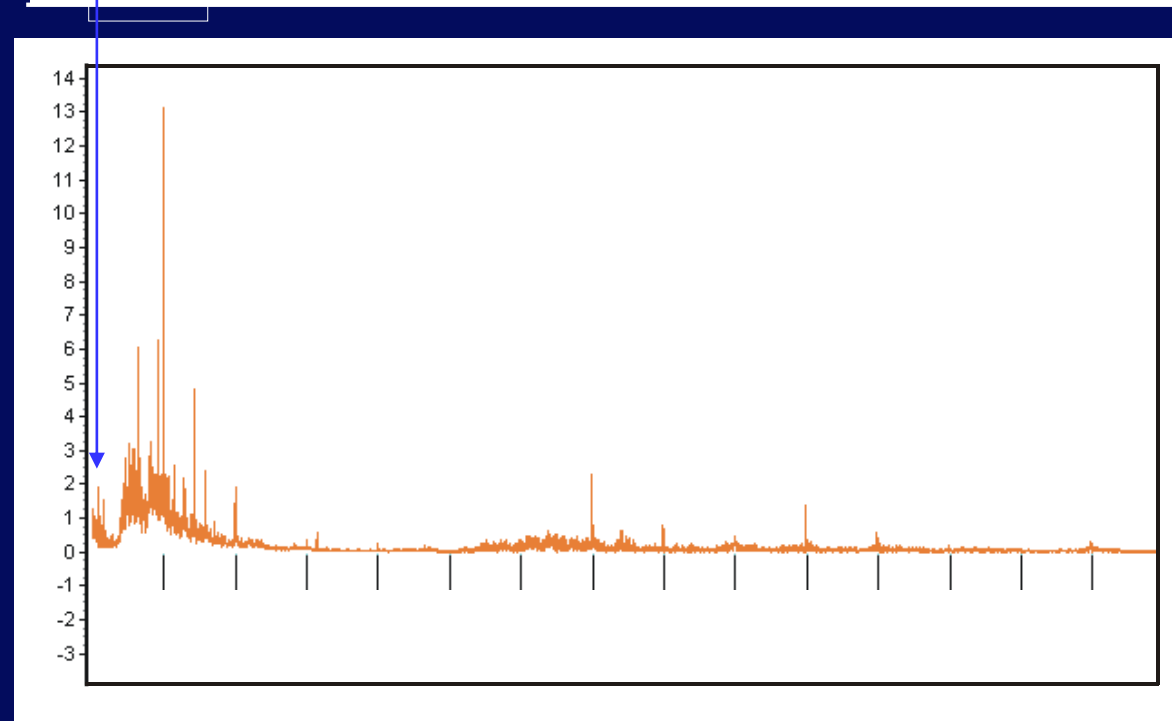
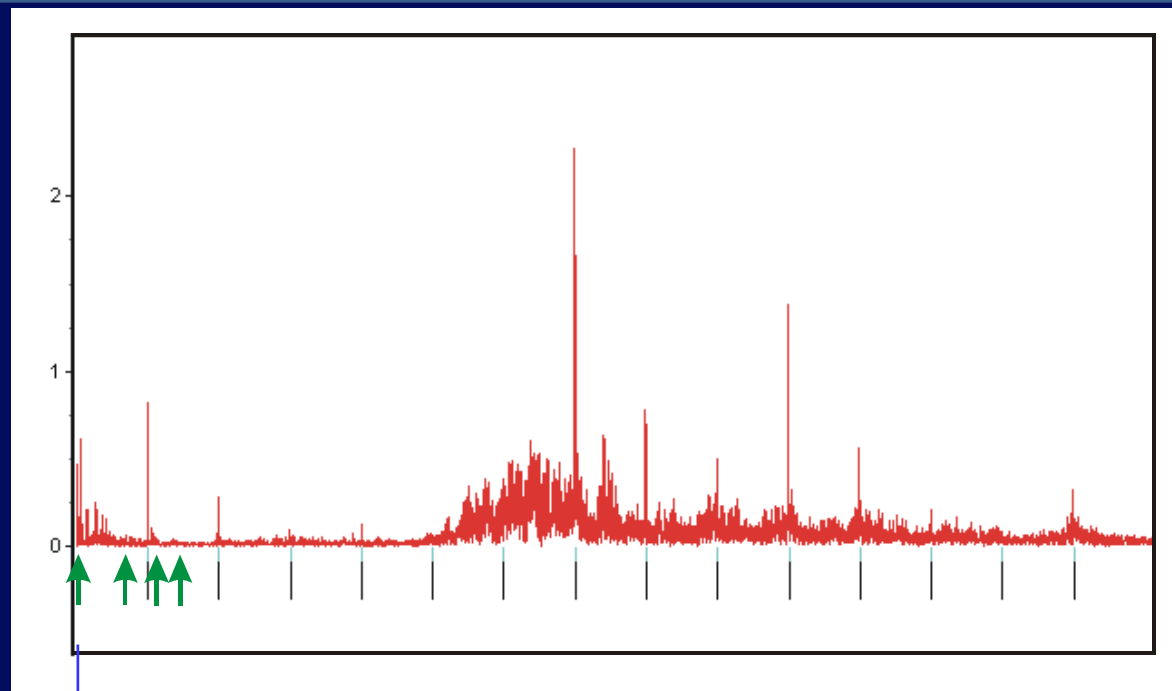


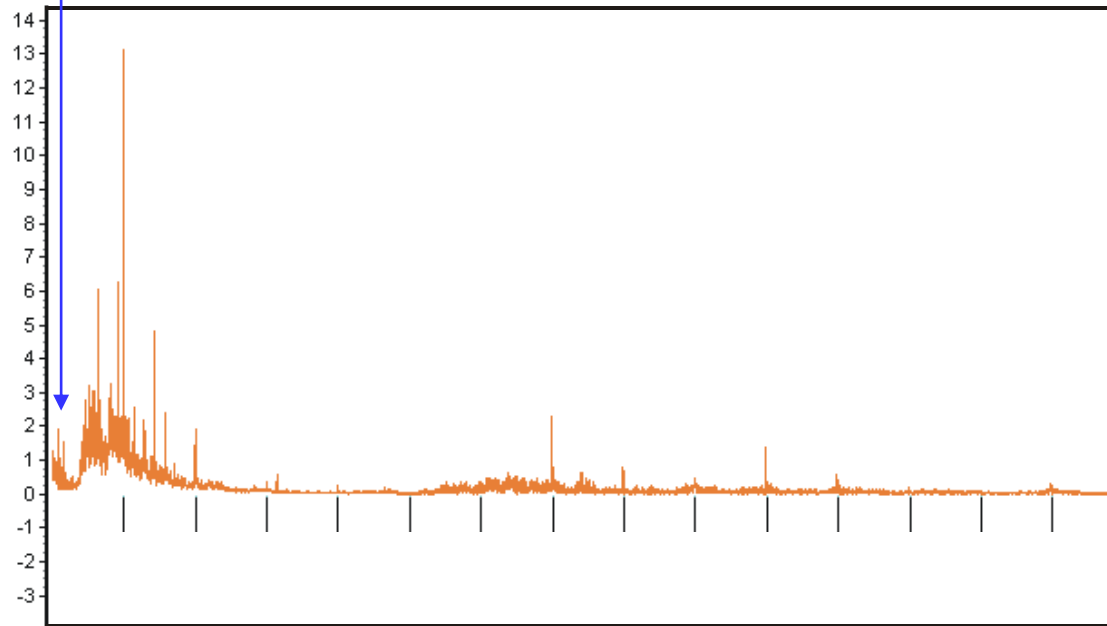
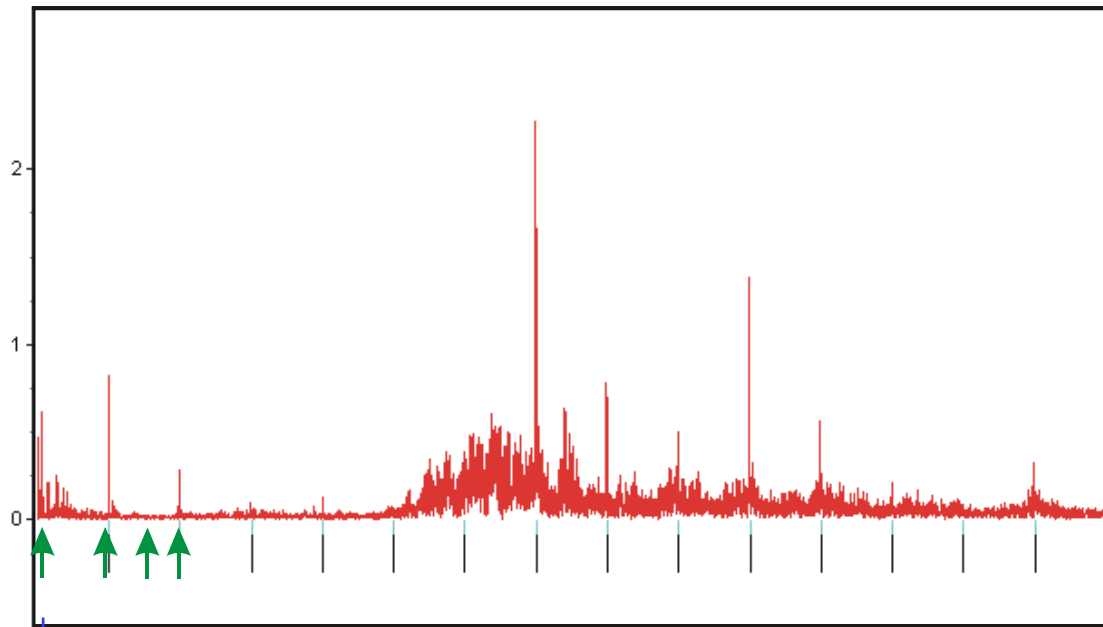
RPM

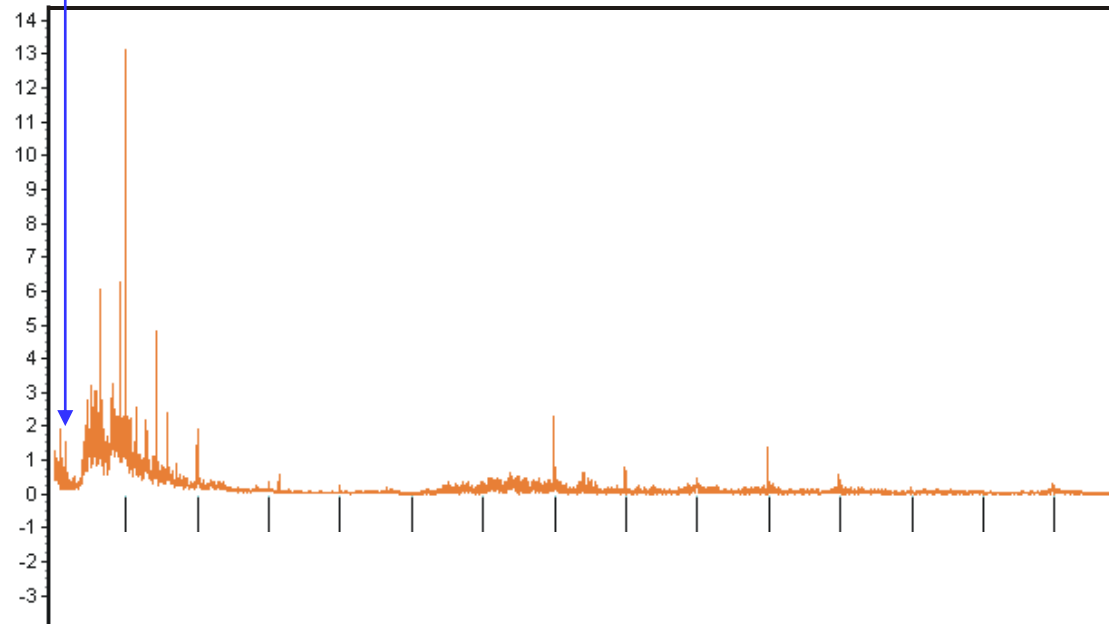
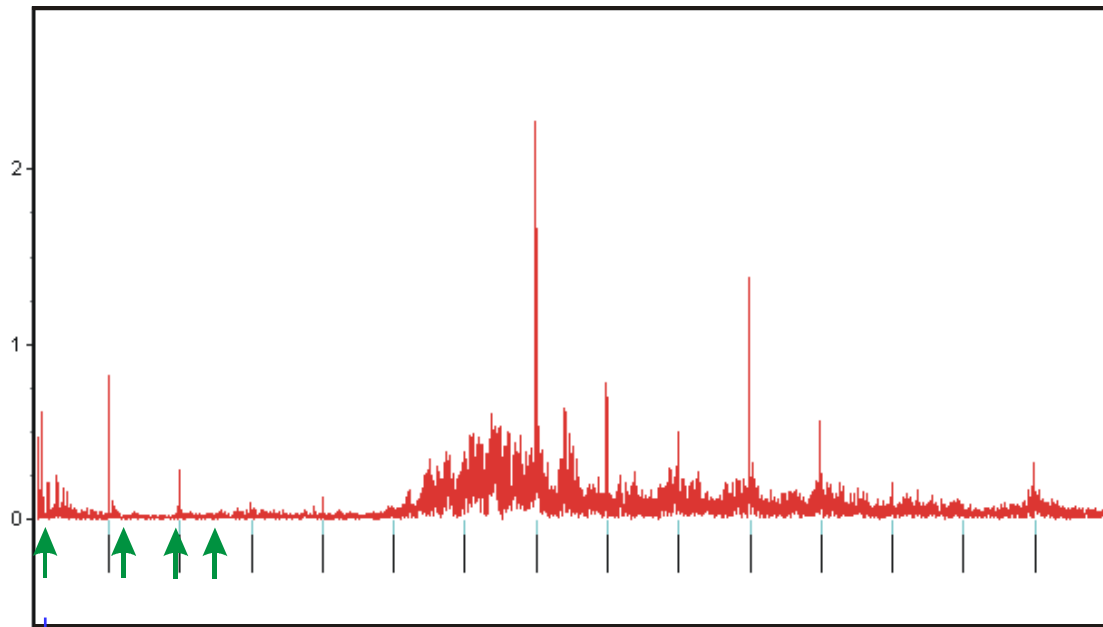


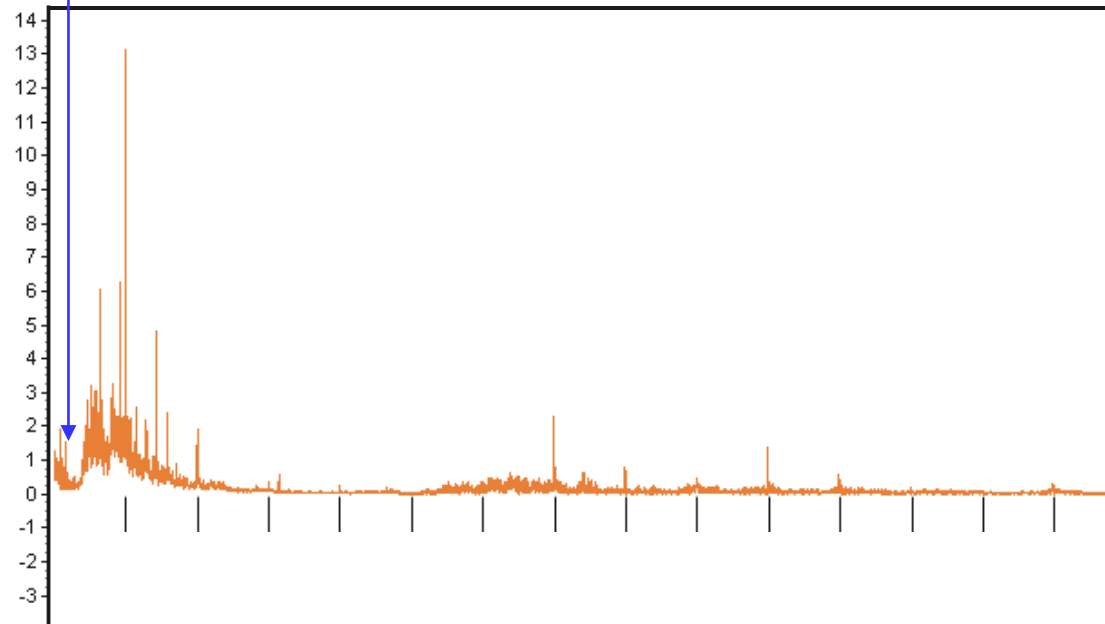
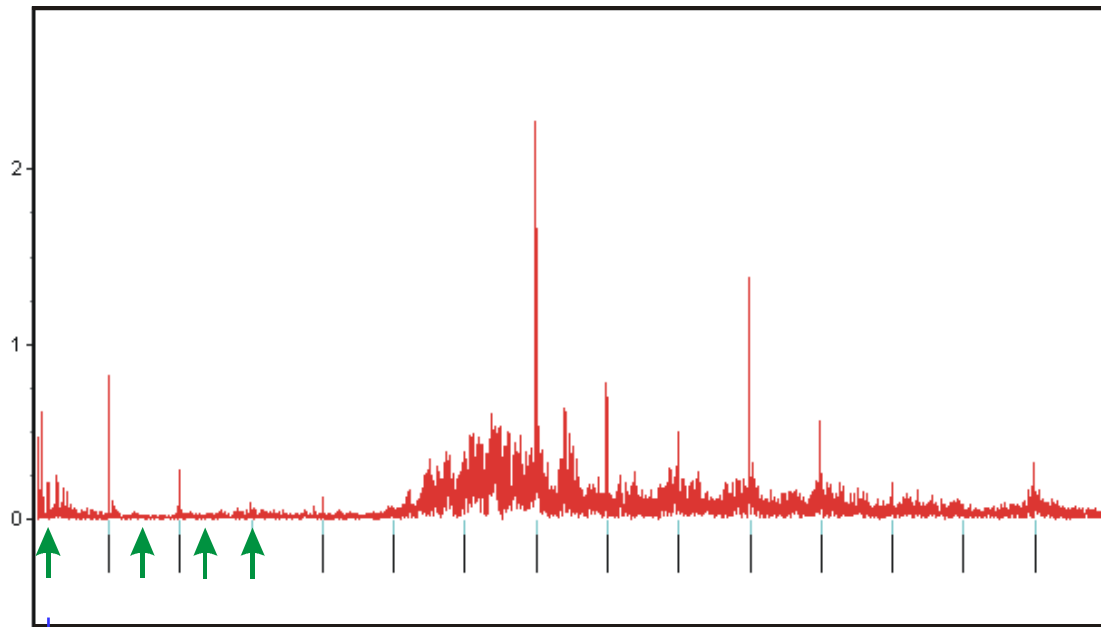


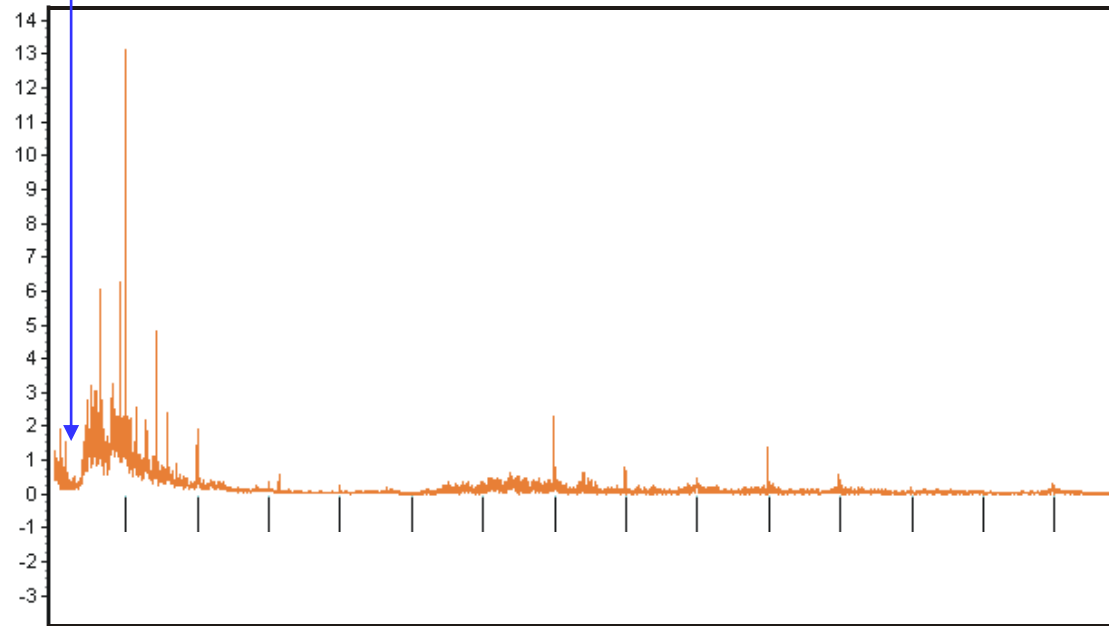
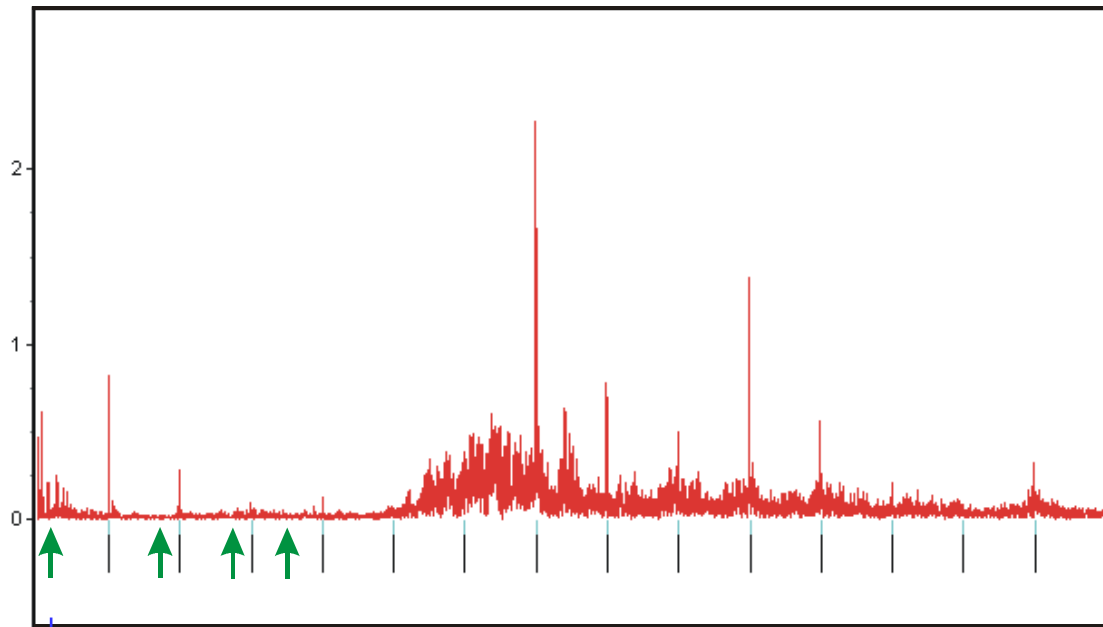


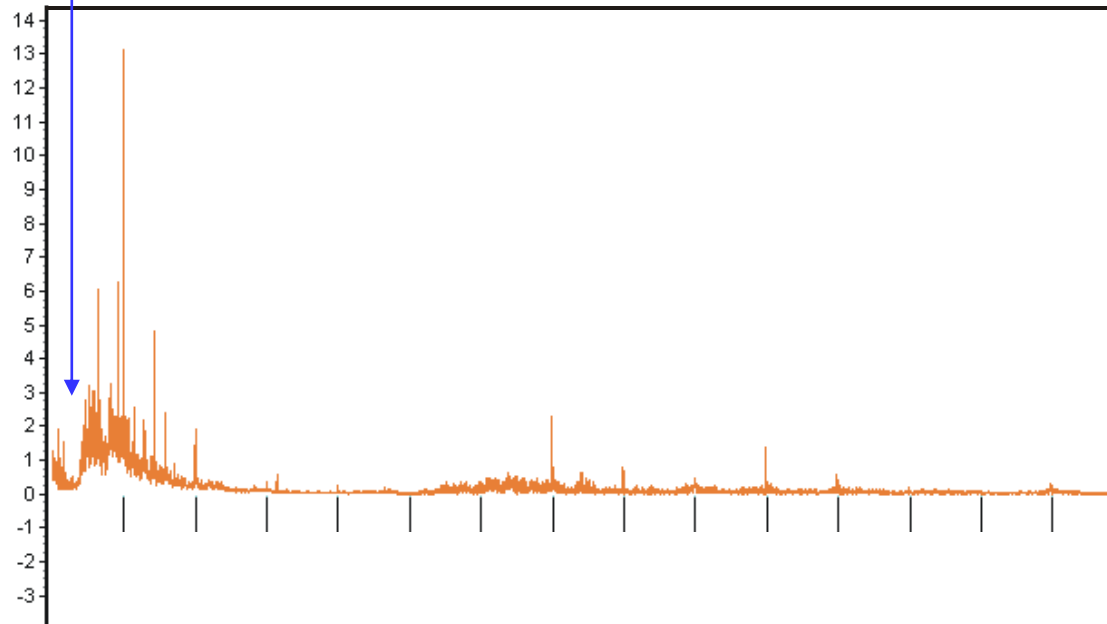
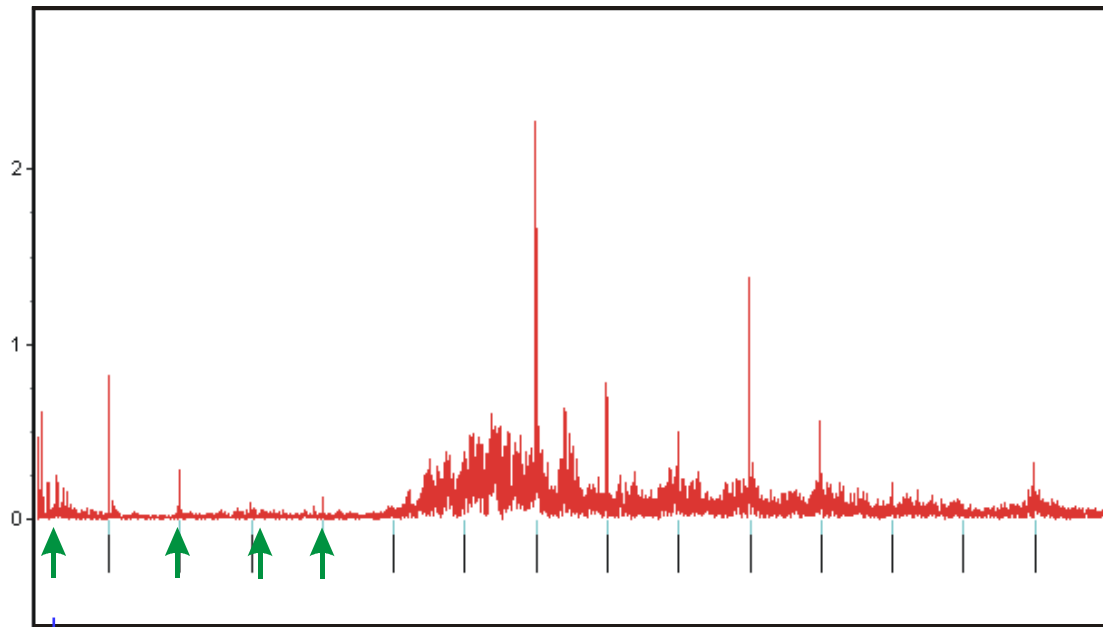


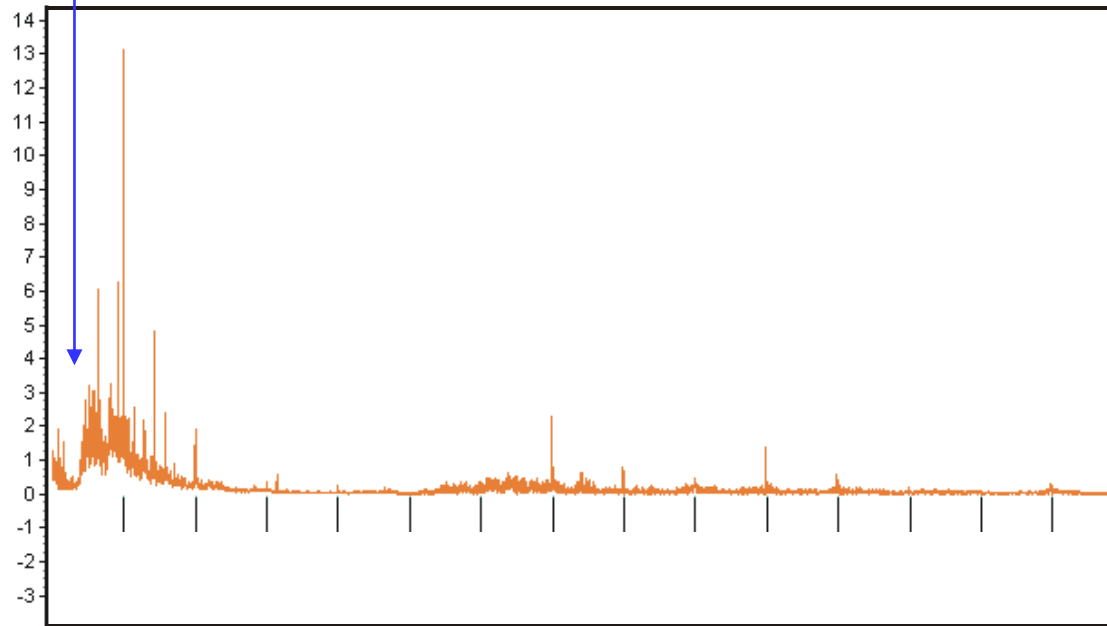
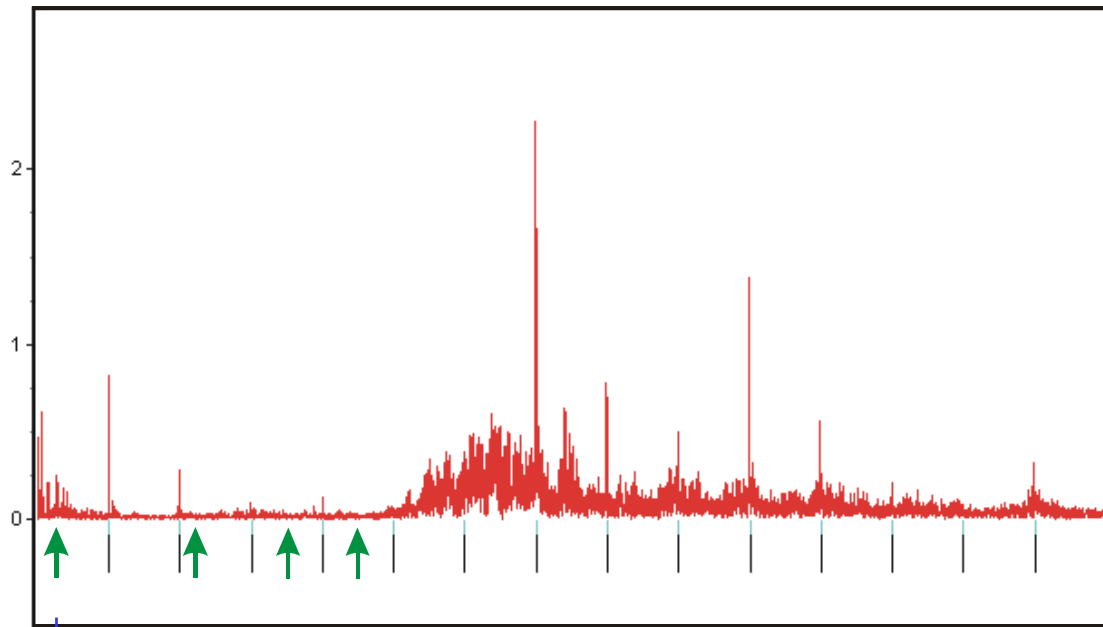


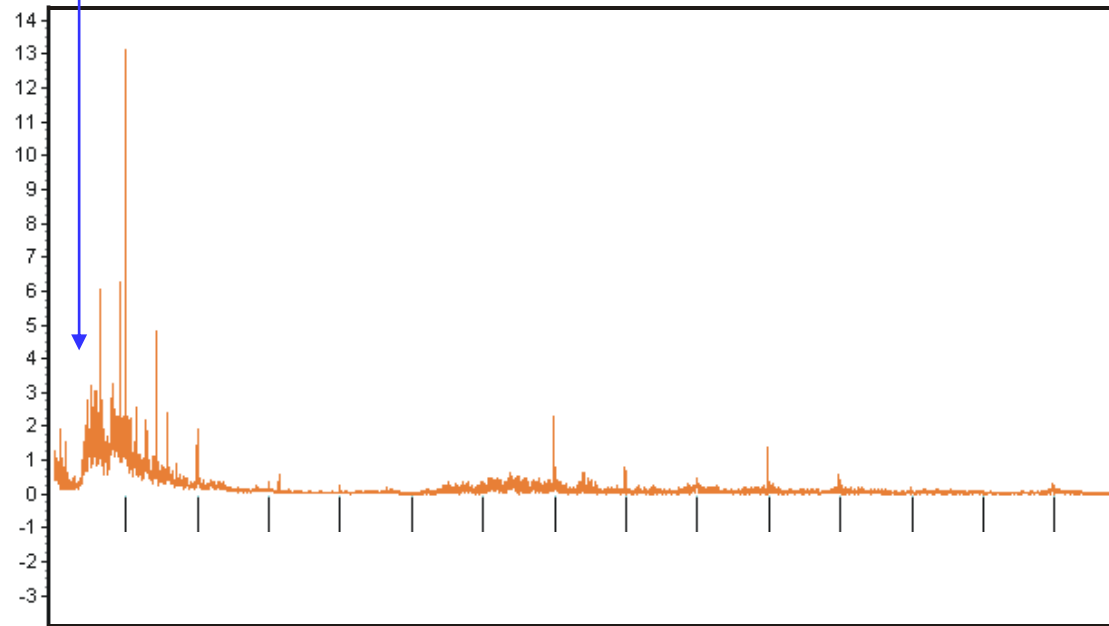
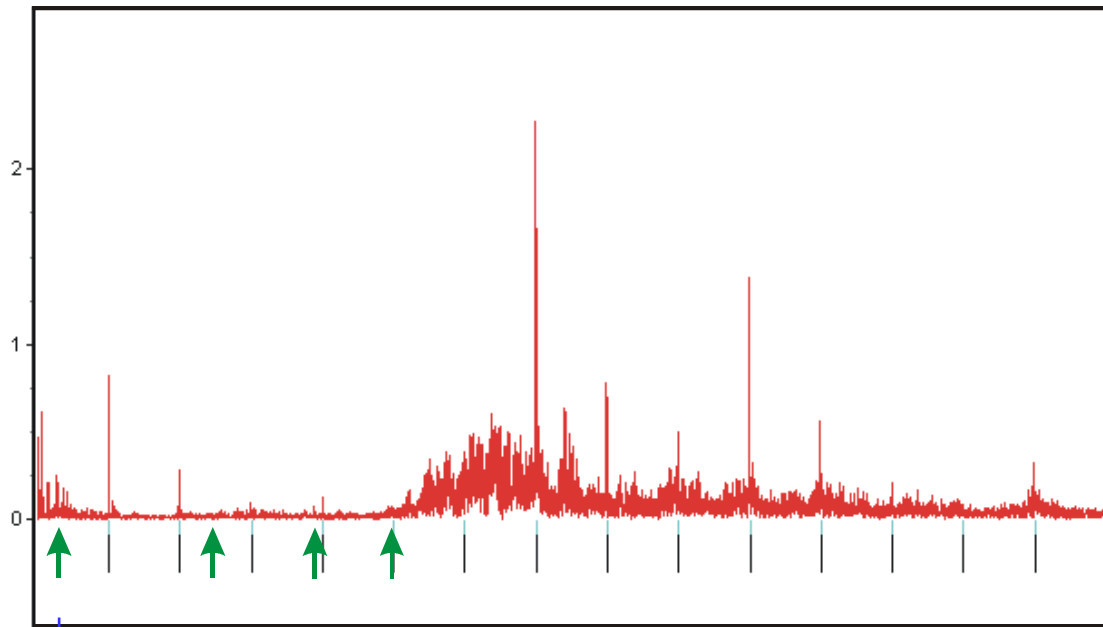


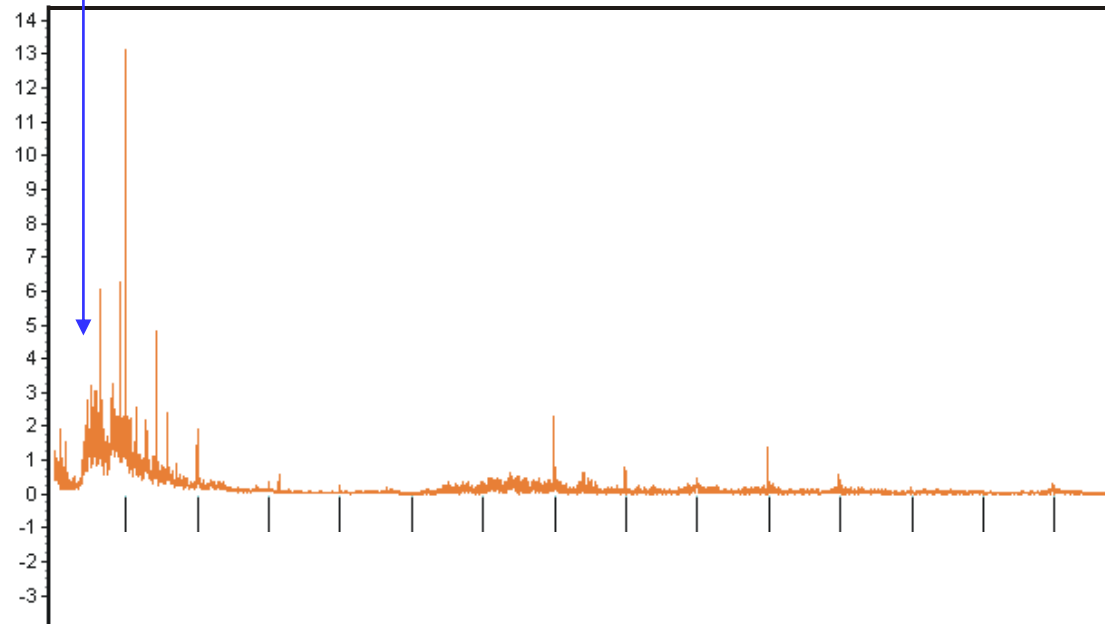
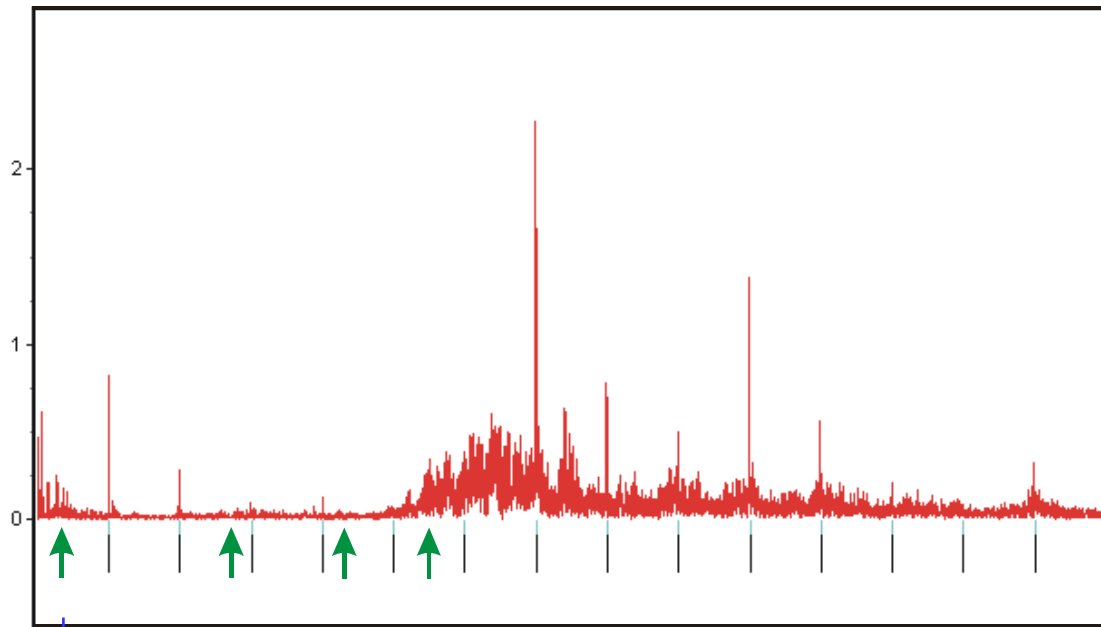


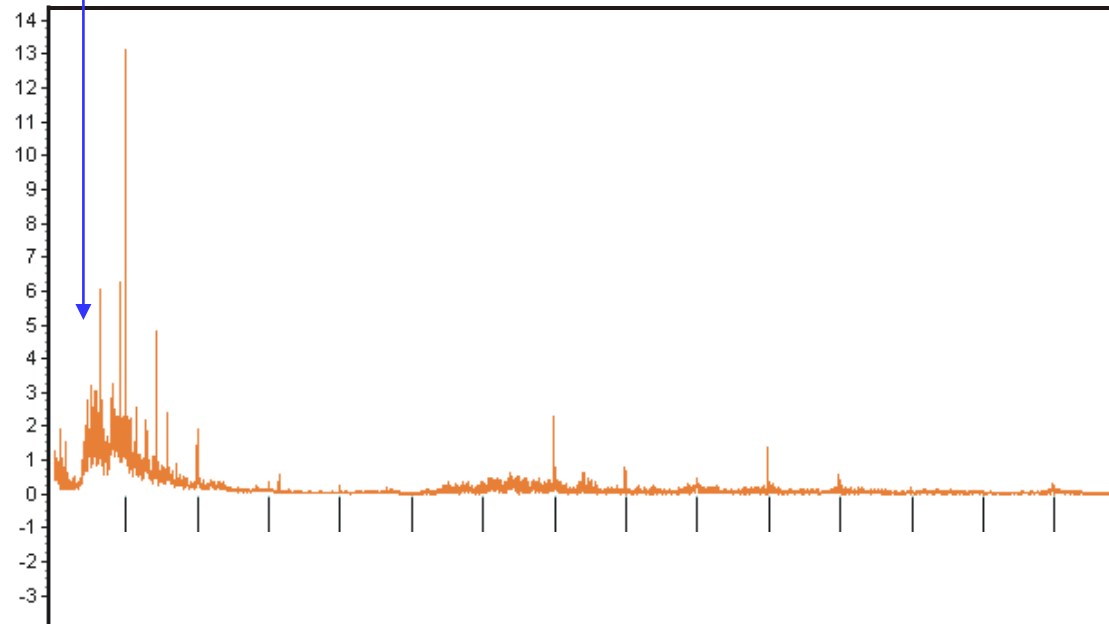
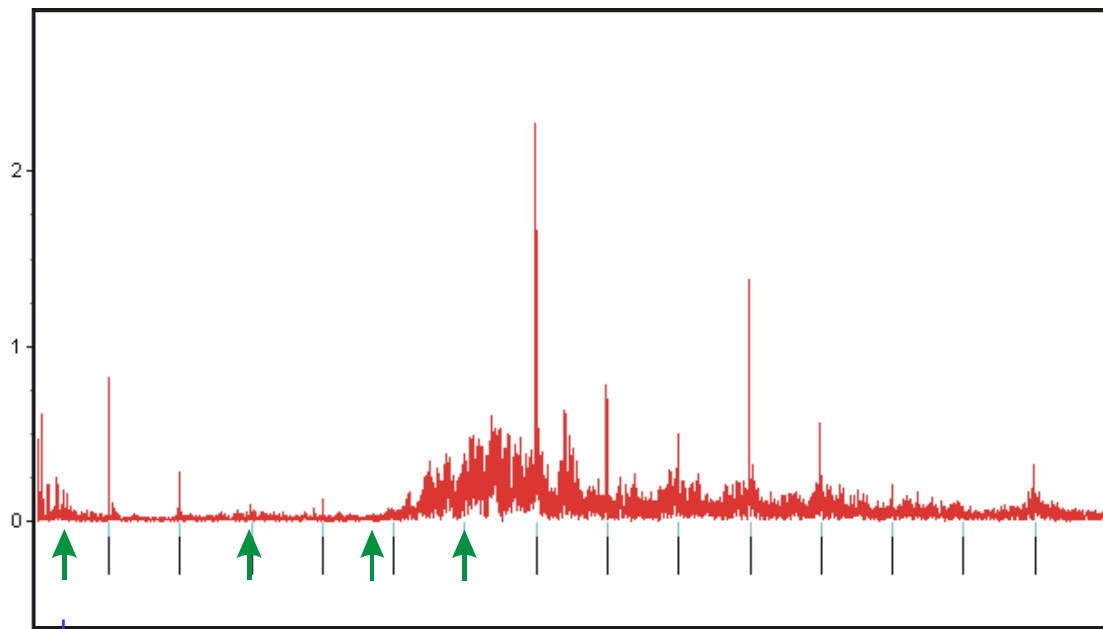


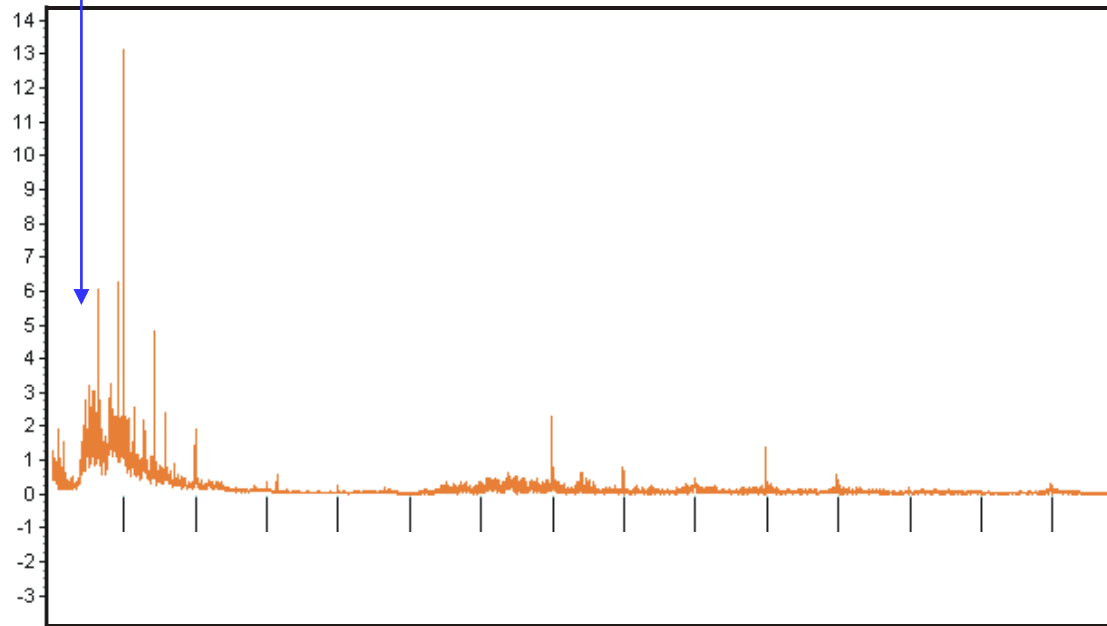
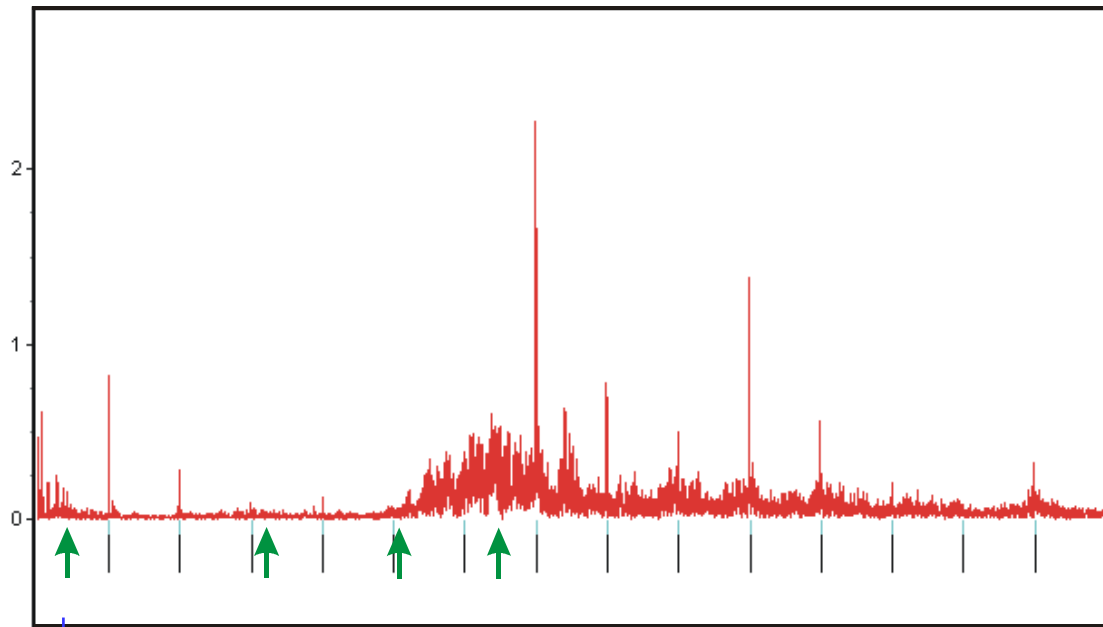


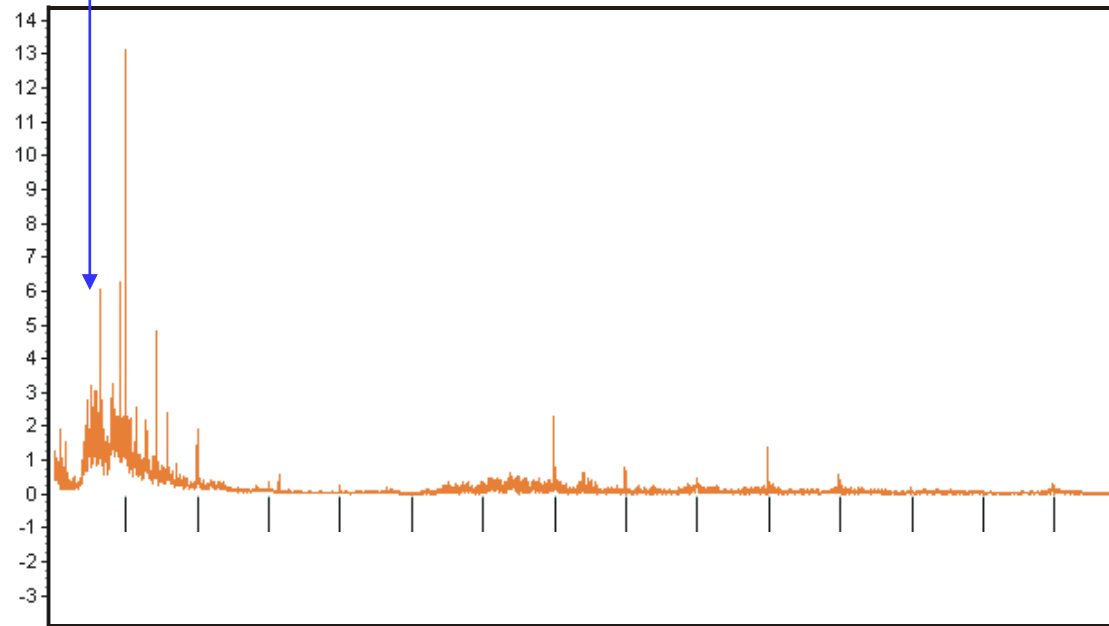
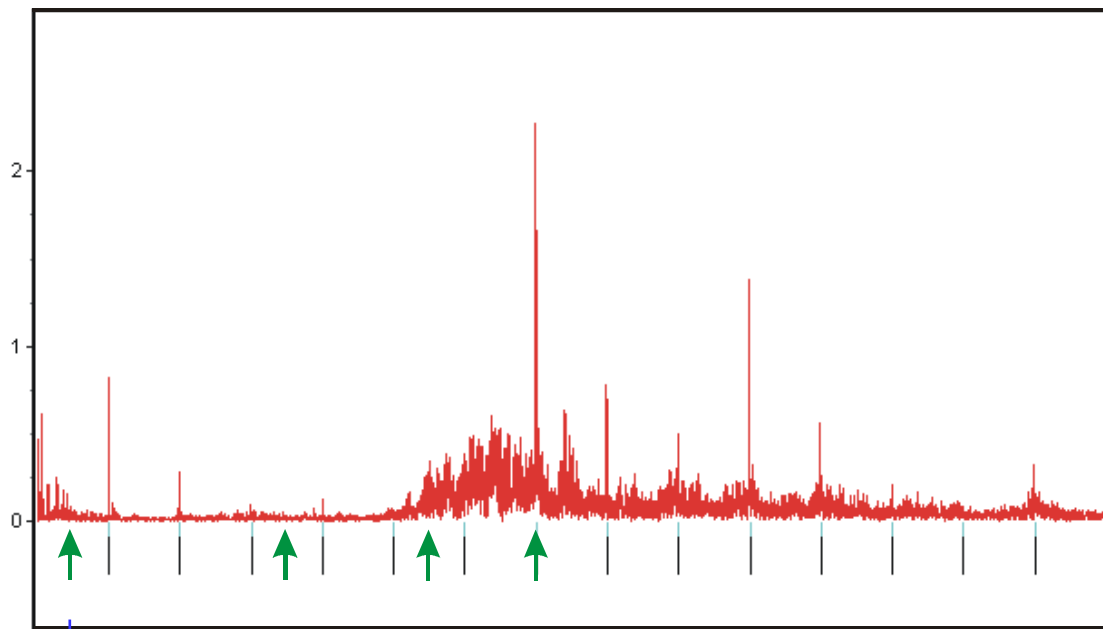


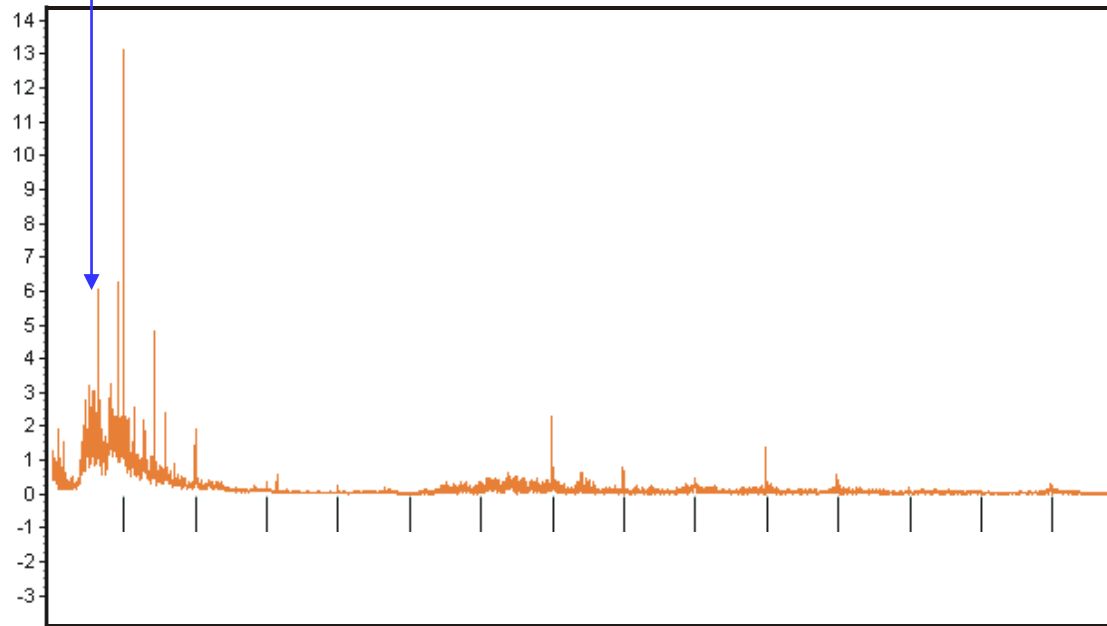
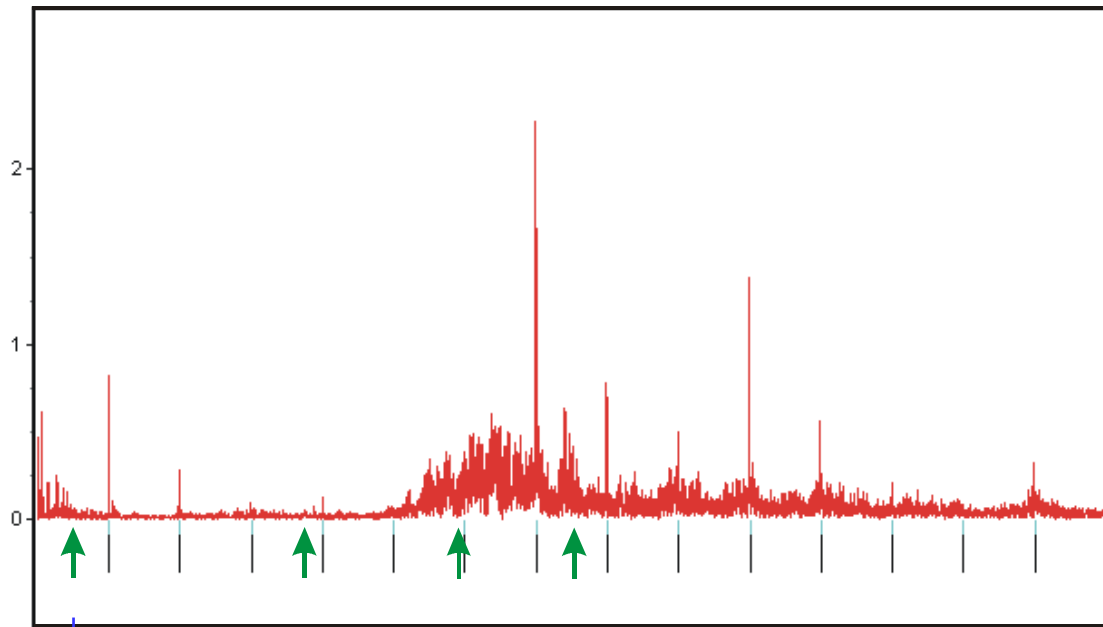


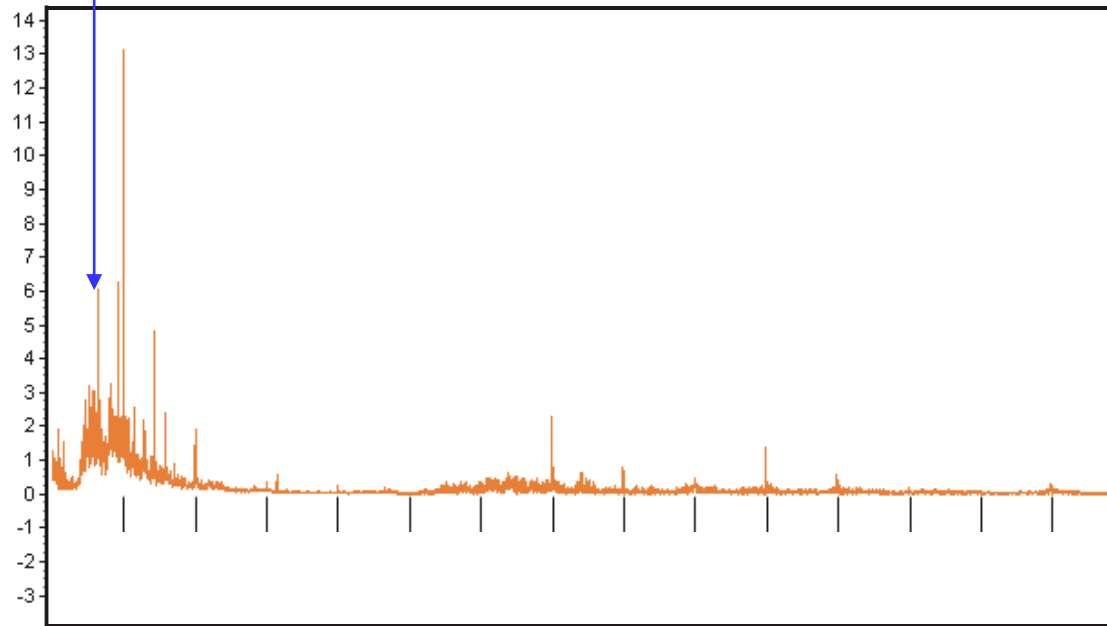
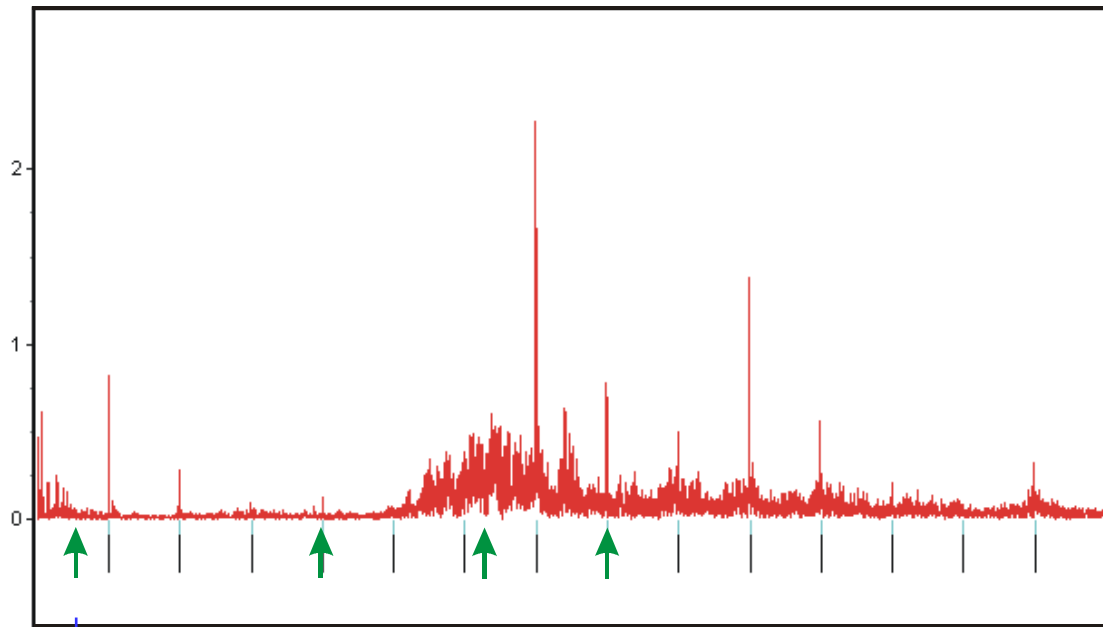


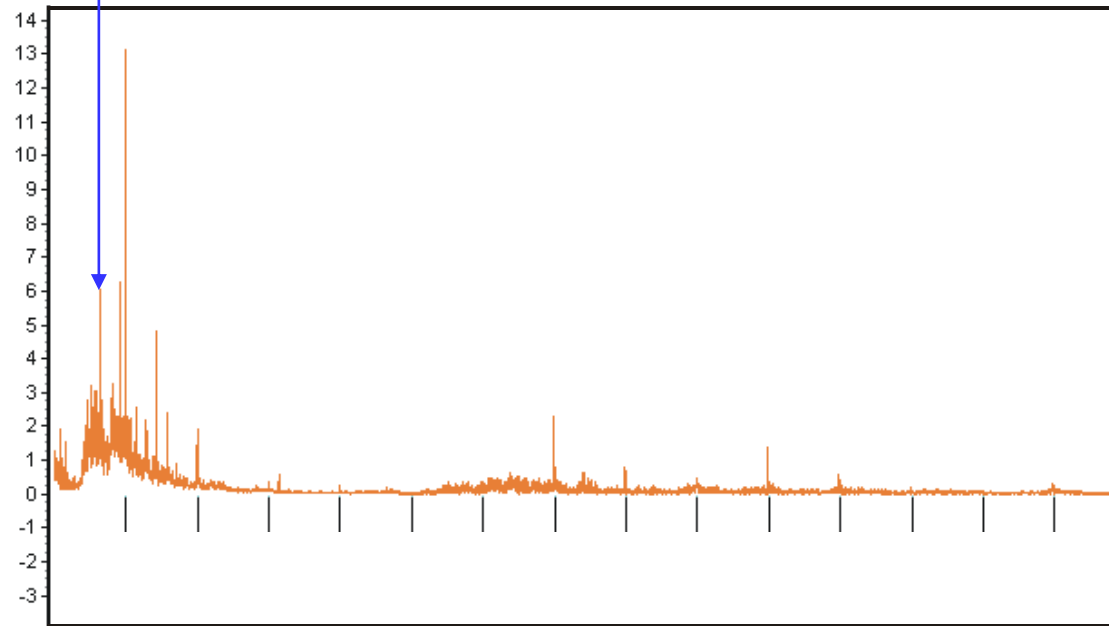
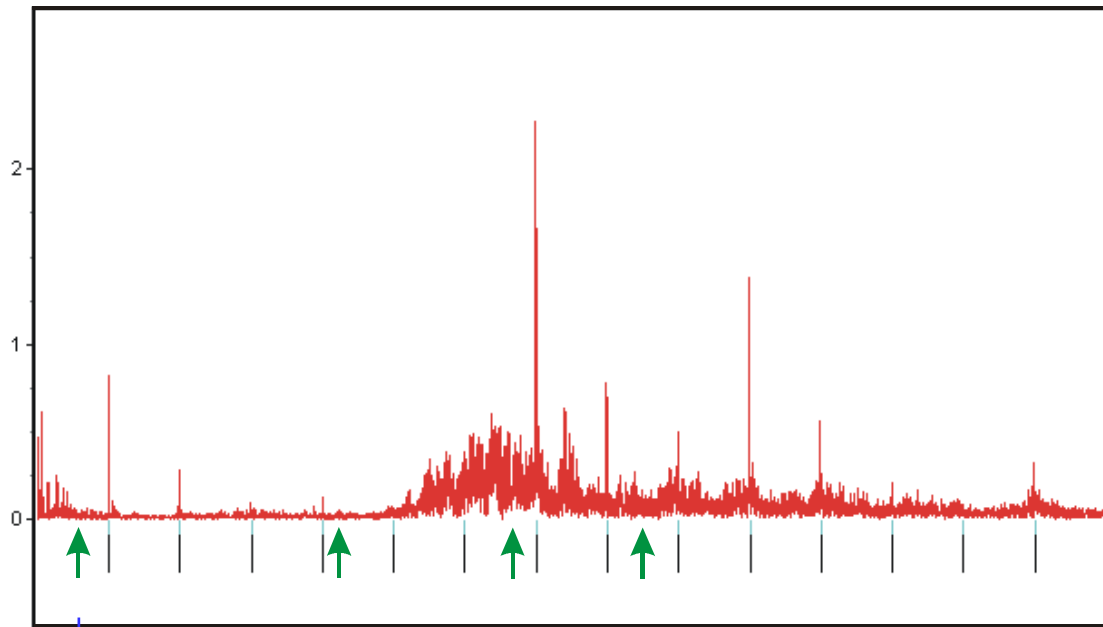


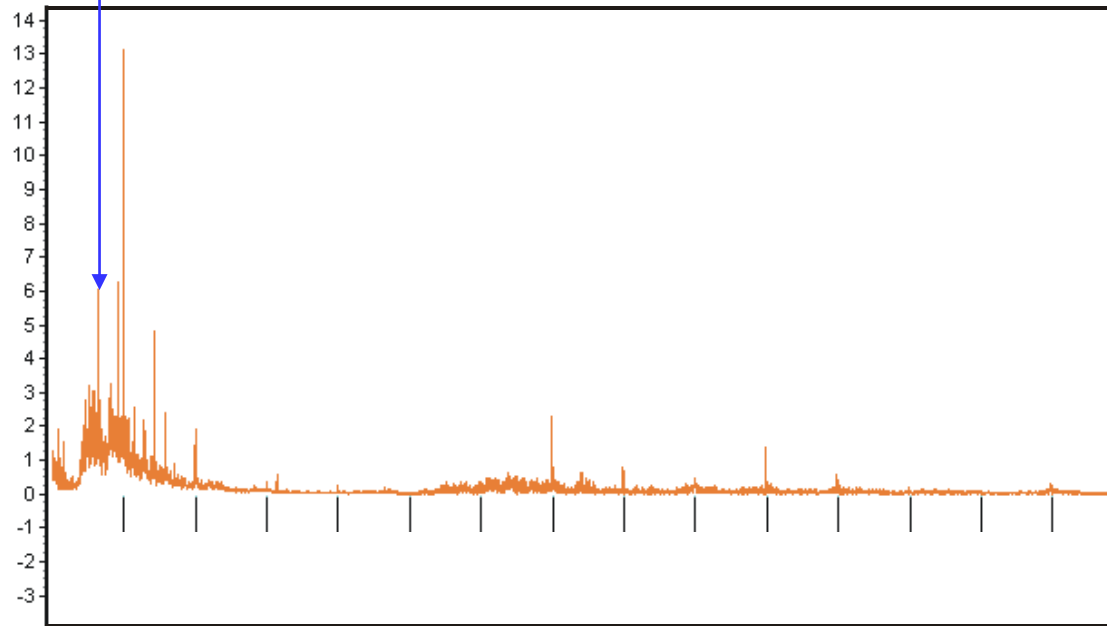
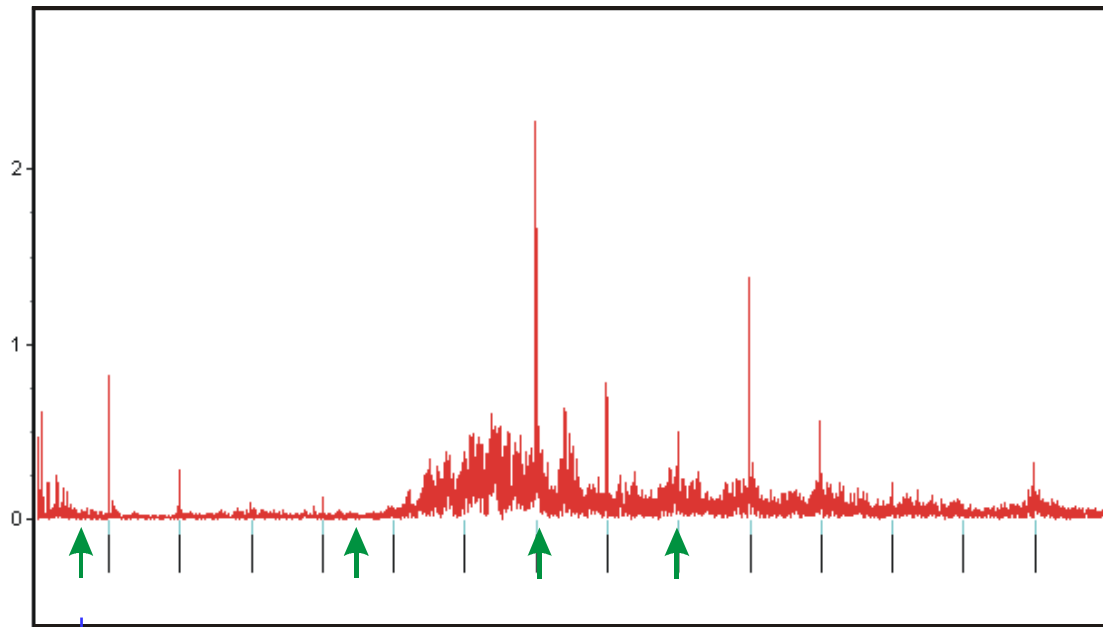


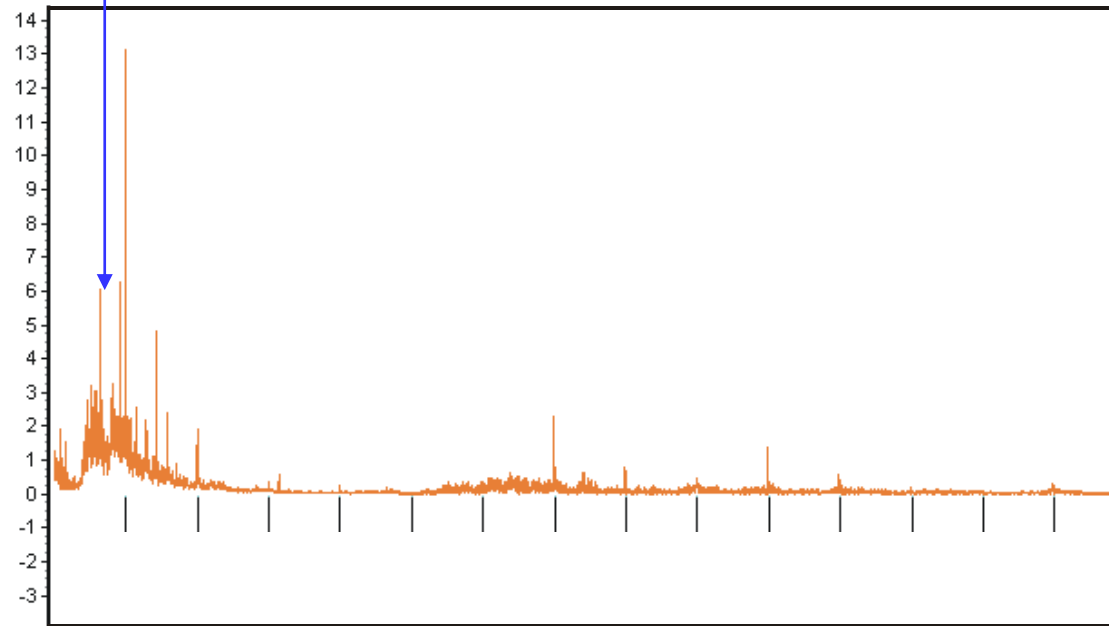
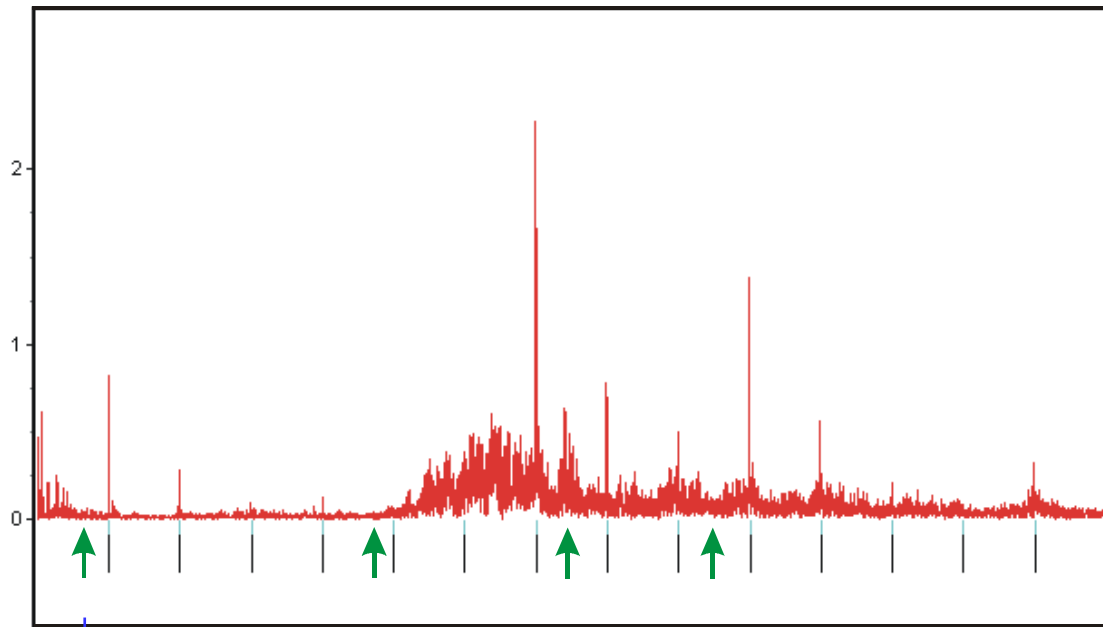


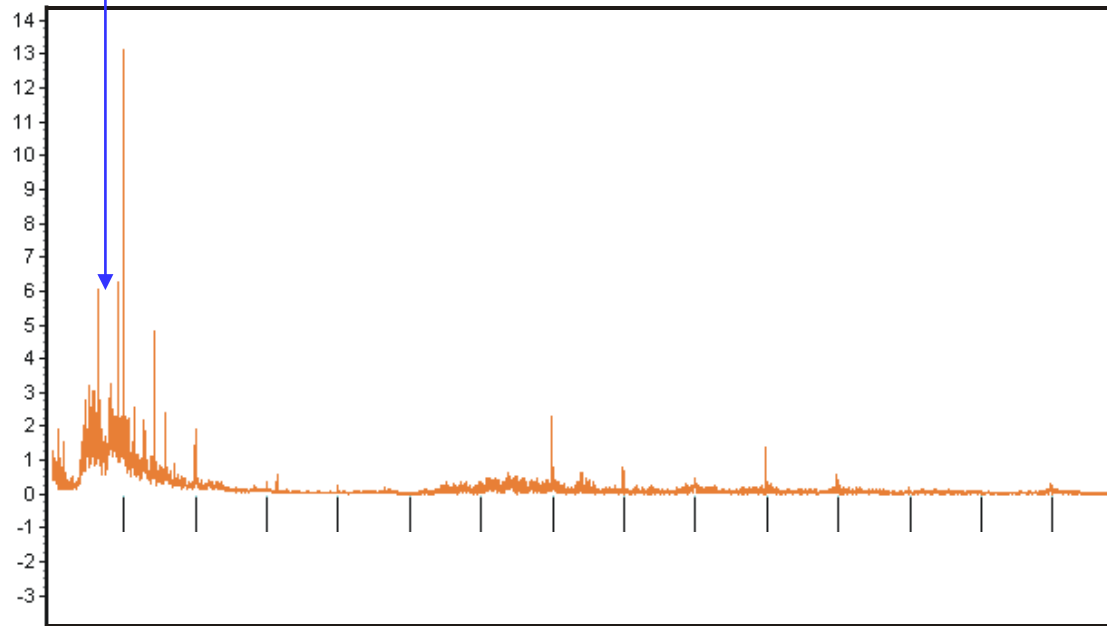
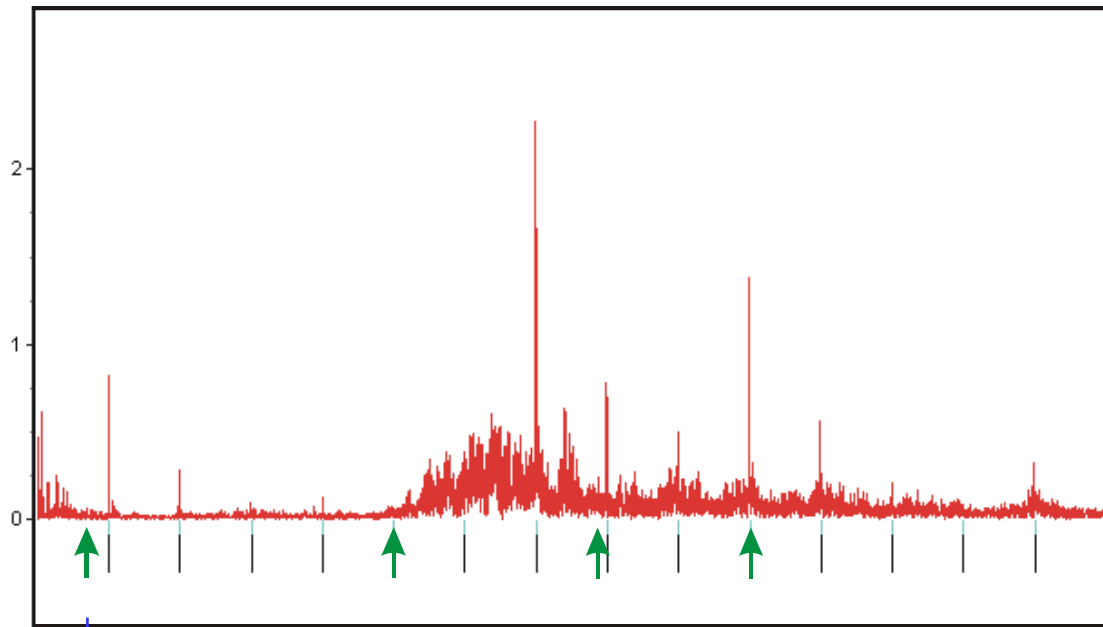


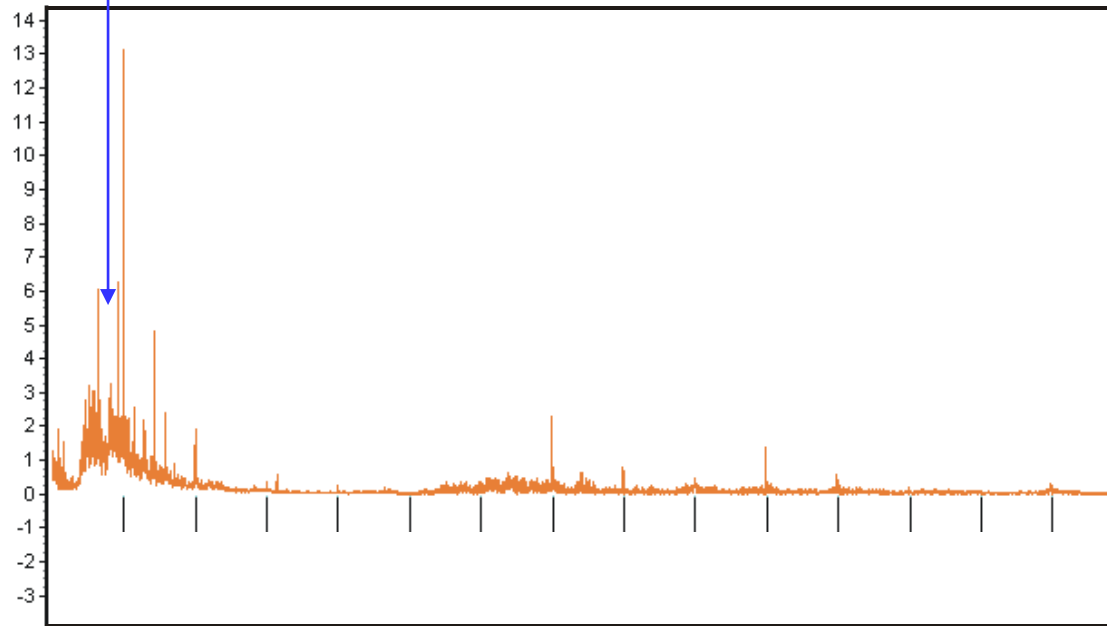
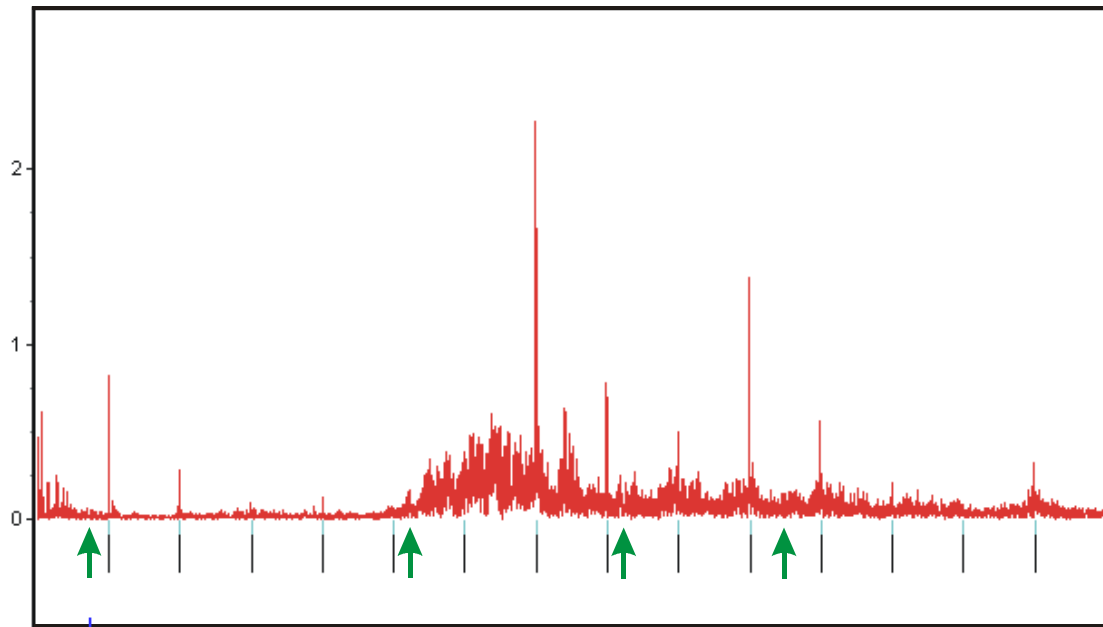


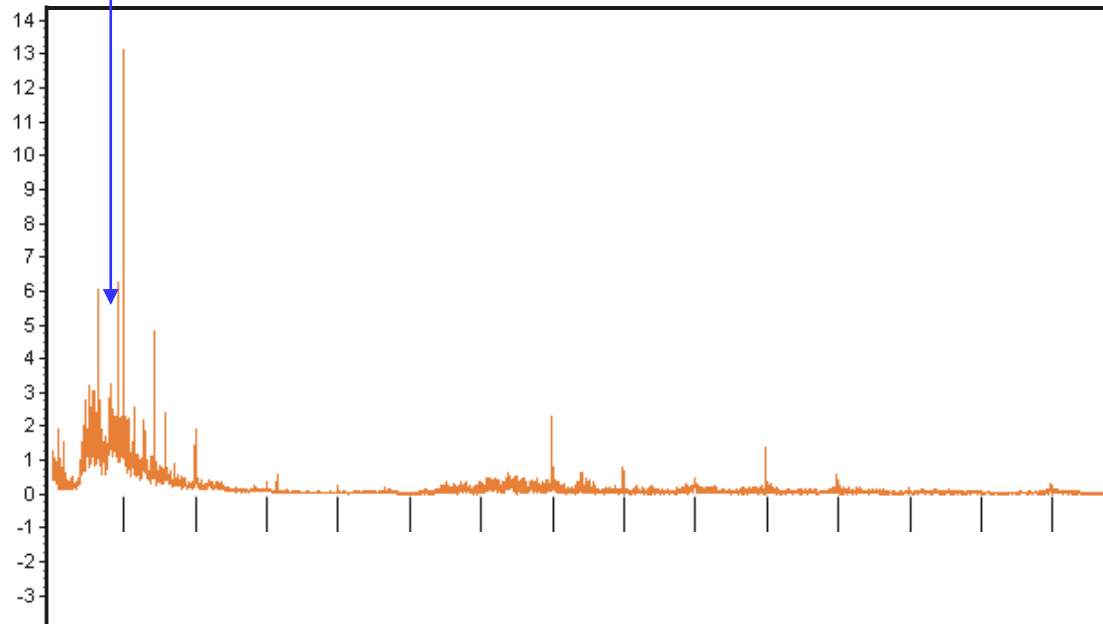
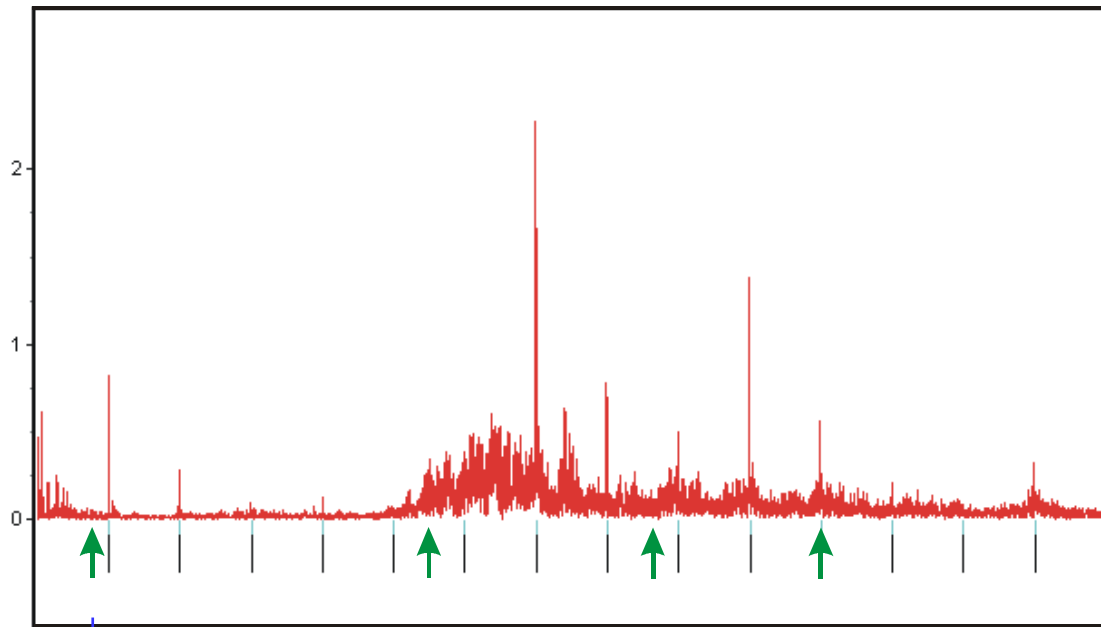


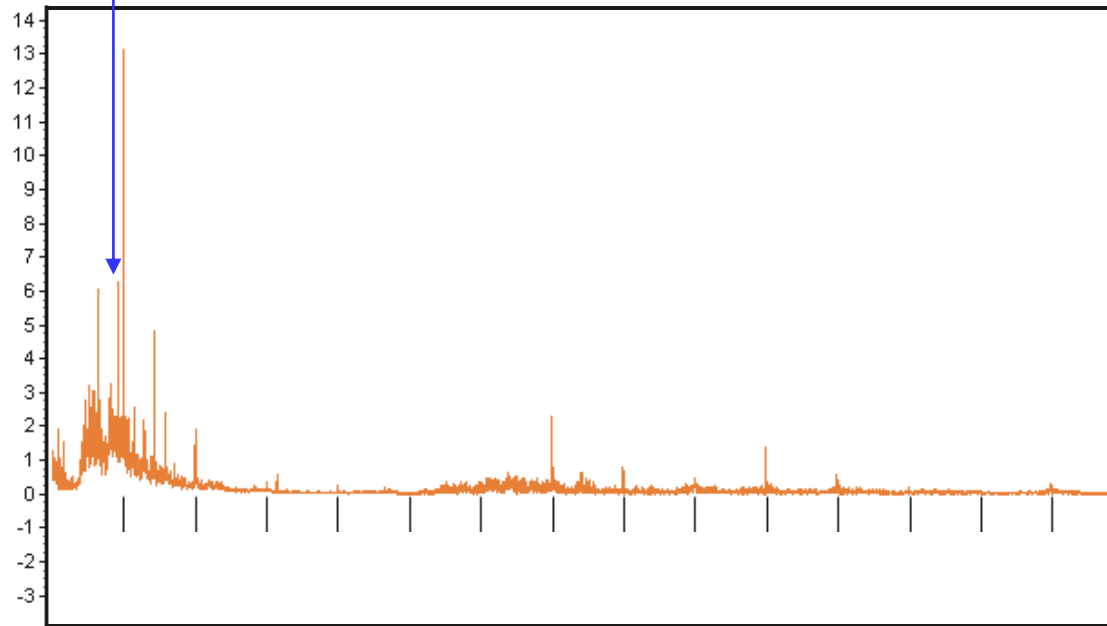
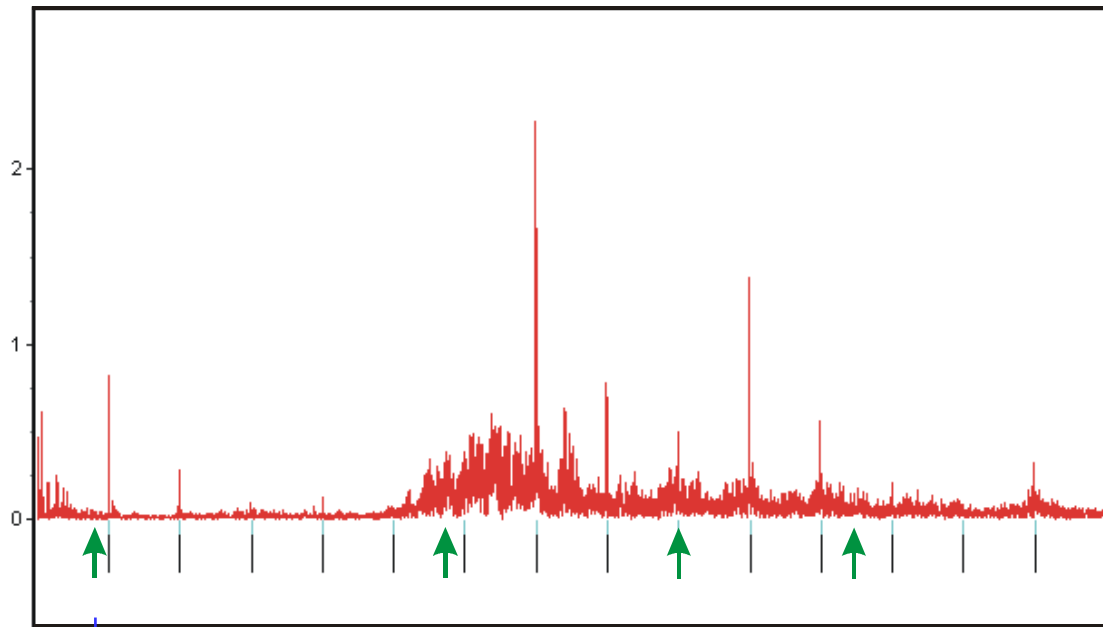


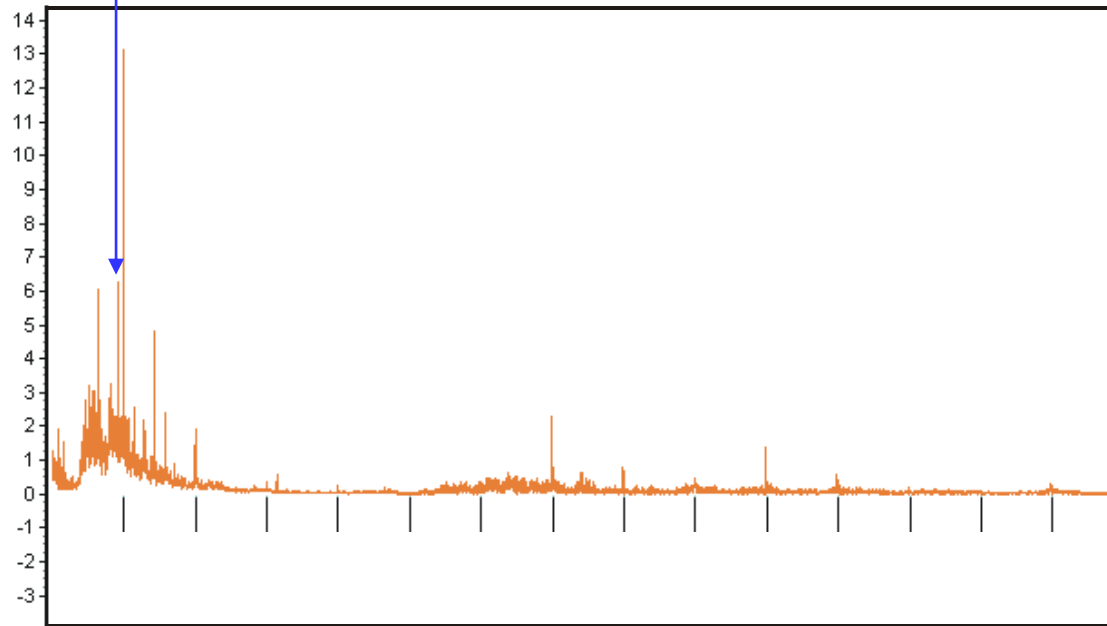
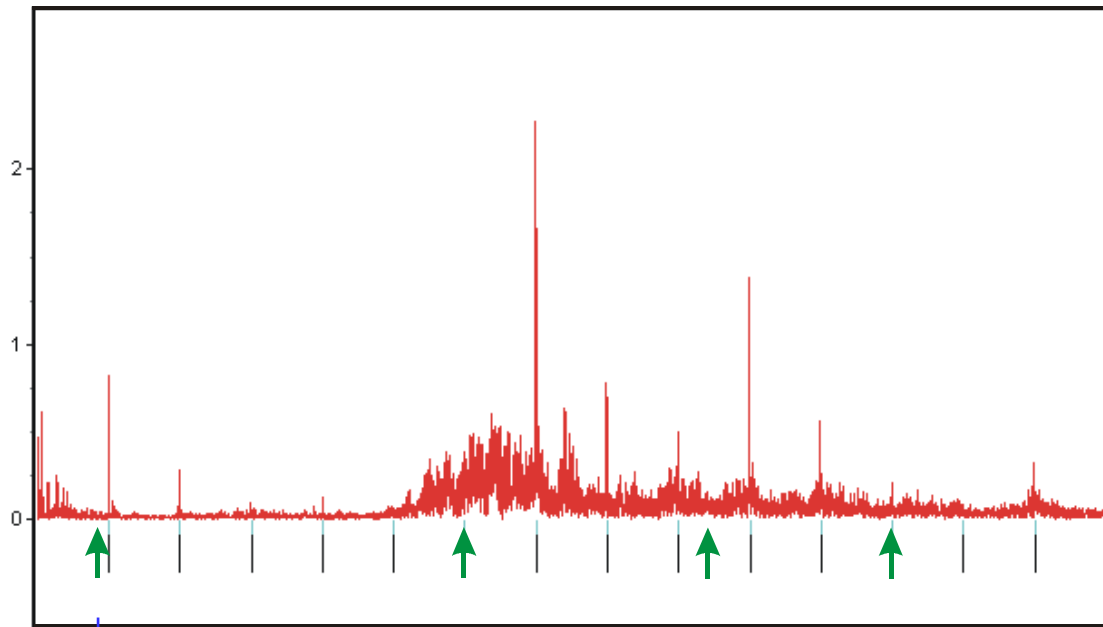


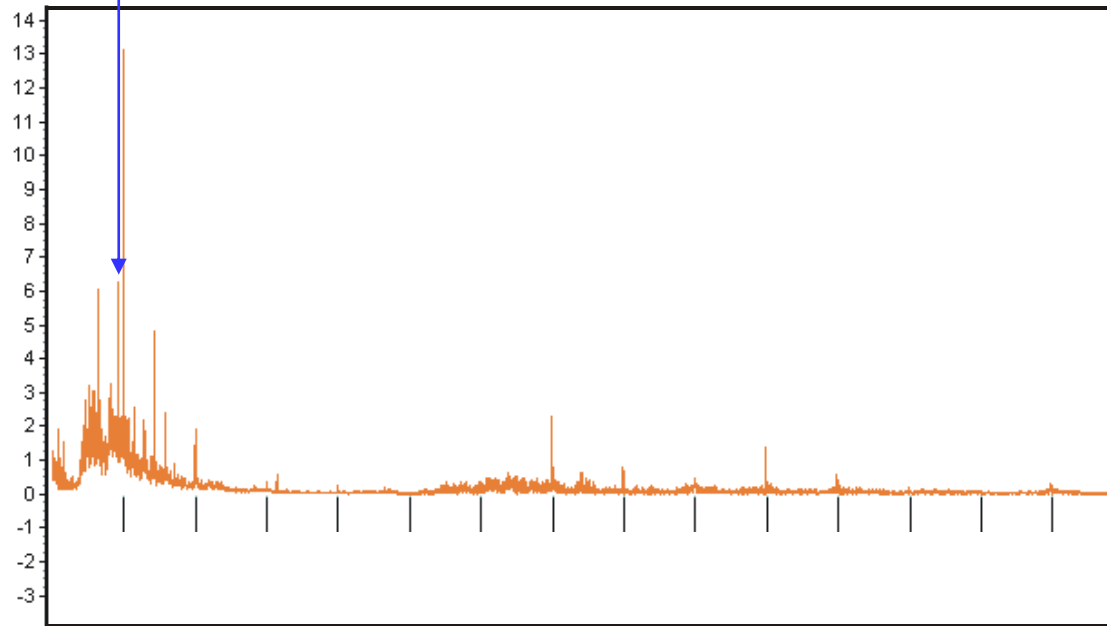
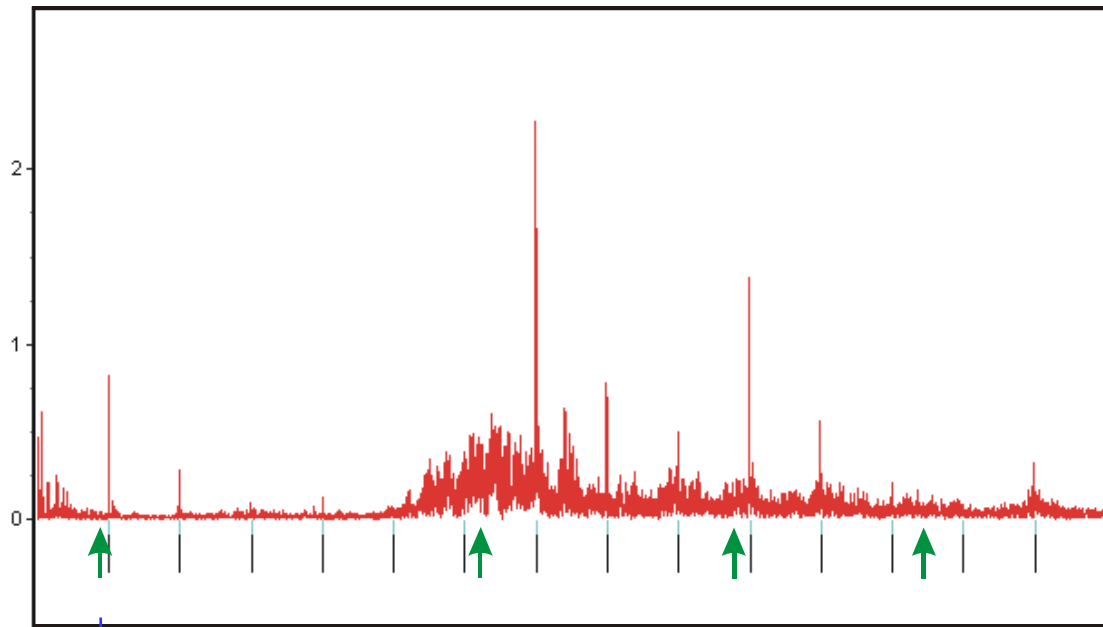


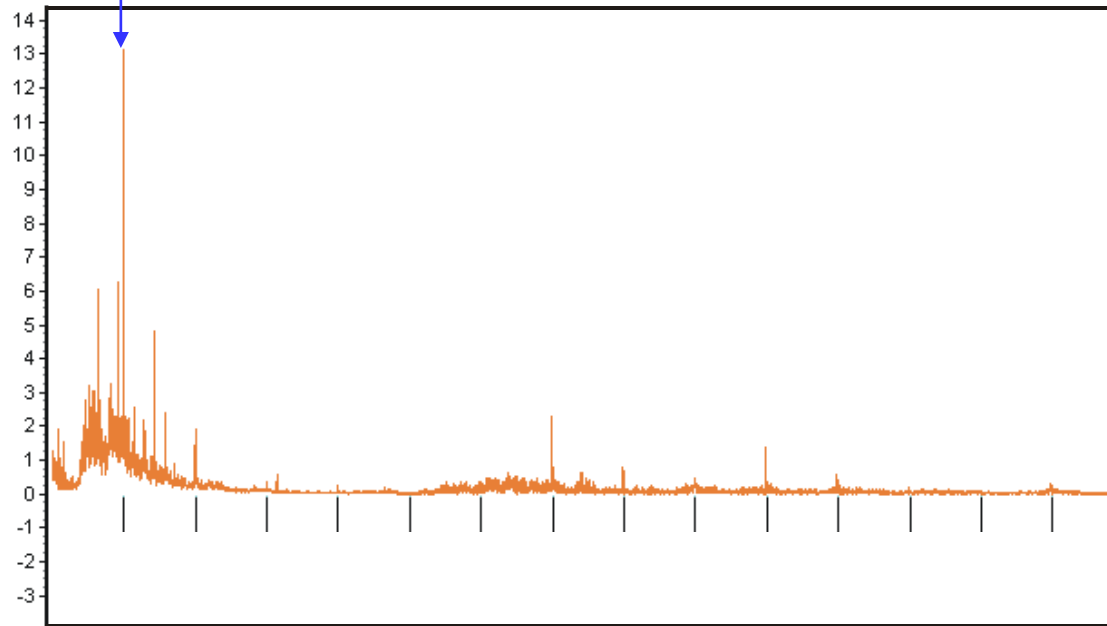
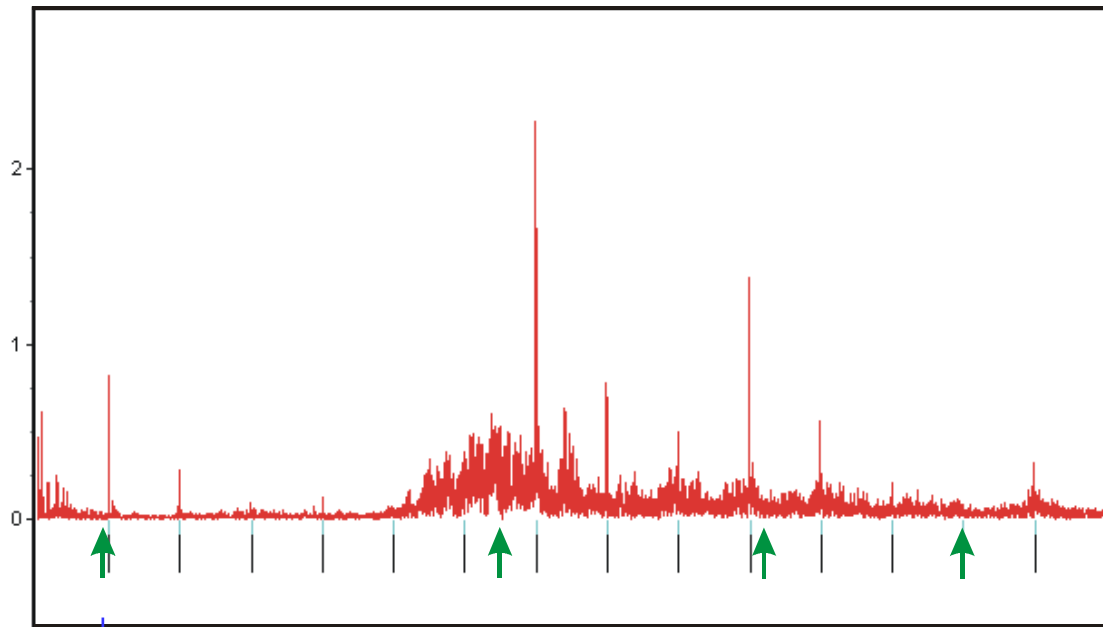


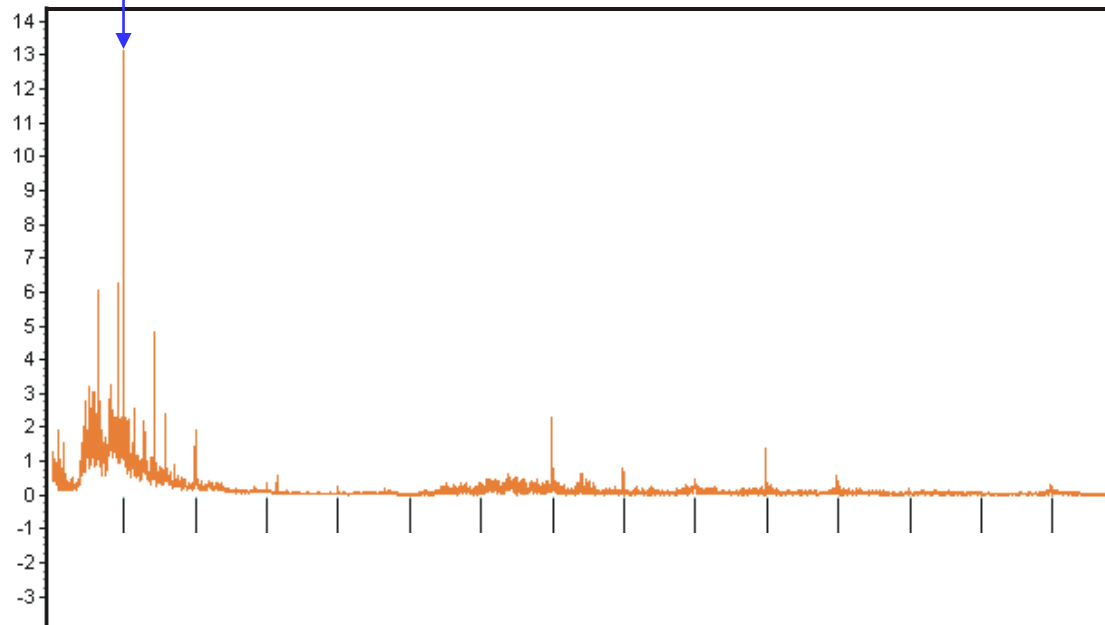
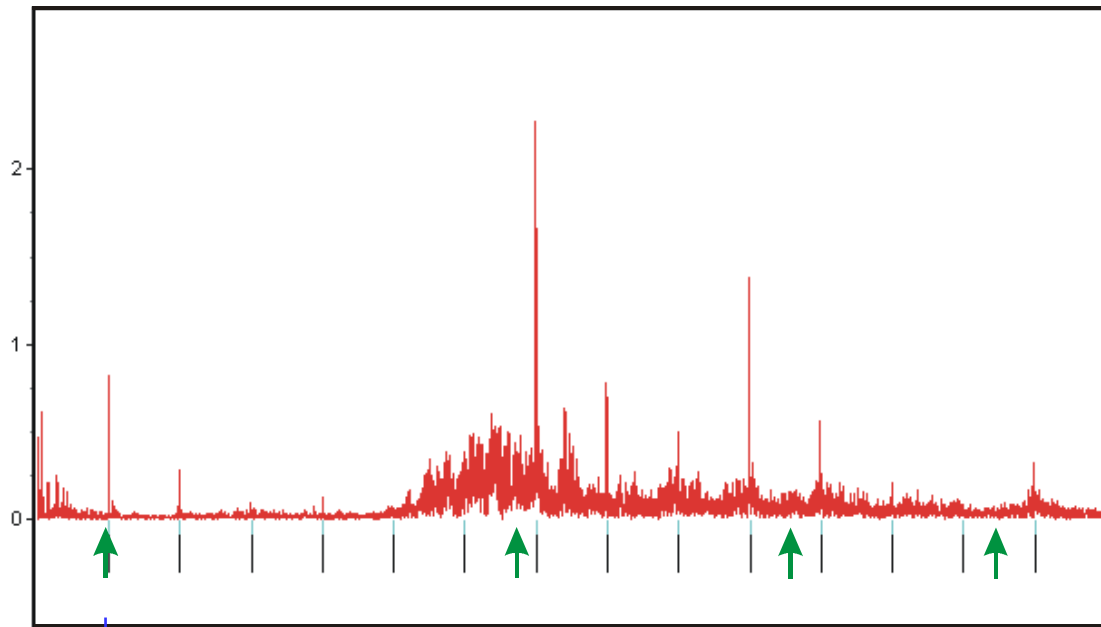


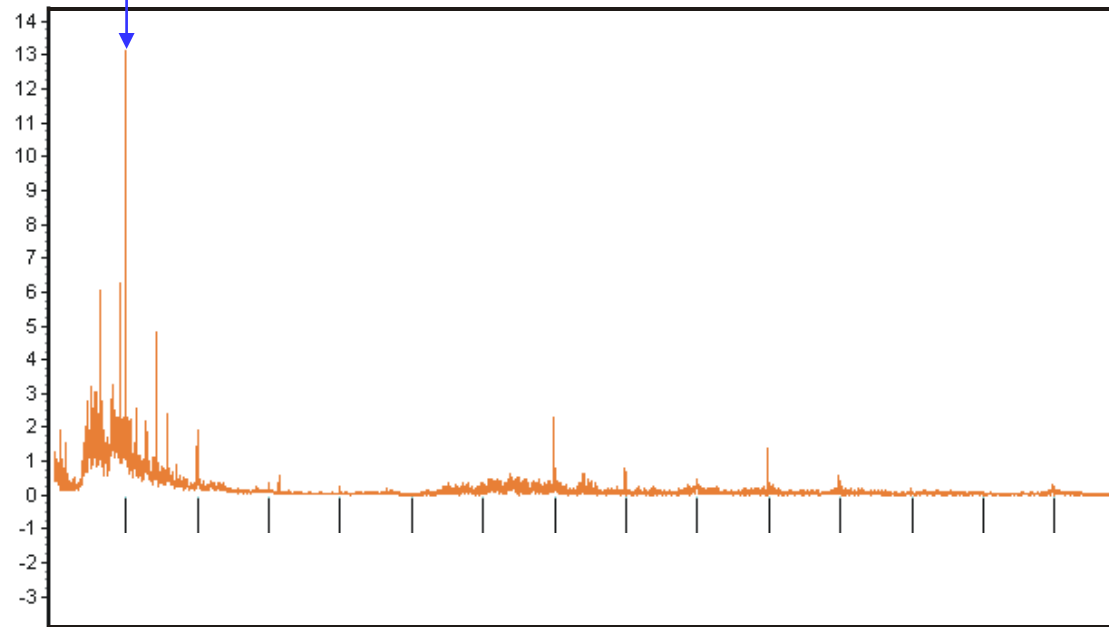
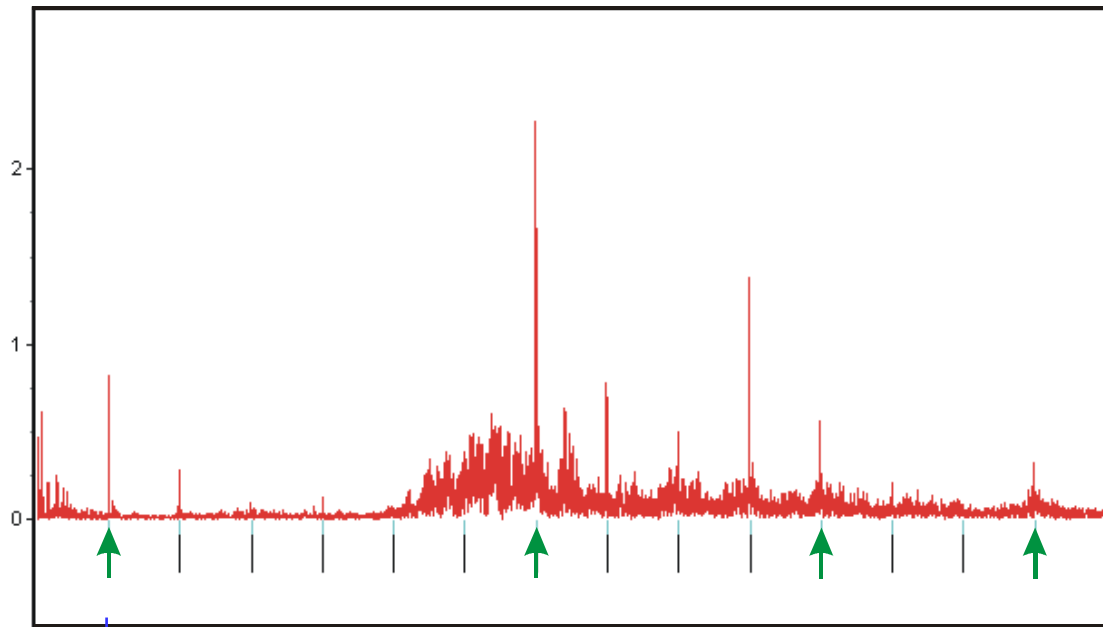


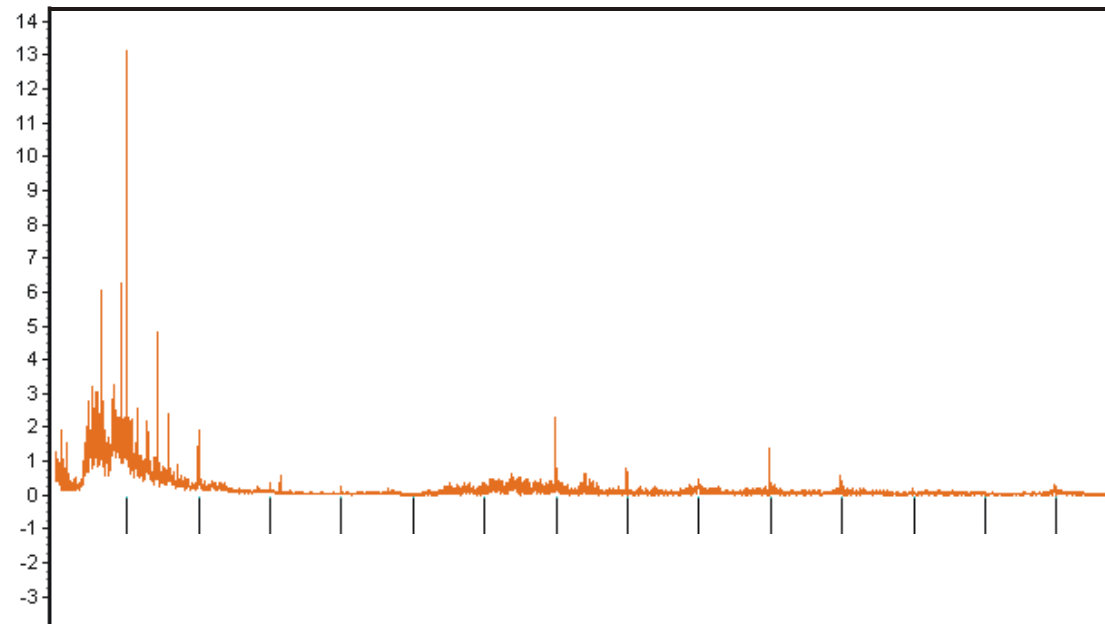
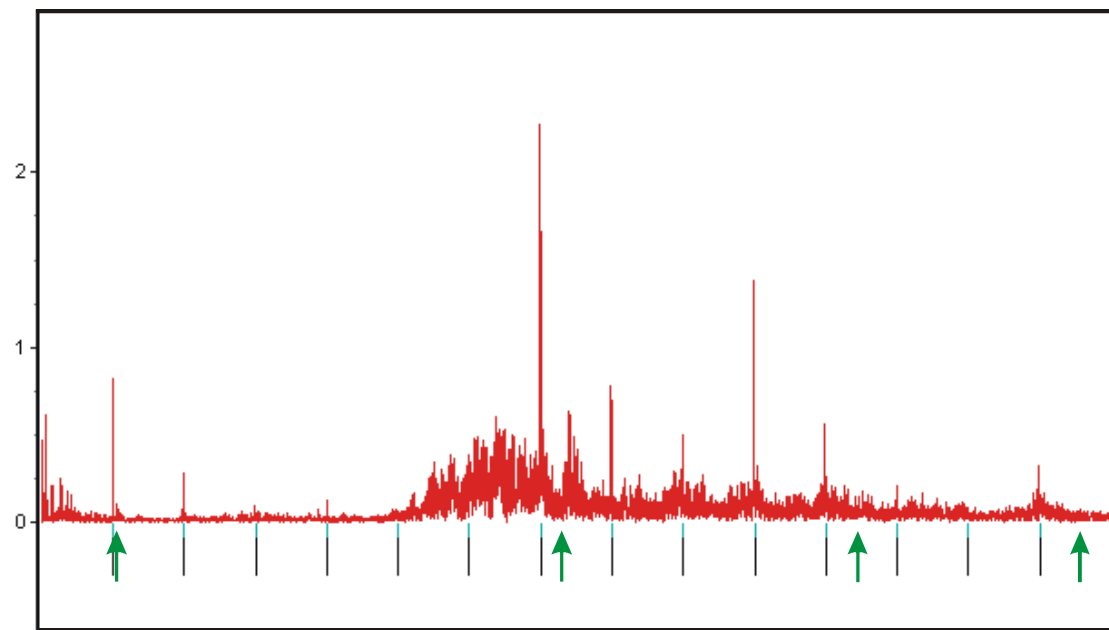












Correlación armónica básica

+

9 variantes del algoritmo

Patente

US 7283923 B2

(16 oct 2007)

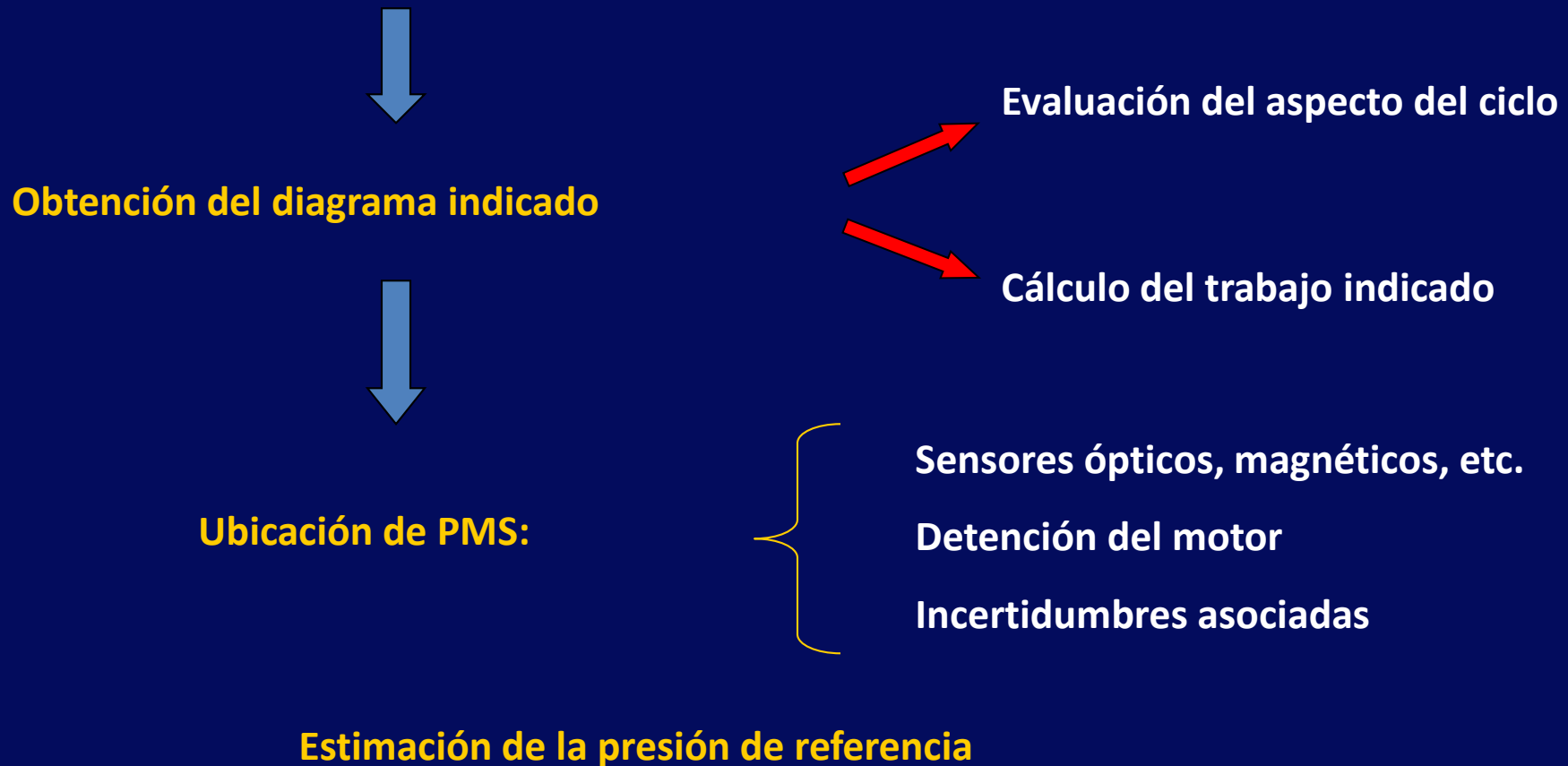


**Desarrollo de una técnica para la obtención del
diagrama indicado en motores de combustión
interna sin necesidad de referencia angular**

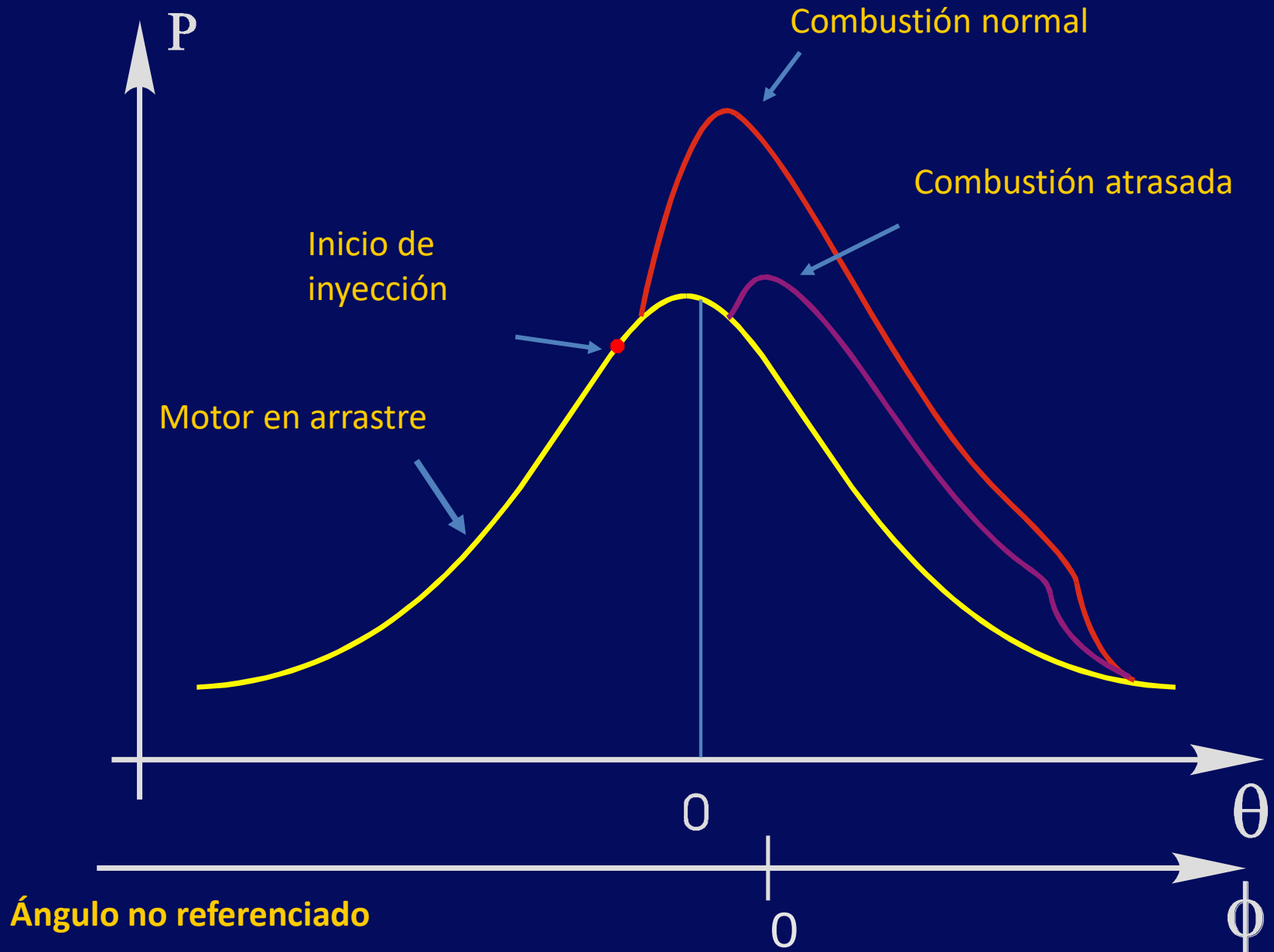
Desarrollo de una técnica para la obtención del diagrama indicado en motores de combustión interna sin necesidad de referencia angular

OBJETIVO:

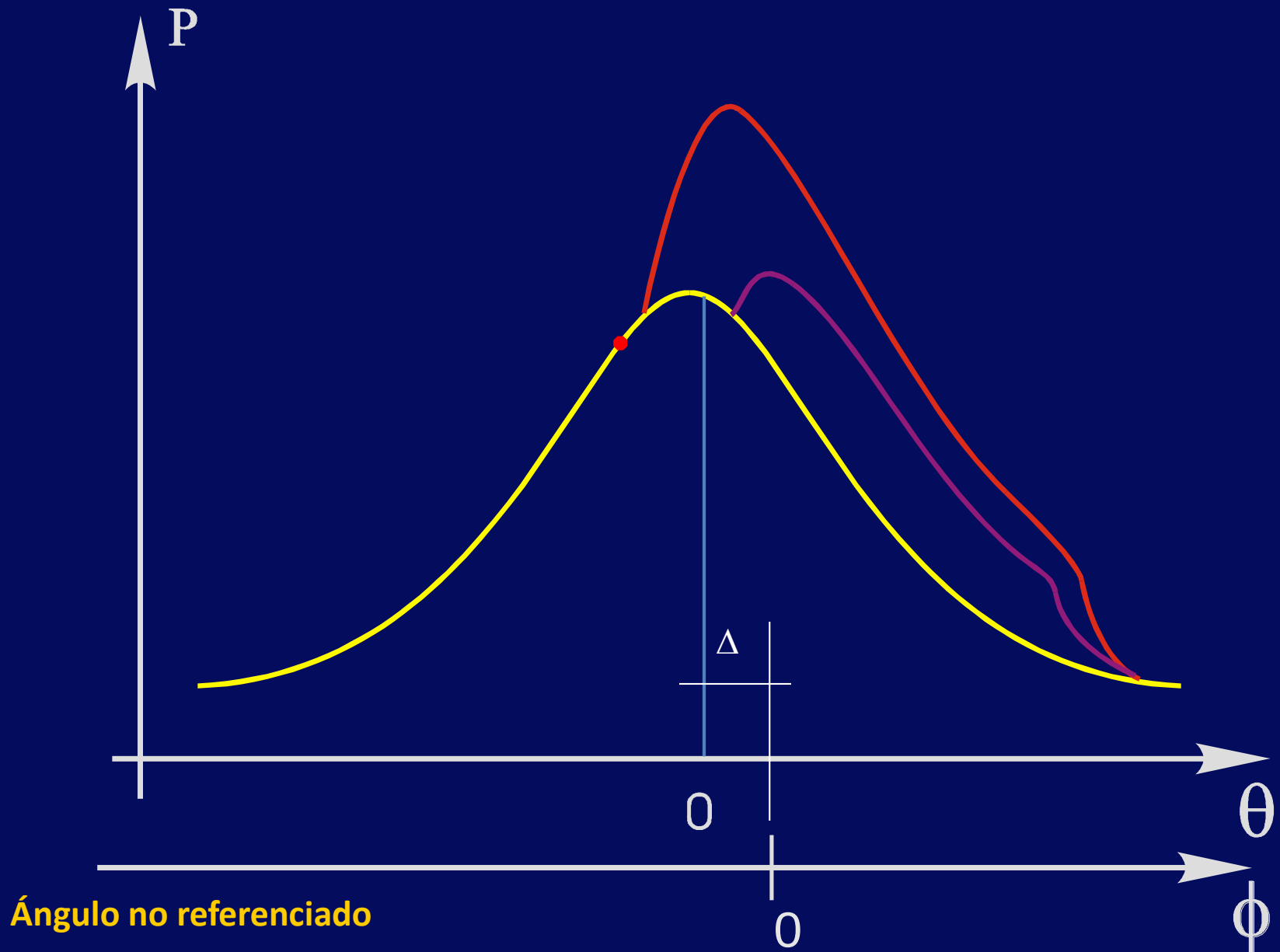
Mantenimiento Predictivo de Motores



Aspecto del diagrama abierto

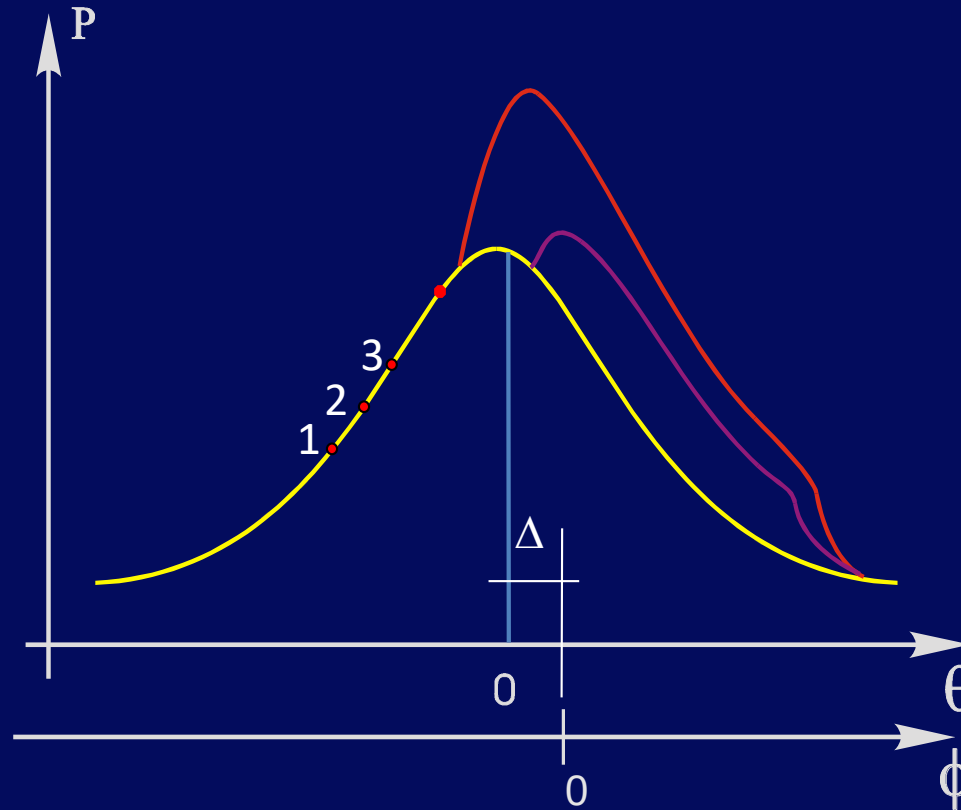


Aspecto del diagrama abierto

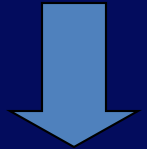


Metodología basada en coeficiente politrópico constante

Precisión:
aprox. 2º



1º de error

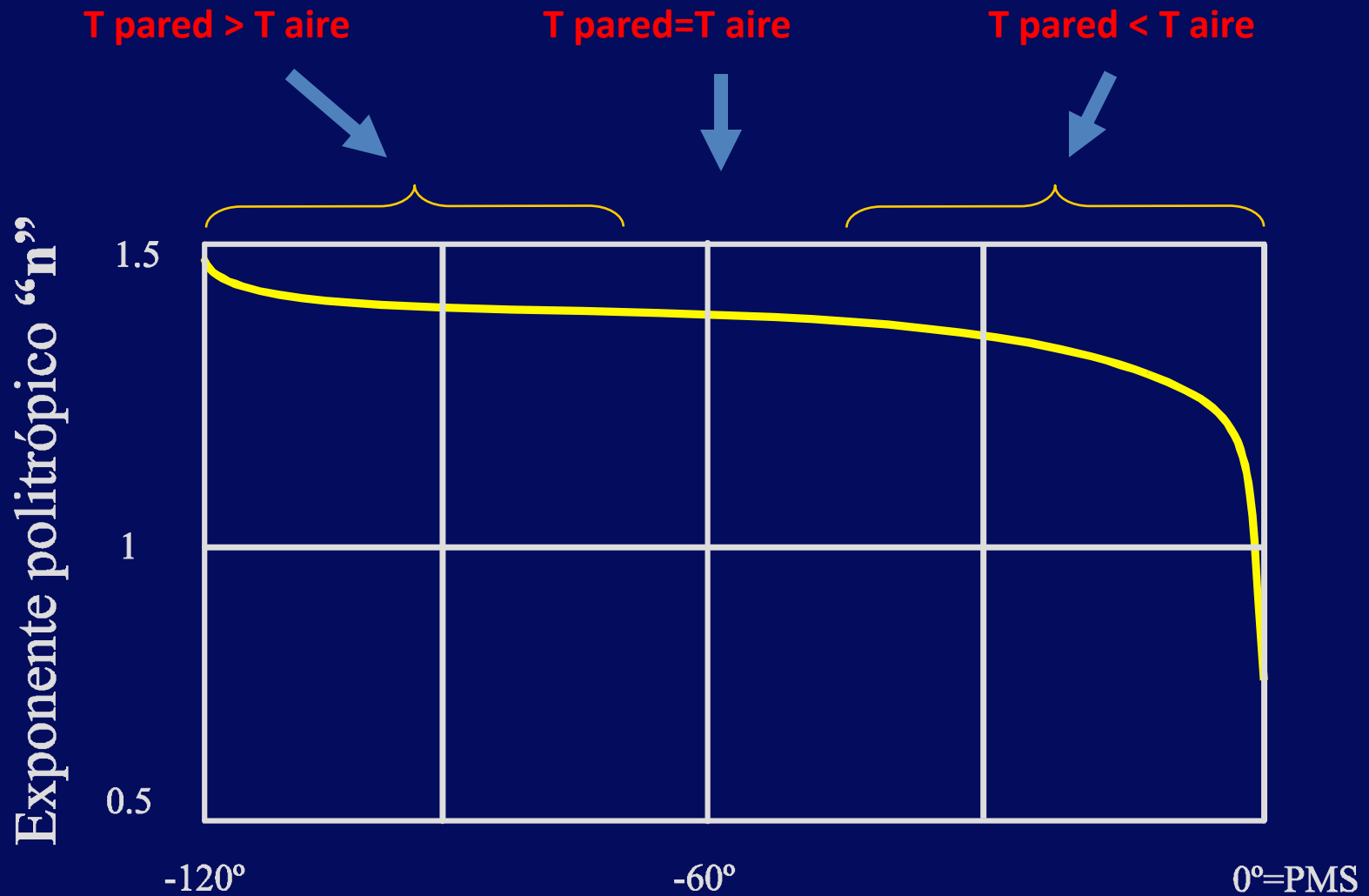


6% error en W
indicado

2 x 2
n, Δ

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{1(\varphi+\Delta)} \cdot V_{1(\varphi+\Delta)}^n = P_{2(\varphi+\Delta)} \cdot V_{2(\varphi+\Delta)}^n \\ P_{2(\varphi+\Delta)} \cdot V_{2(\varphi+\Delta)}^n = P_{3(\varphi+\Delta)} \cdot V_{3(\varphi+\Delta)}^n \end{array} \right.$$

Metodología basada en coeficiente politrópico constante

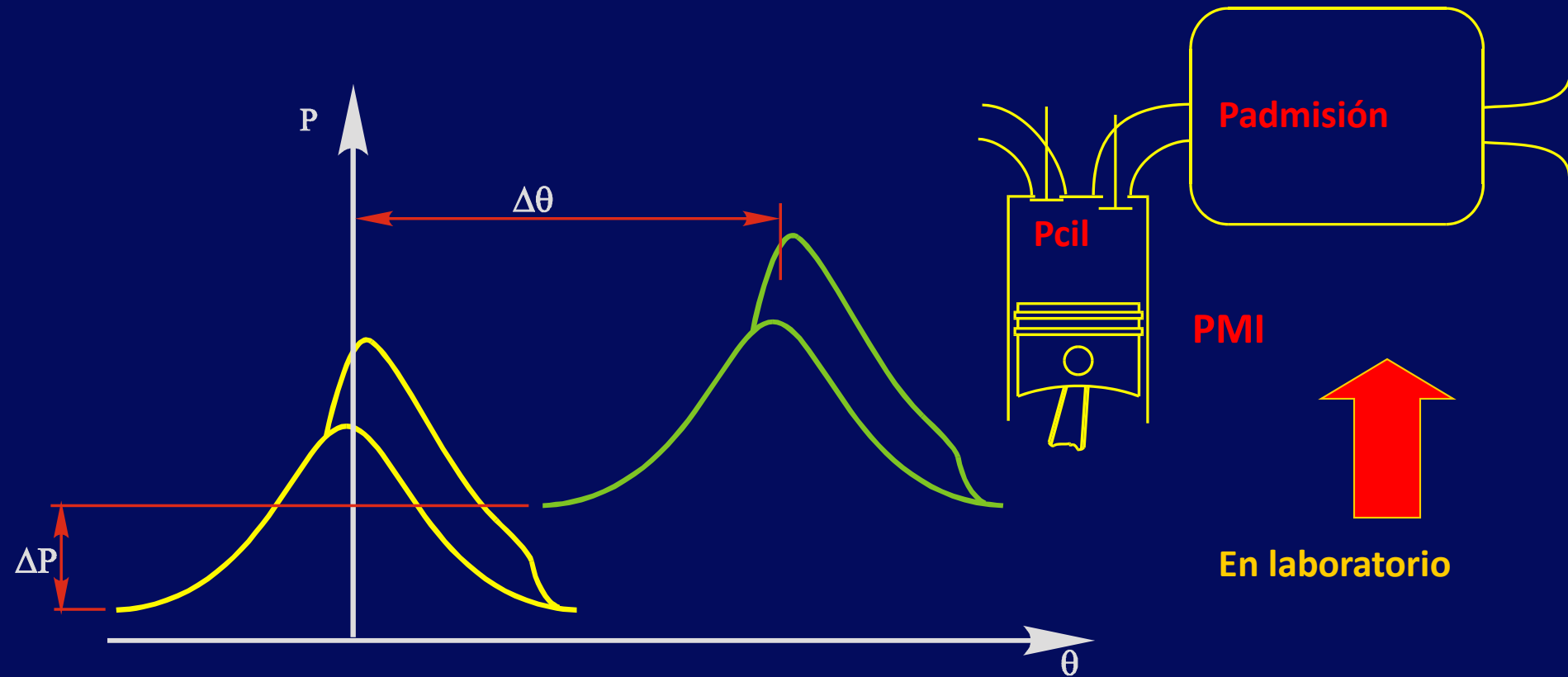


Solución: Tener en cuenta las fugas de calor durante la compresión

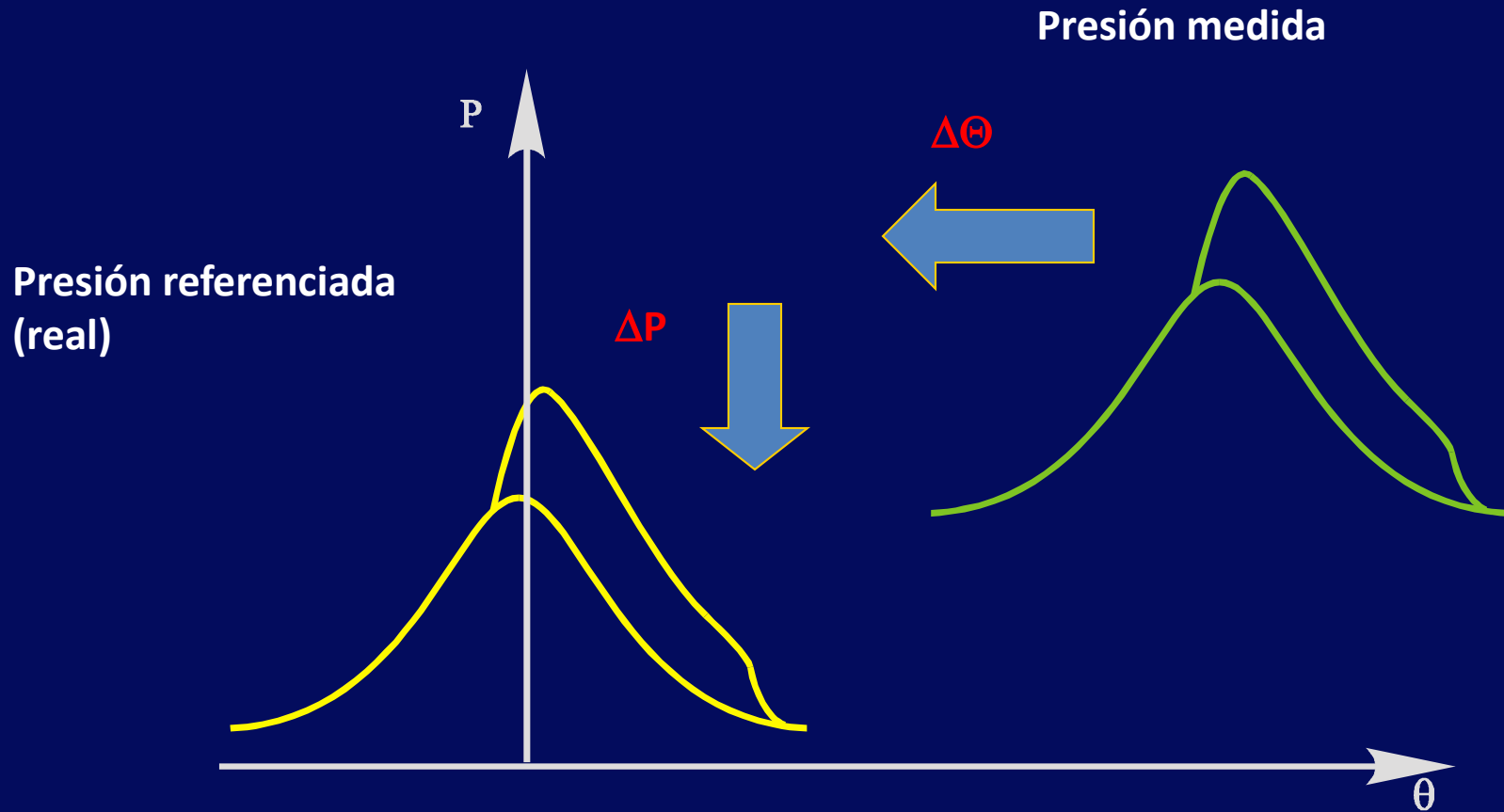
Referencia de presión

Los sensores piezoeléctricos no miden correctamente el valor medio de las señales

Por lo tanto: no existe referencia angular ni de presión.



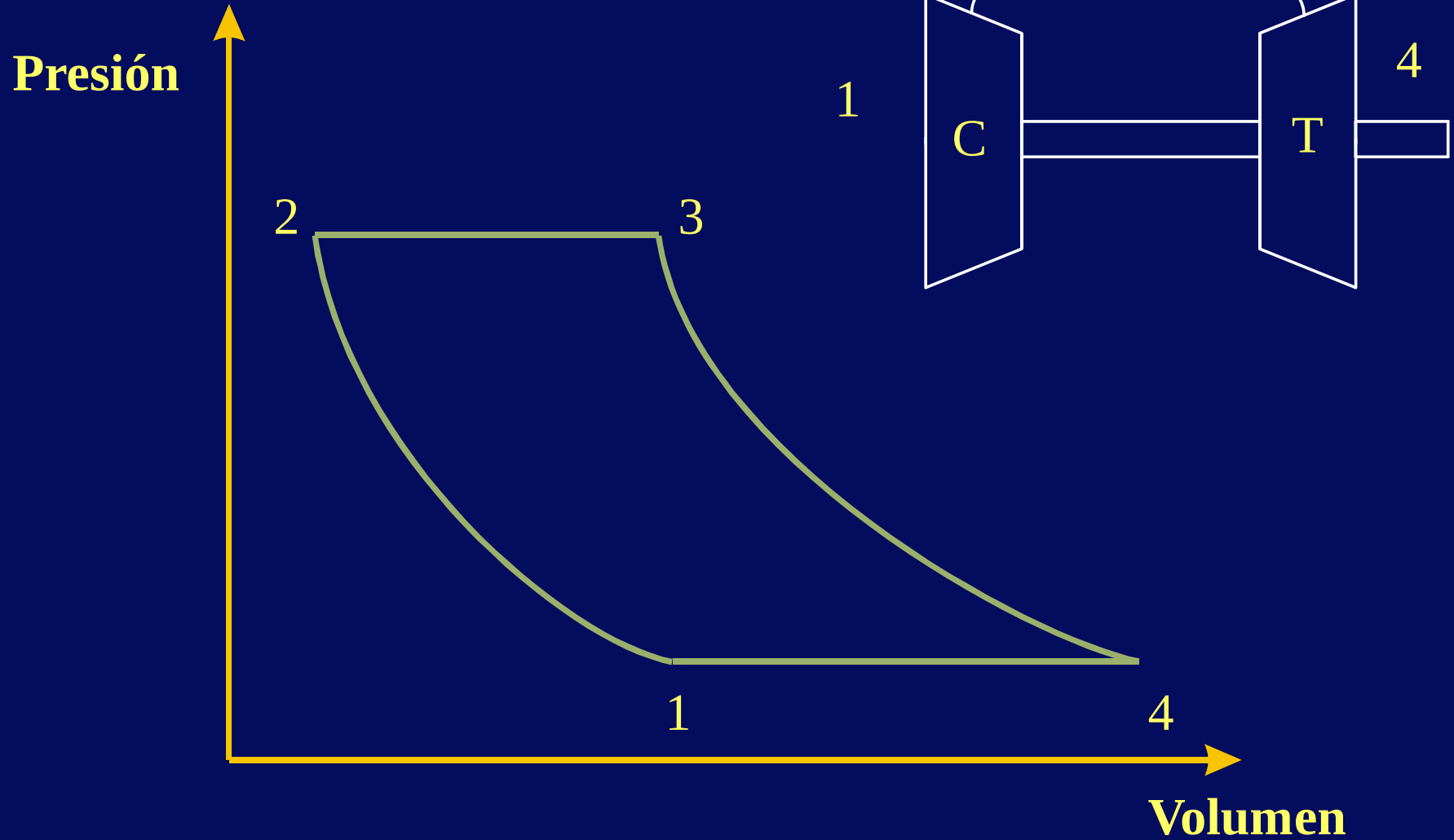
Detección de PMS y referencia de presión



Desarrollo de una micro turbina de gas

Principio de funcionamiento

Ciclo Termodinámico Joule Brayton

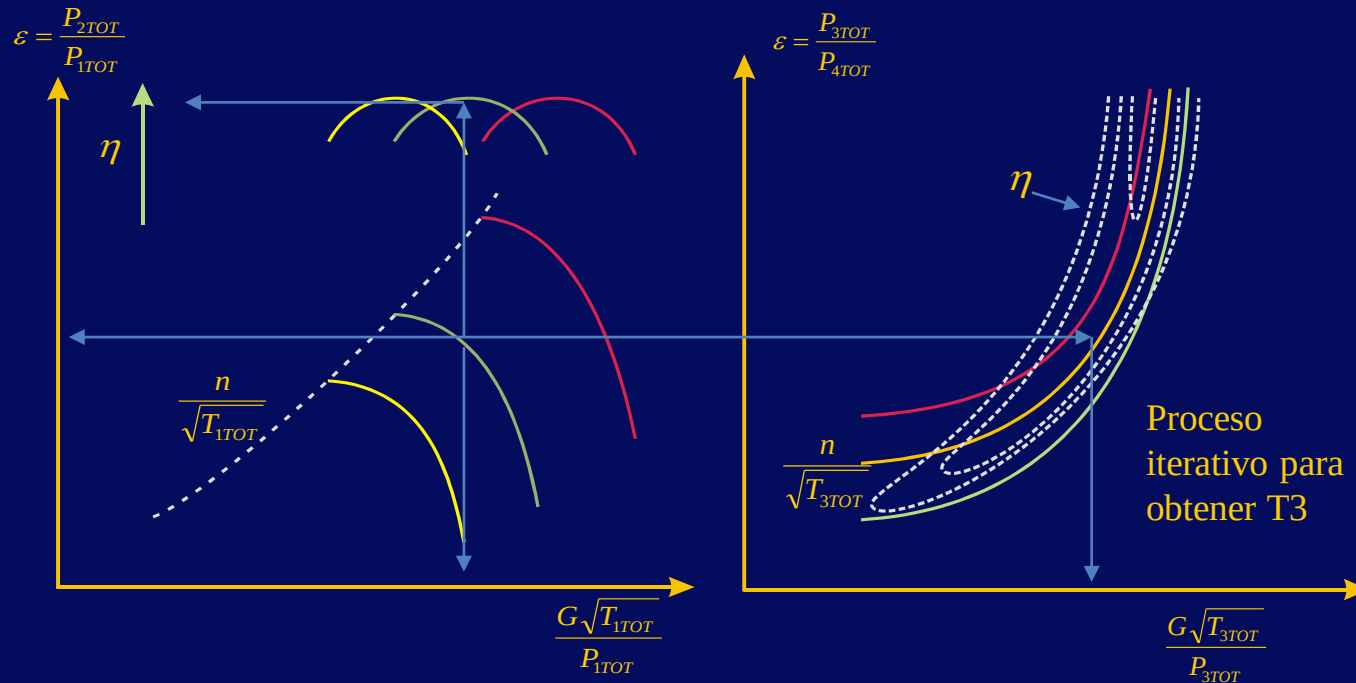


Hermanamiento Compresor - Turbina

$$N_{\text{compresor}} = \frac{G \cdot (h_2 - h_1)}{\eta_{\text{compresor}}}$$

$$N_{\text{turbina}} = G \cdot (h_3 - h_4) \cdot \eta_{\text{turbina}}$$

$$N_{\text{neto}} = N_{\text{turbina}} - N_{\text{compresor}}$$



$$Q_{c,comb} = G \cdot (h_3 - h_2) = G_{comb} \cdot Pci_{comb} \cdot \eta_{comb}$$

Desarrollo de una micro turbina de gas



ADAPTACIÓN DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA PARA USAR HIDRÓGENO COMO COMBUSTIBLE

Hidrógeno como combustible de motores alternativos

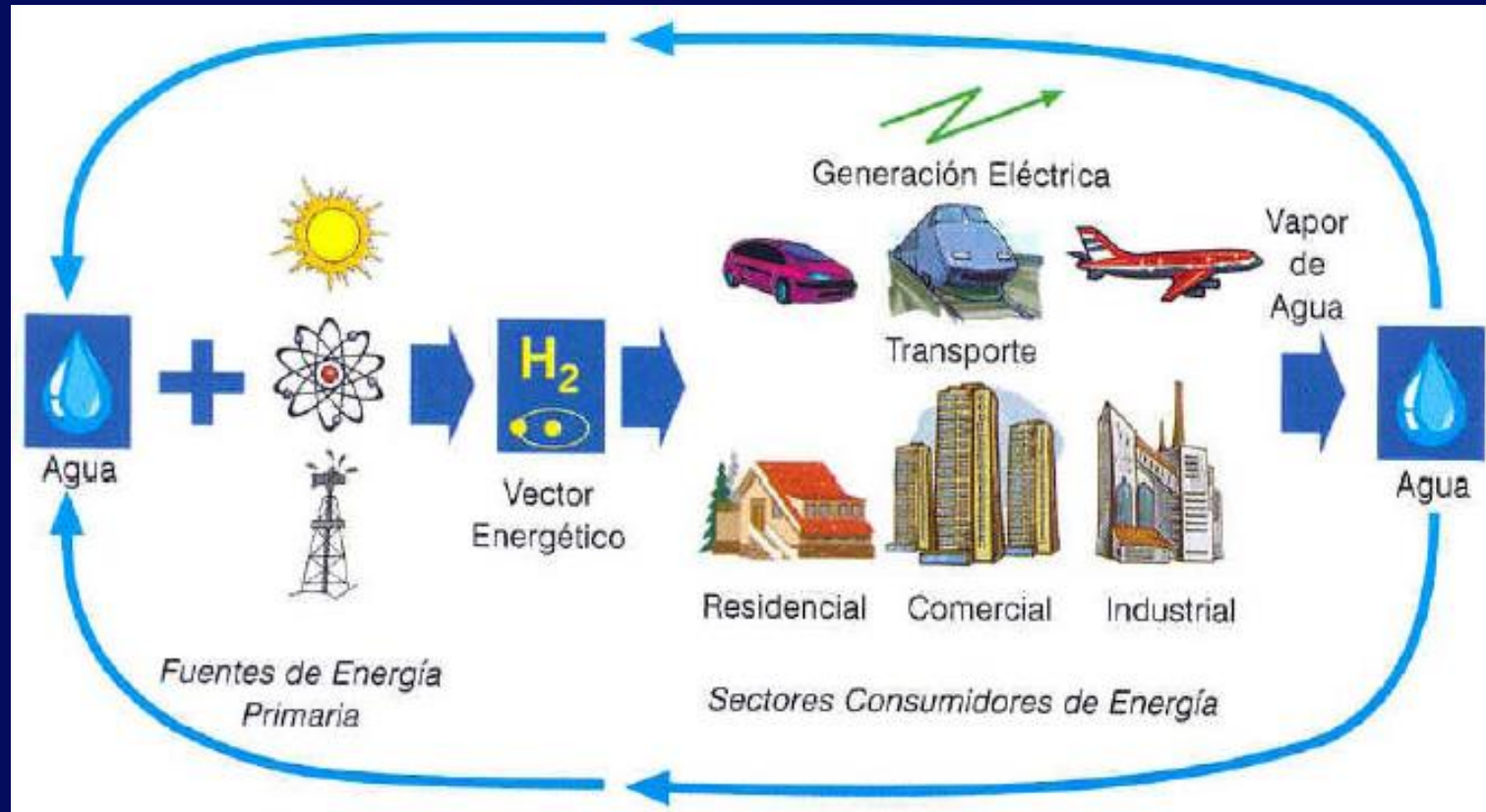
Consideraciones generales:

El hidrógeno es un gas combustible que puede ser utilizado en motores de combustión interna

El principal residuo de la combustión es agua

Si el Hidrógeno es obtenido de la electrólisis de agua, el ciclo completo resulta “equilibrado” desde el punto de vista ambiental

Hidrógeno como combustible de motores alternativos



¿Se puede hacer funcionar un motor a hidrógeno de manera similar a un motor a nafta o GNC?

Respuesta :

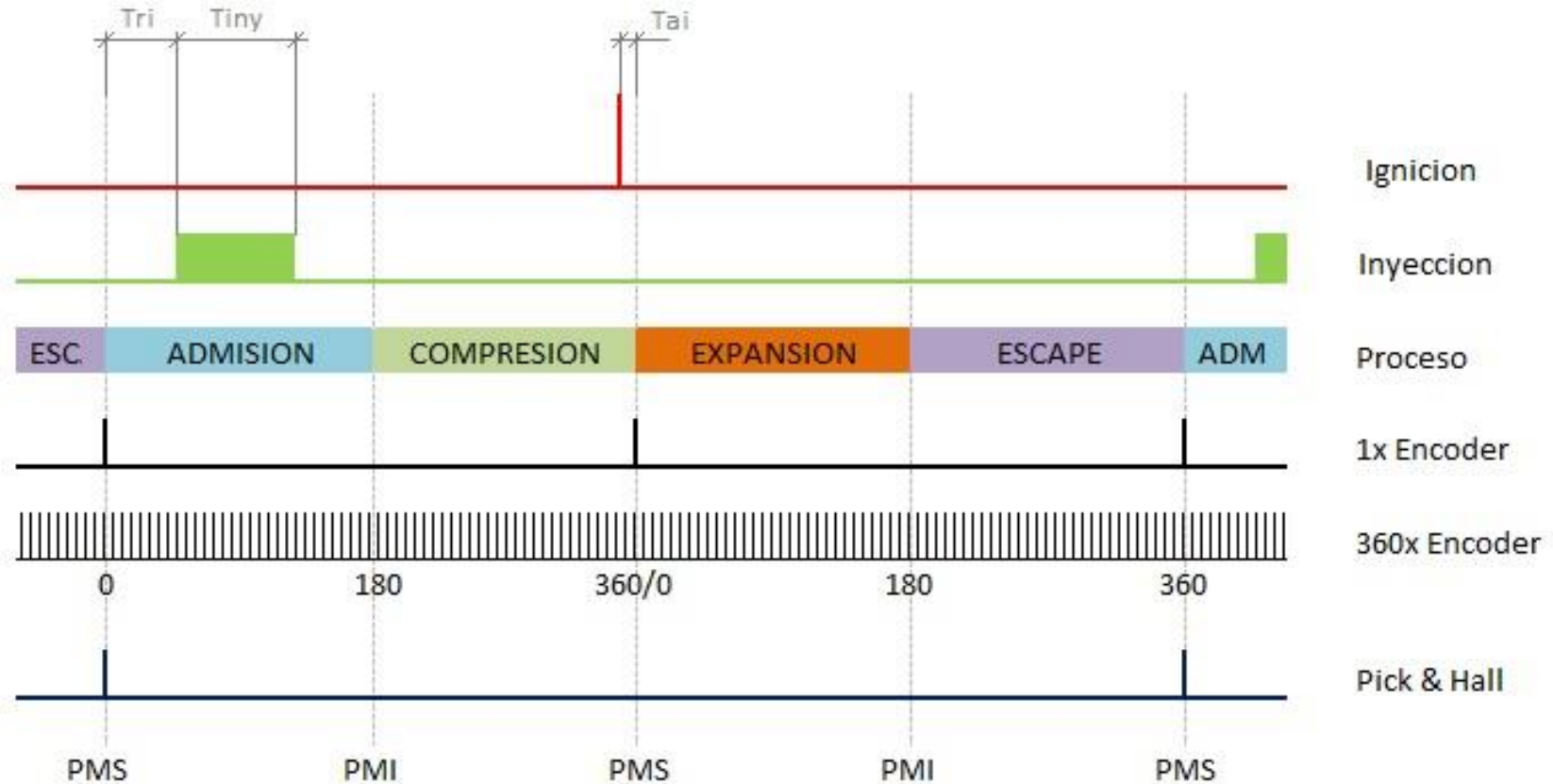
Si, pero es necesario tener en cuenta algunas particularidades

Relación M aire/M H₂ = 34.32

En un motor aspirado con formación externa de mezcla, ingresará al cilindro 29.6% de H₂ y 70.4% de aire (en volumen)

Temperatura de inflamación	{	H ₂	585°C	Energía de inflamación	{	H ₂	0.017 mJ
		Nafta	257°C				
		Gas Oil	316°C			Nafta	0.25 mJ

ESTRATEGIA DE INYECCIÓN



Motor desarrollado en la Facultad de Ingeniería UNPSJB

Adaptación de un motor monocilíndrico Honda GX 340

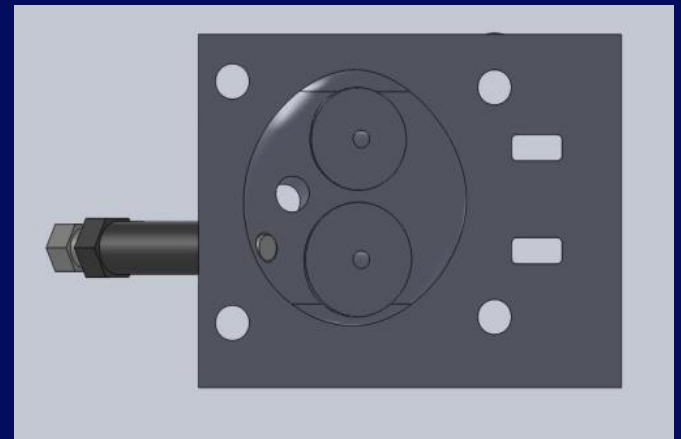
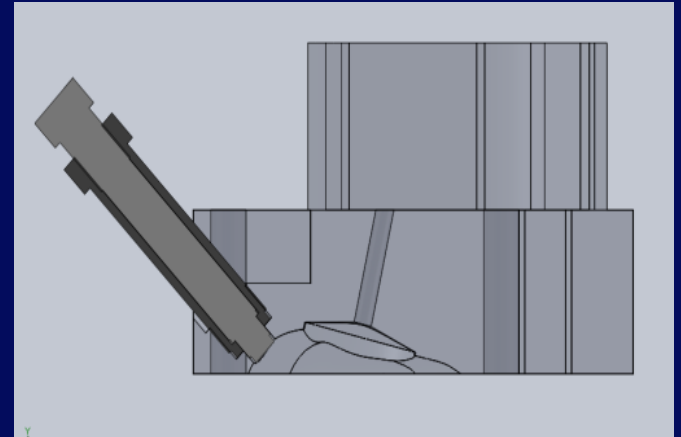
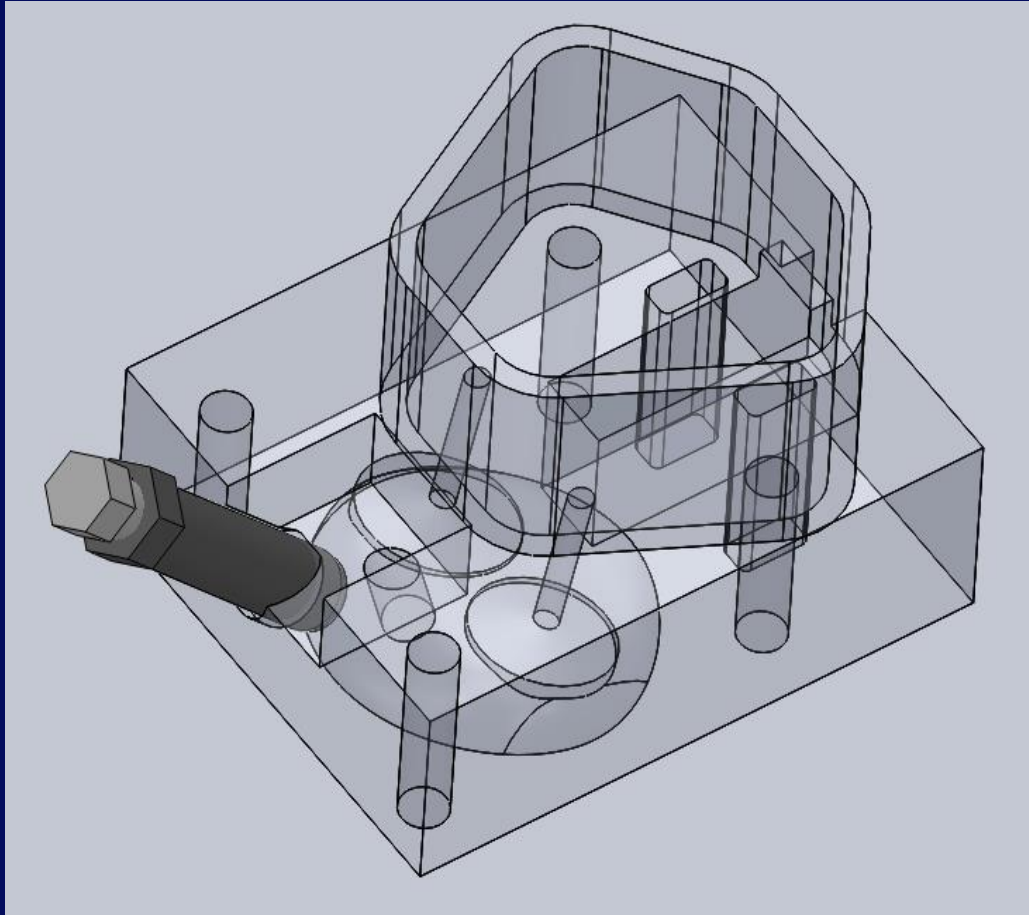
Cilindrada: 337 cm³

Potencia máxima: 8 KW a 3600 RPM

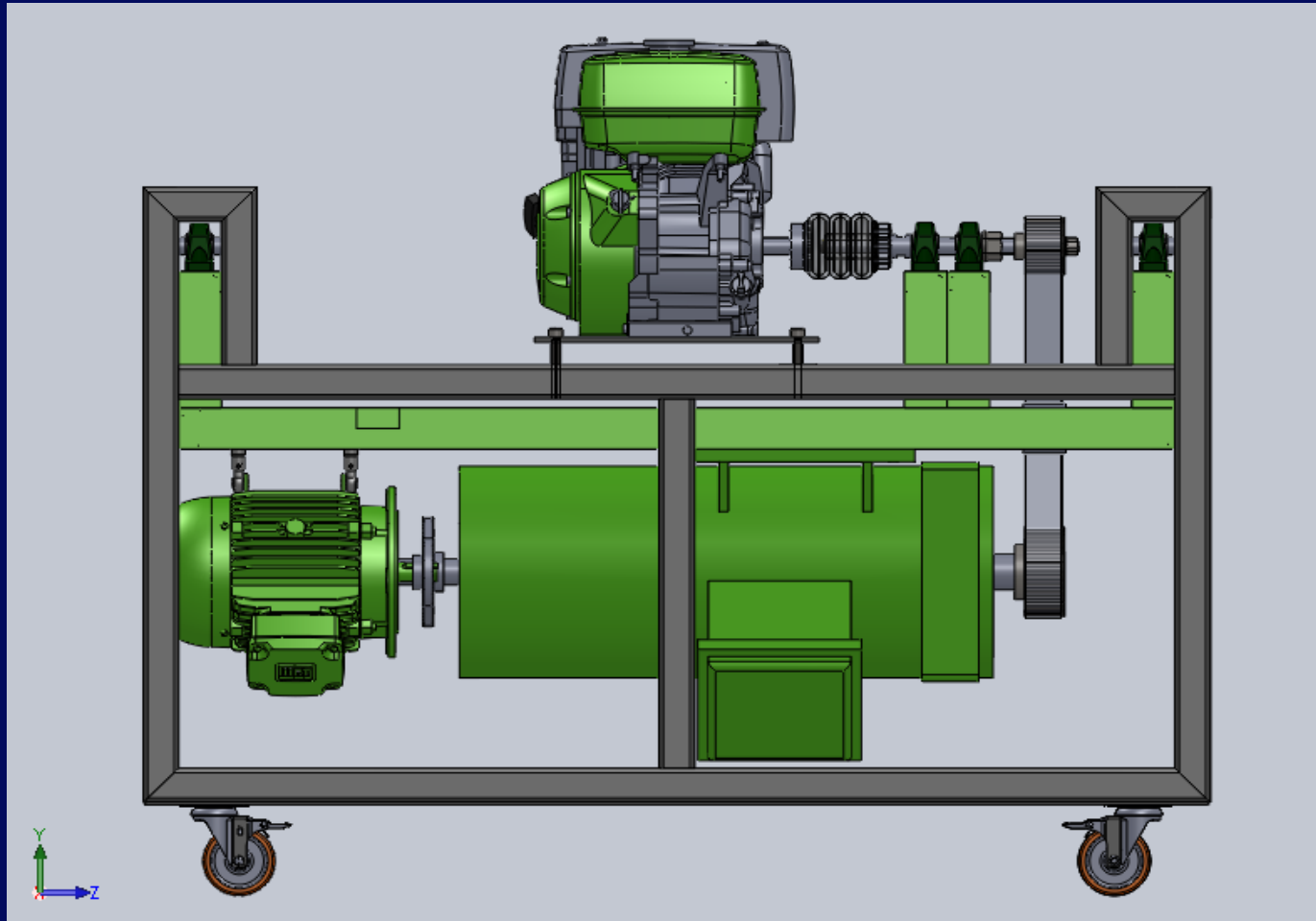
Par torsor máximo: 26,4 Nm a 2500 RPM

Combustible: nafta

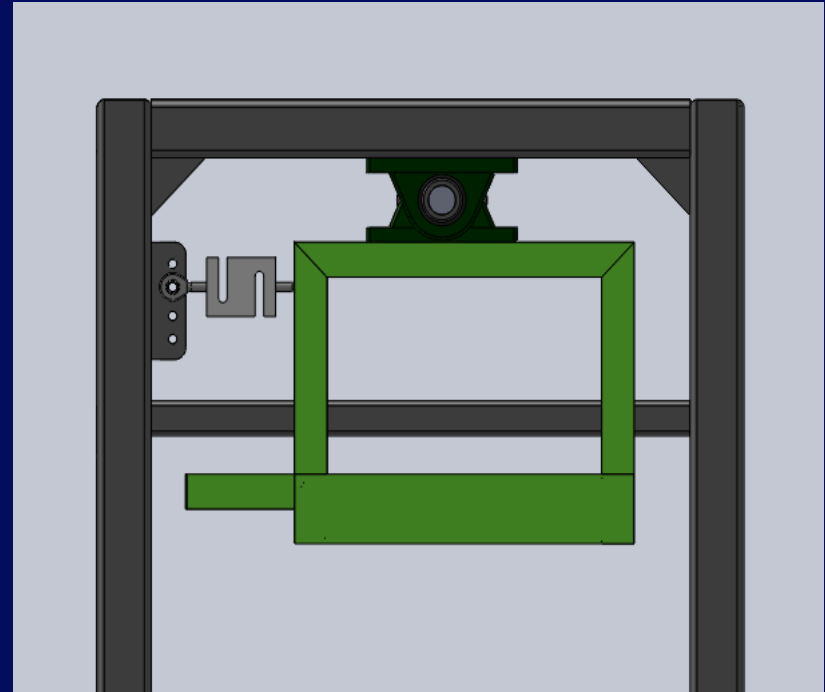
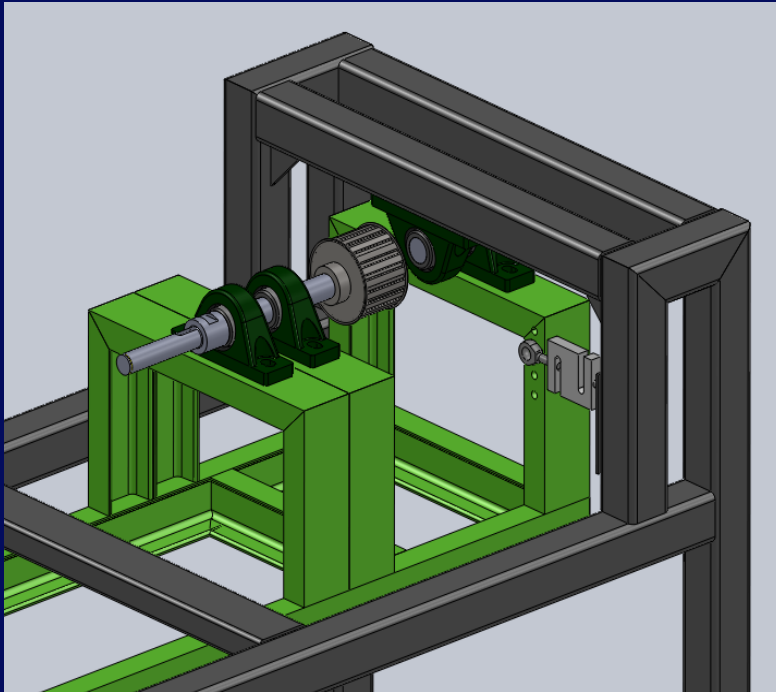
SENSOR DE PRESIÓN



Banco Dinamométrico



Base Basculante



- Eje de pivot colineal con eje de entrada de potencia
- Todos los elementos que disipan potencia se encuentran montados sobre la base basculante.



Diagrama Indicado

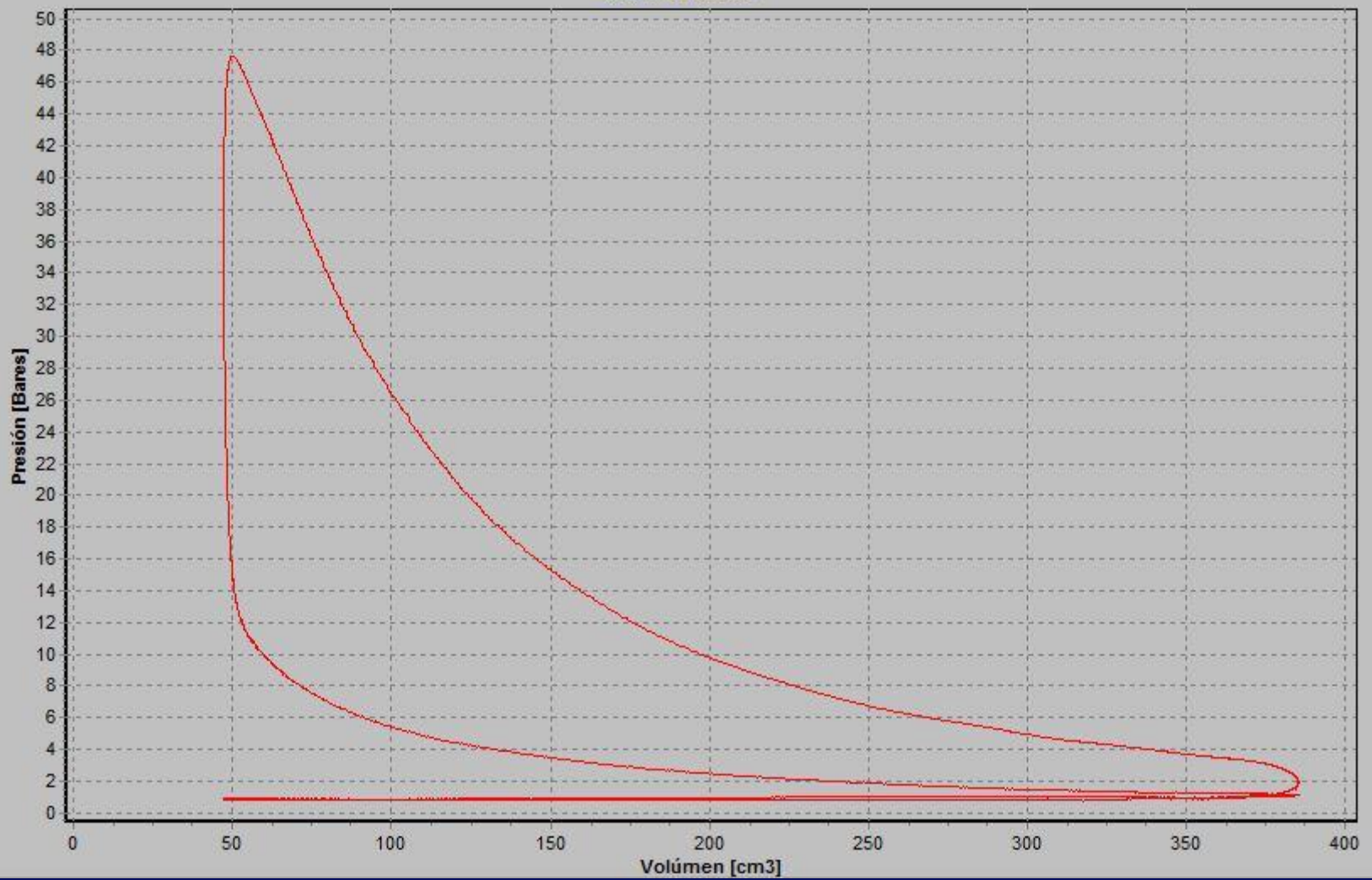


Diagrama Indicado

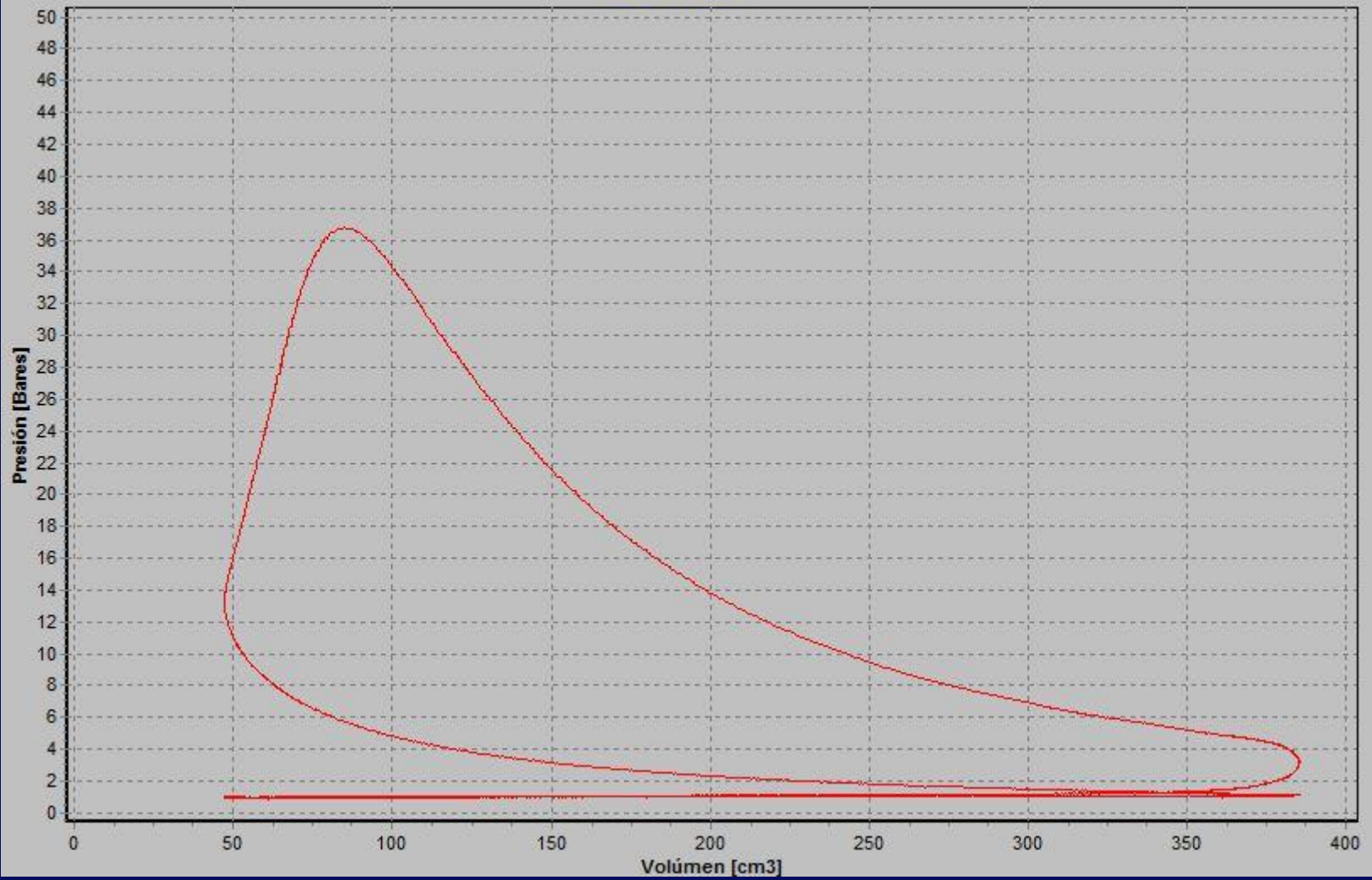
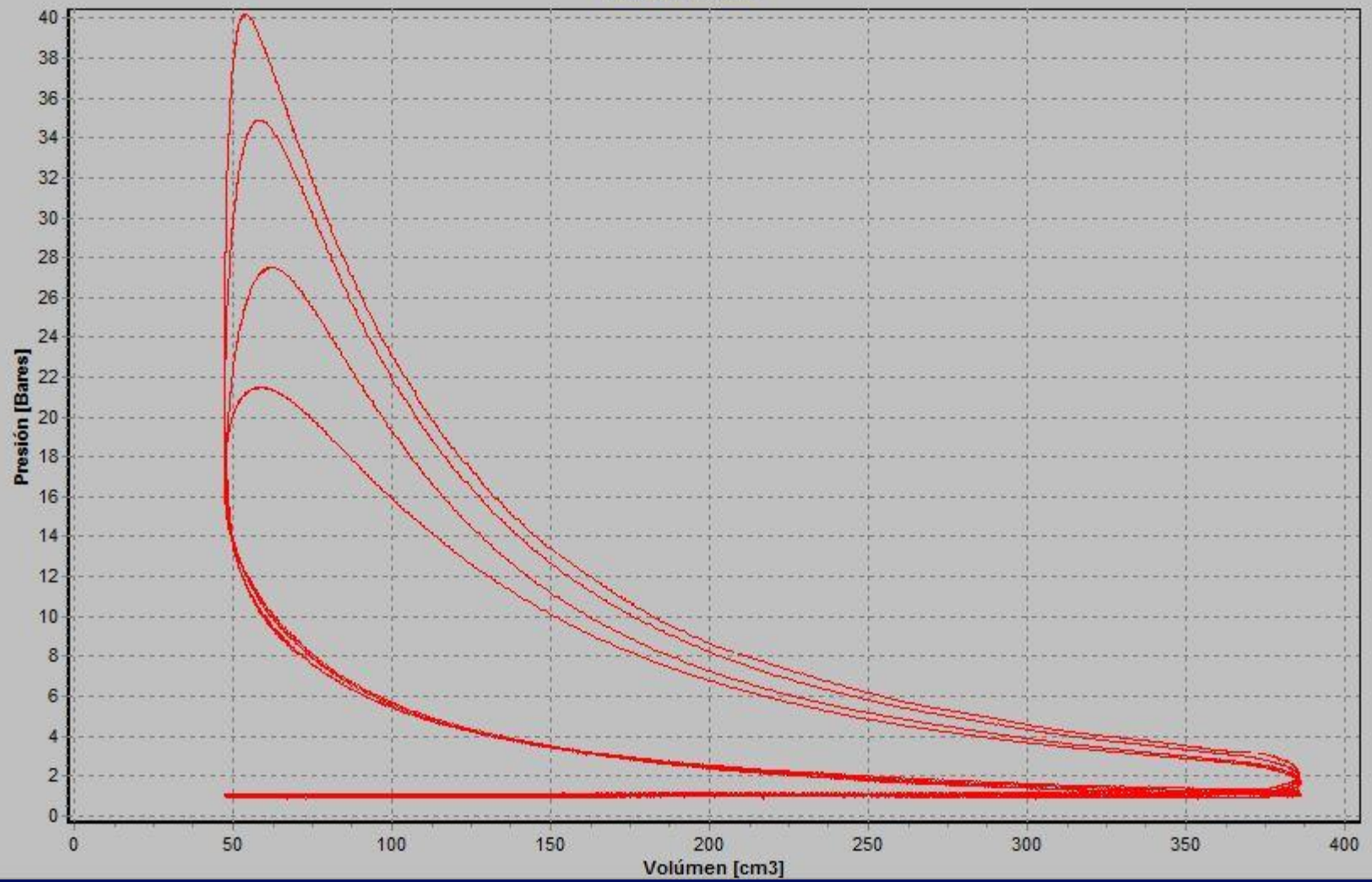


Diagrama Indicado



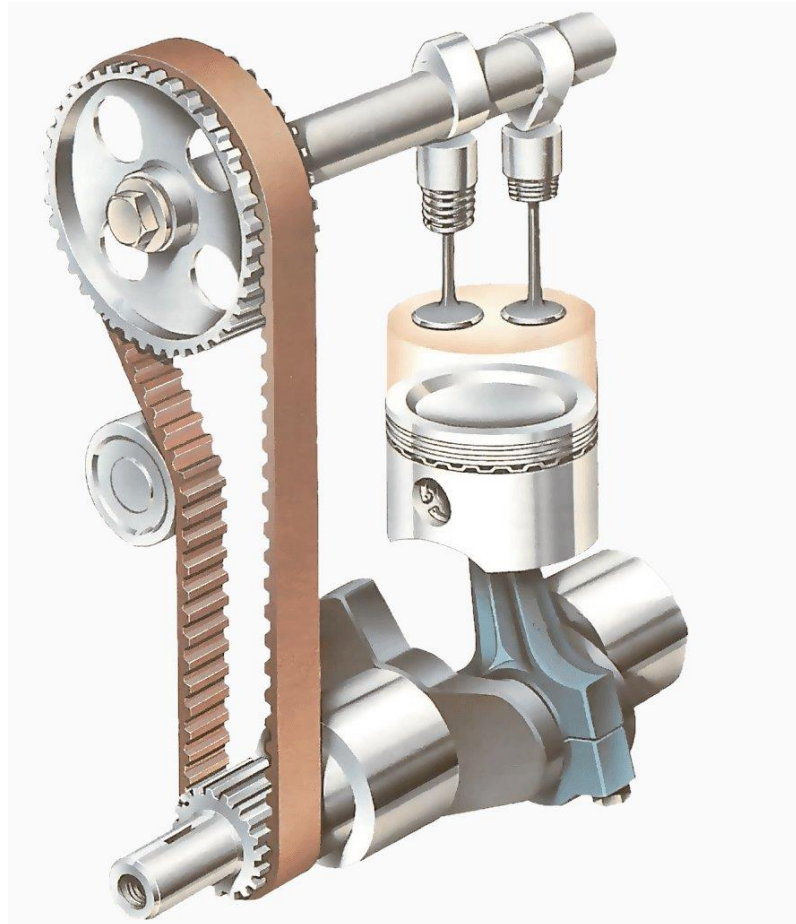
Análisis de mecanismos de distribución variable



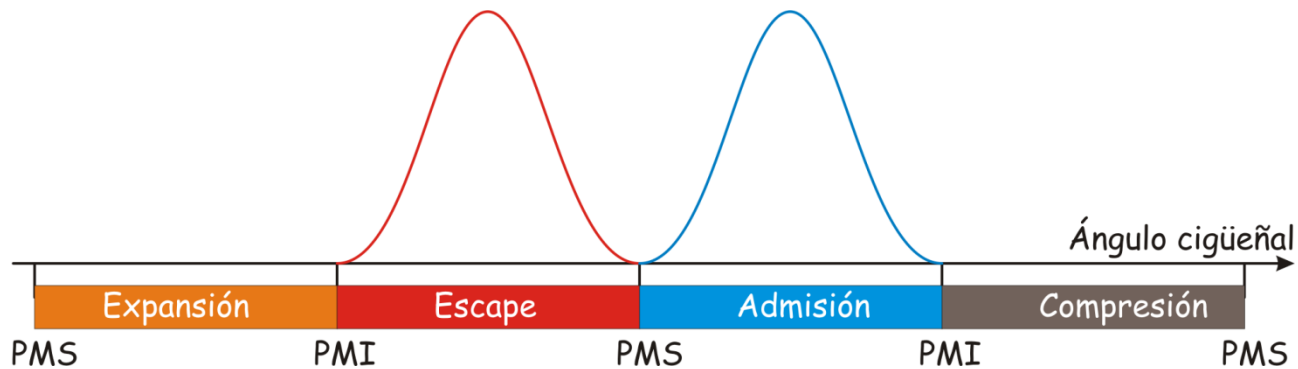
Facultad de Ingeniería Comodoro Rivadavia
Chubut

Análisis de mecanismos de distribución variable

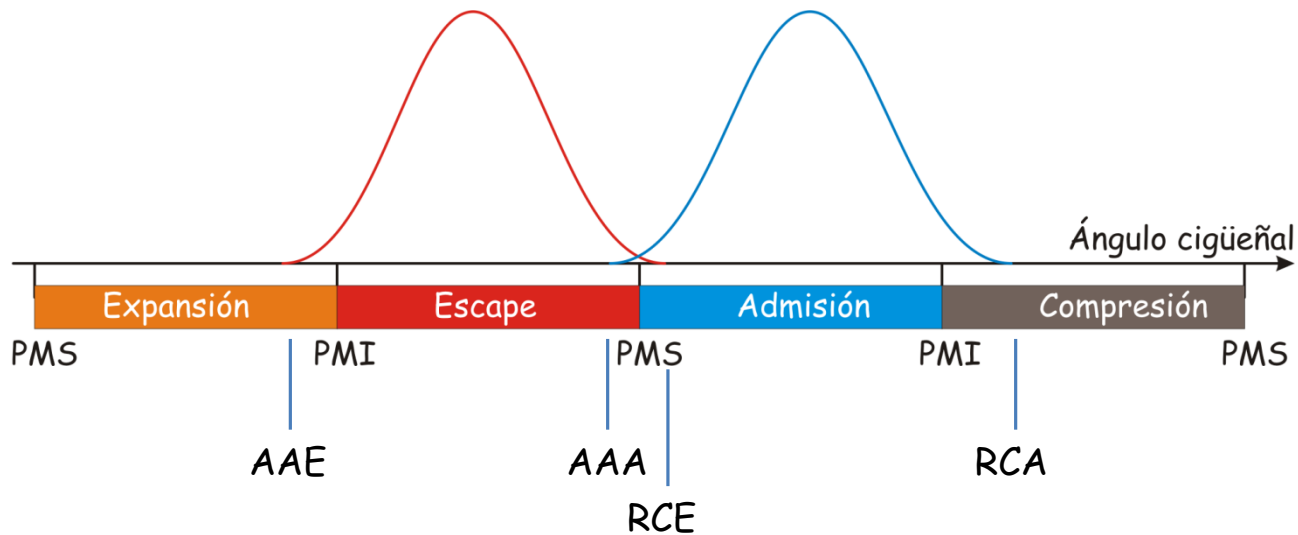
Mecanismo de distribución convencional



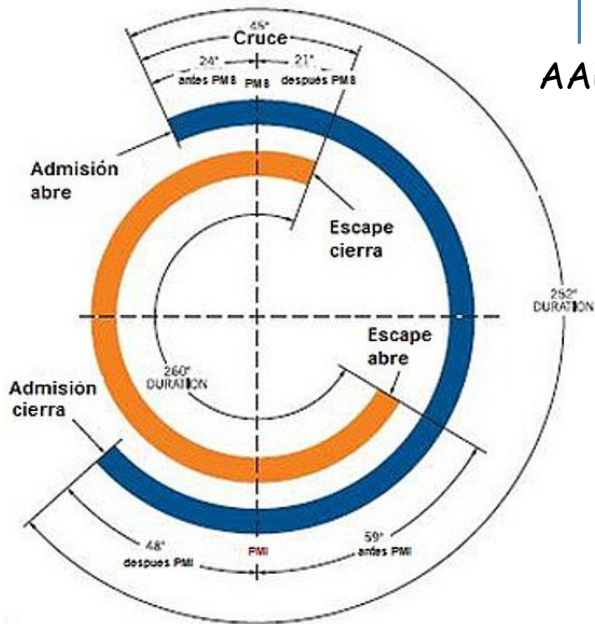
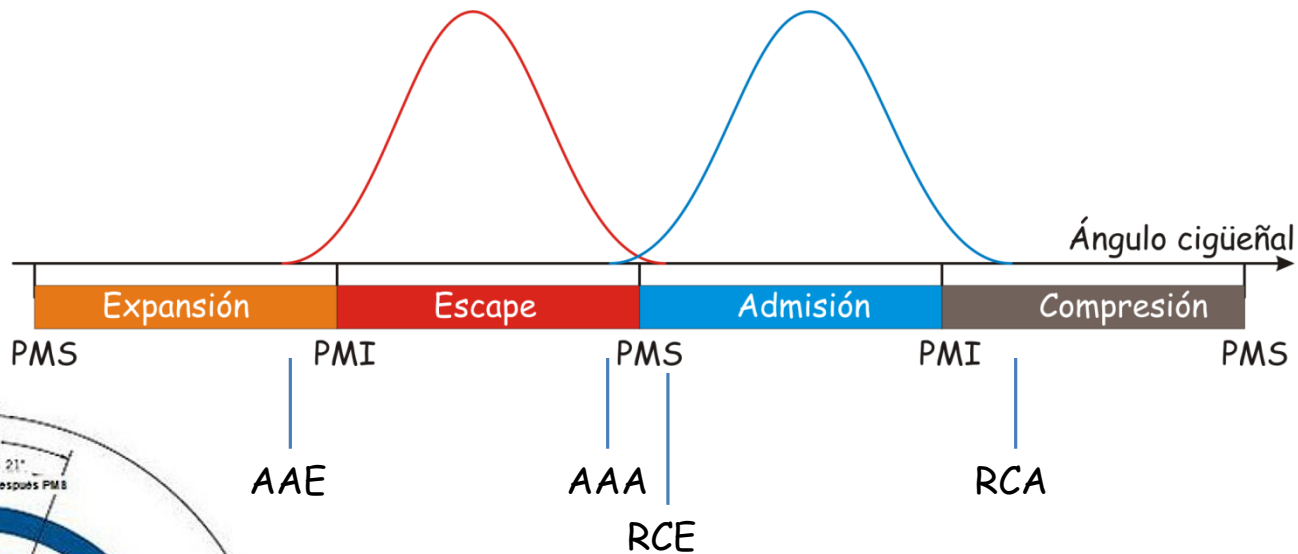
Momentos de Apertura y cierre de válvulas



Momentos de Apertura y cierre de válvulas



Momentos de Apertura y cierre de válvulas

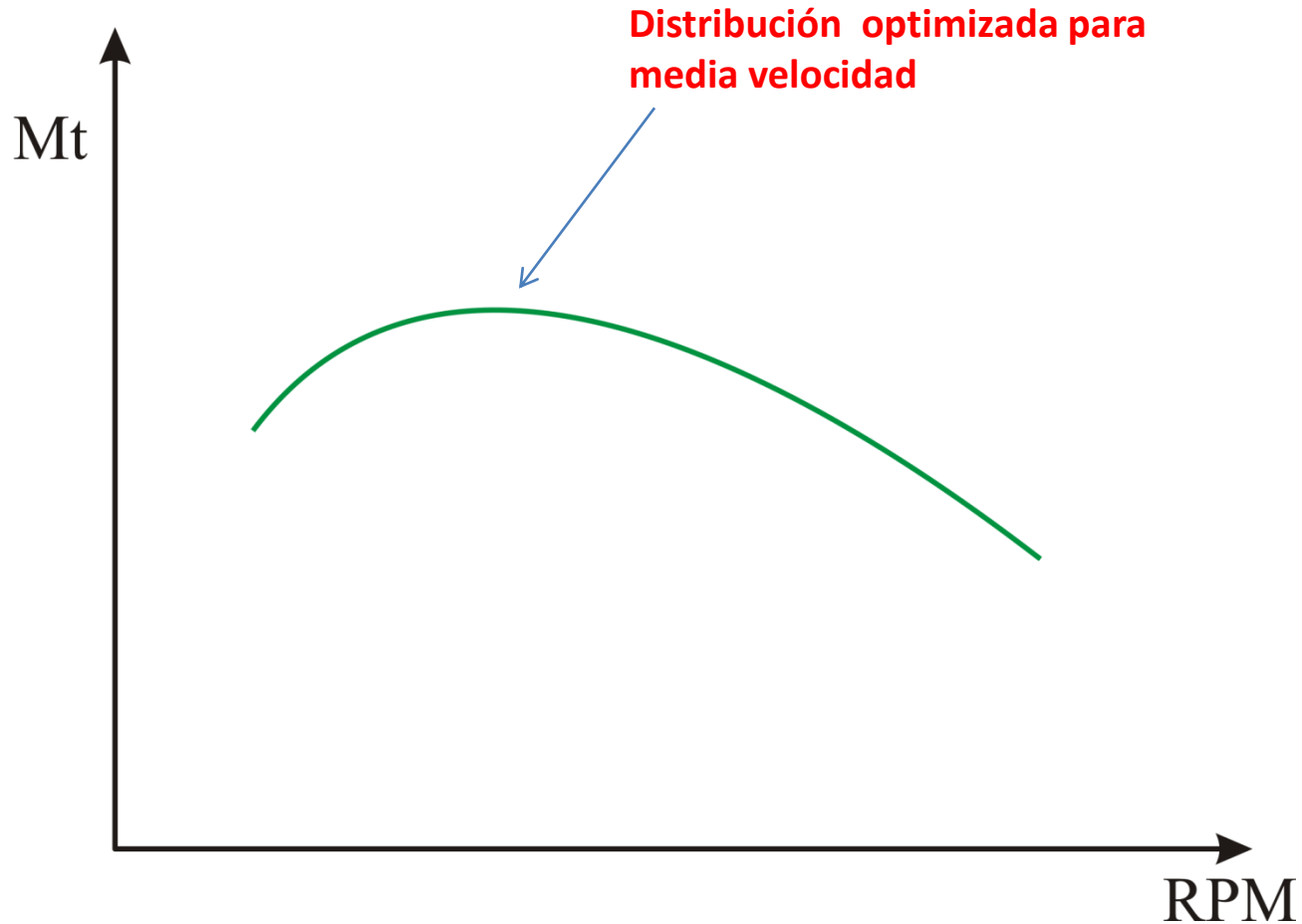


Para una velocidad de giro y un determinado grado de carga, existe un diagrama de distribución óptimo.

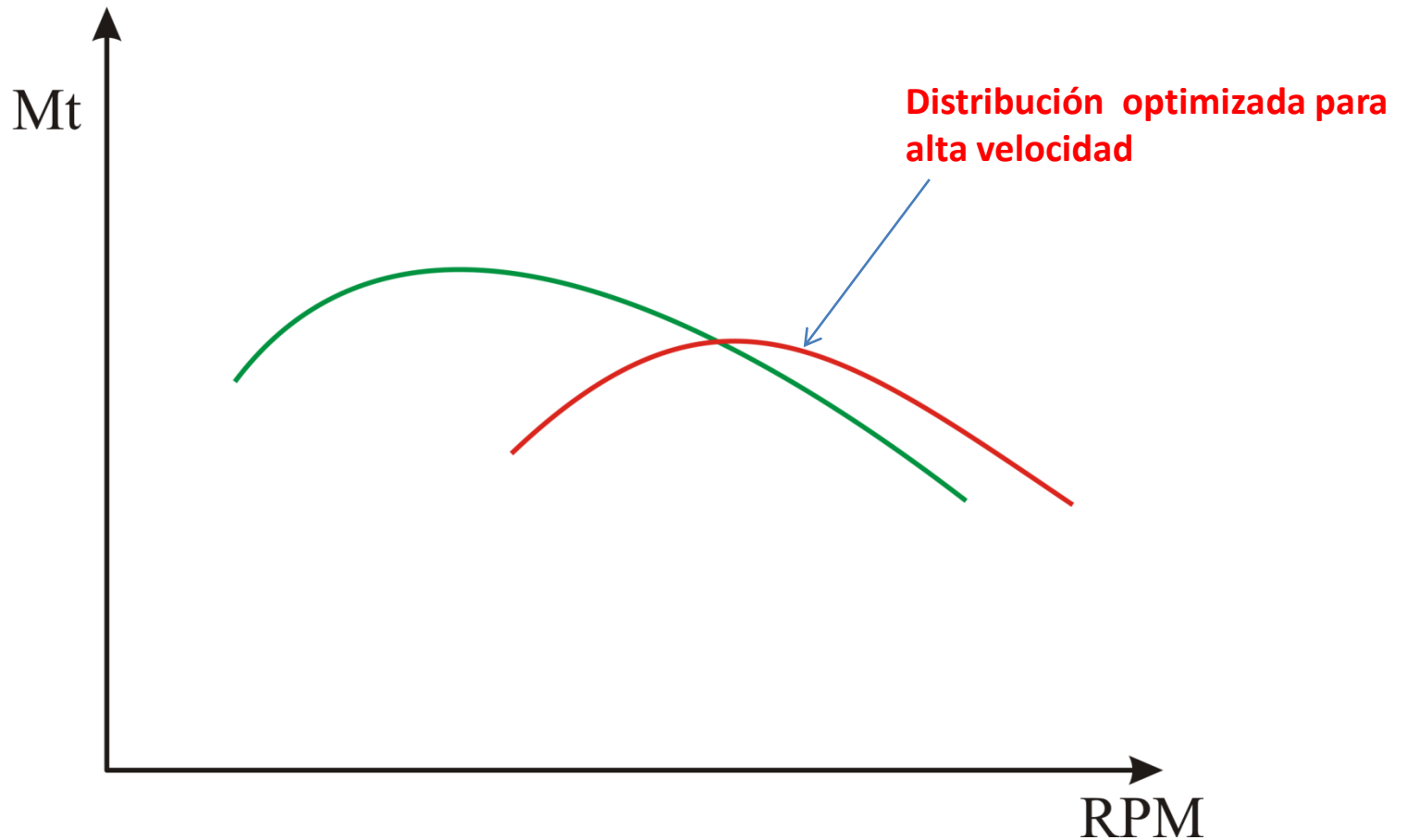
Los sistemas tradicionales se diseñan para lograr un diagrama de distribución que resulte medianamente apropiado para el rango de utilización del motor en función del uso que se hará del mismo.

Cuando la velocidad de diseño aumenta, los diagramas óptimos son más “abiertos” con mayores retardos en cierres y mayores adelantos en aperturas de admisión y escape.

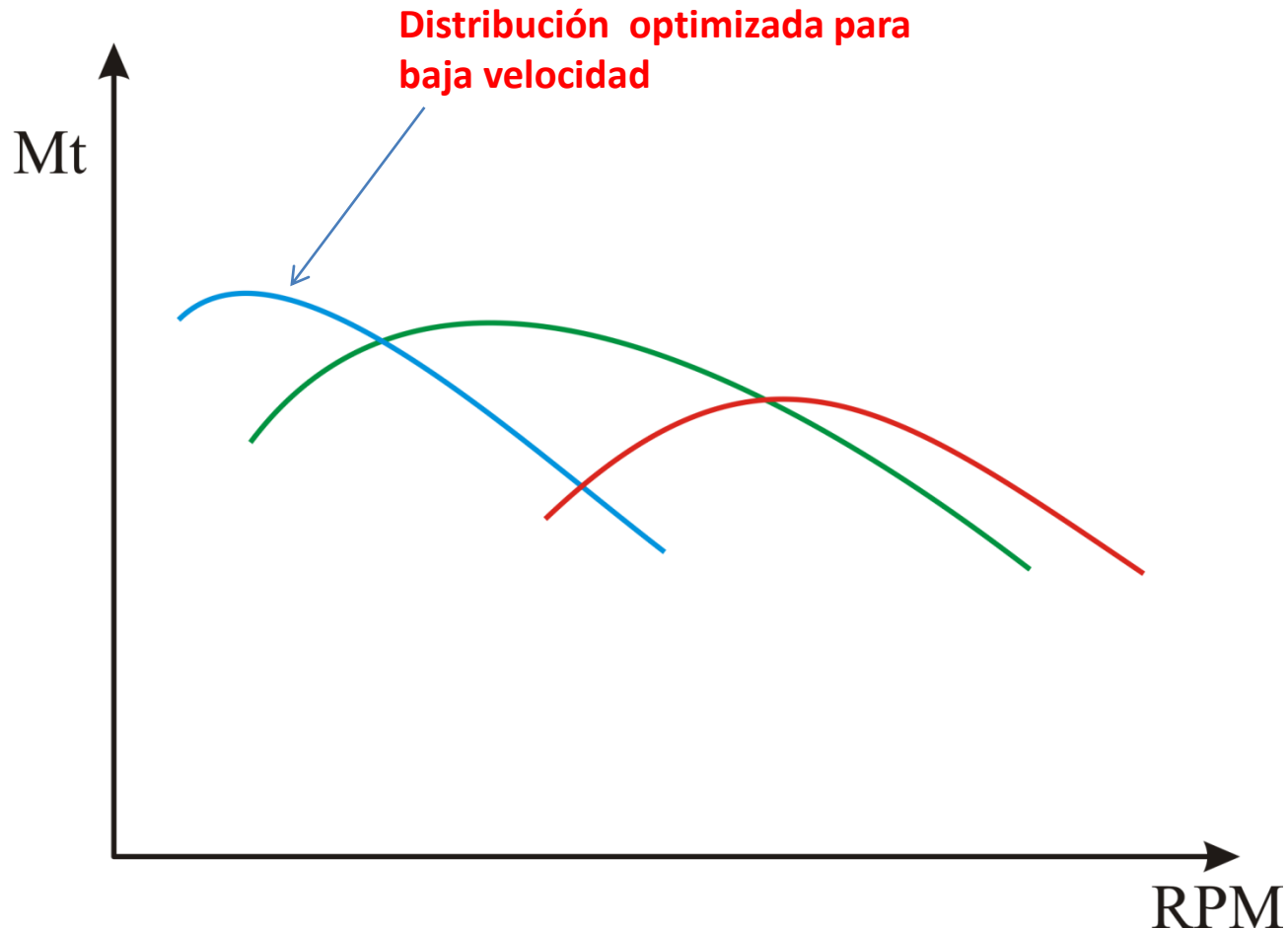
Momentos de Apertura y cierre de válvulas



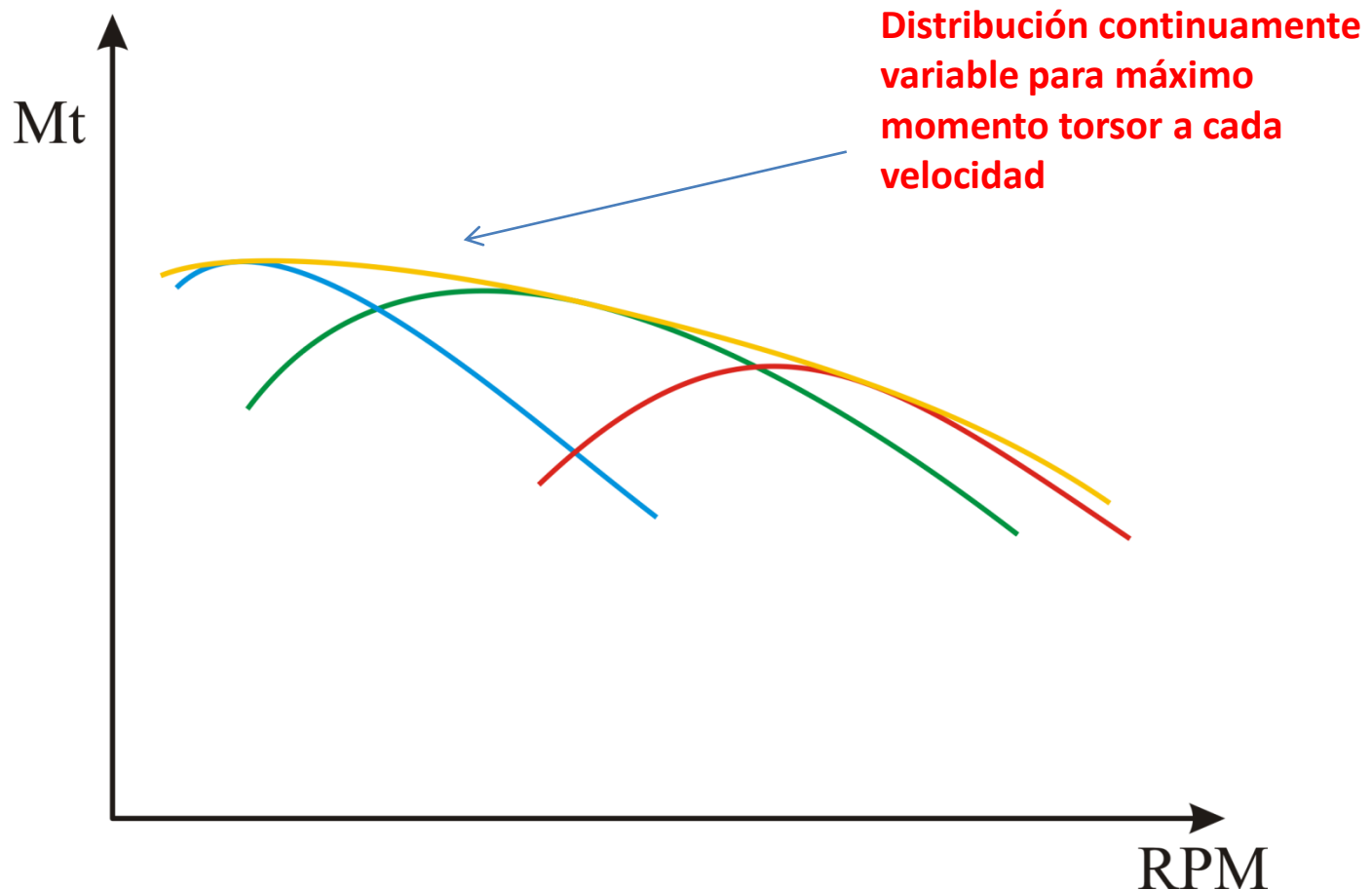
Momentos de Apertura y cierre de válvulas



Momentos de Apertura y cierre de válvulas

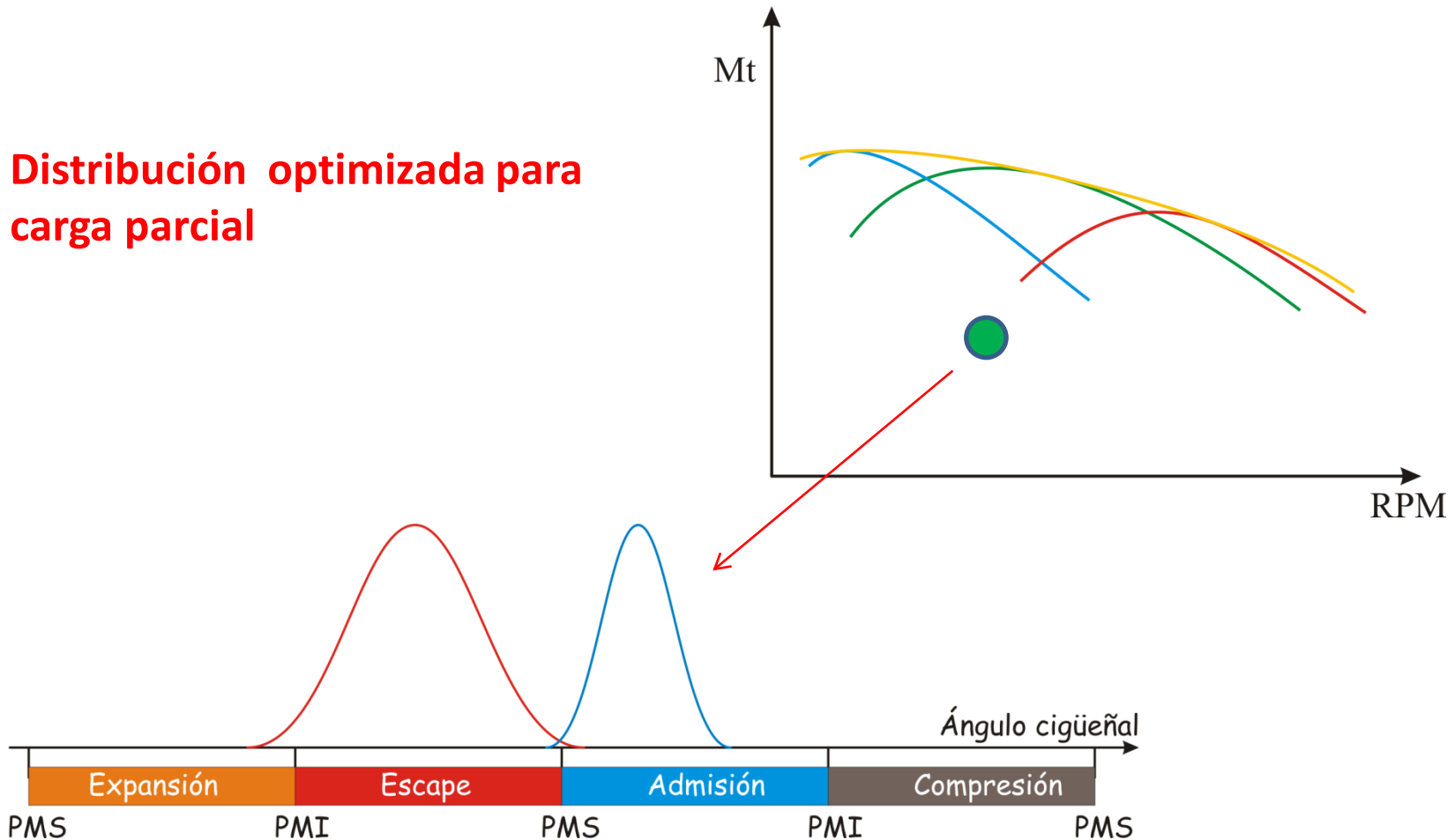


Momentos de Apertura y cierre de válvulas



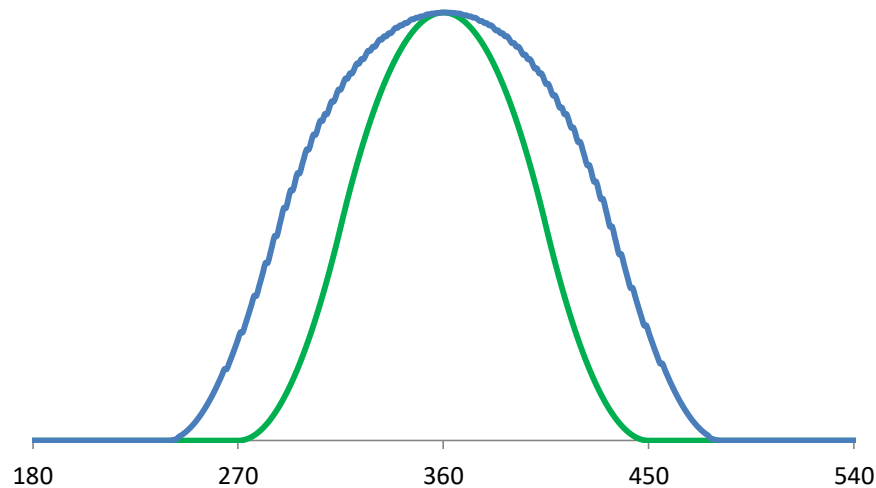
Momentos de Apertura y cierre de válvulas

Distribución optimizada para carga parcial



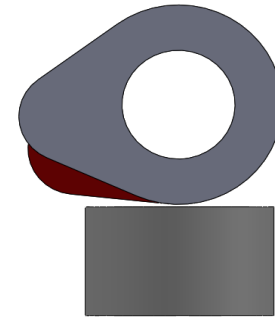
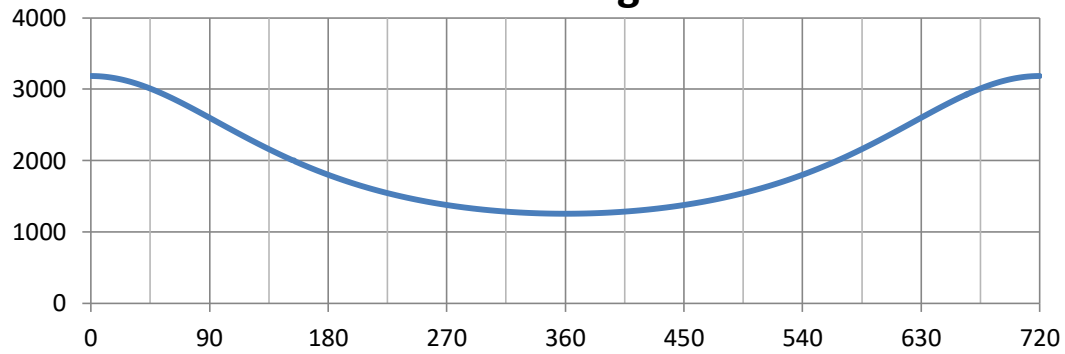
Mecanismos no homocinéticos

Diagrama de Alzada



- Mantienen alzada constante
- Varían tiempo de apertura de la válvula mediante irregularidad de rotación de la leva

Velocidad Angular



Distorsión Angular

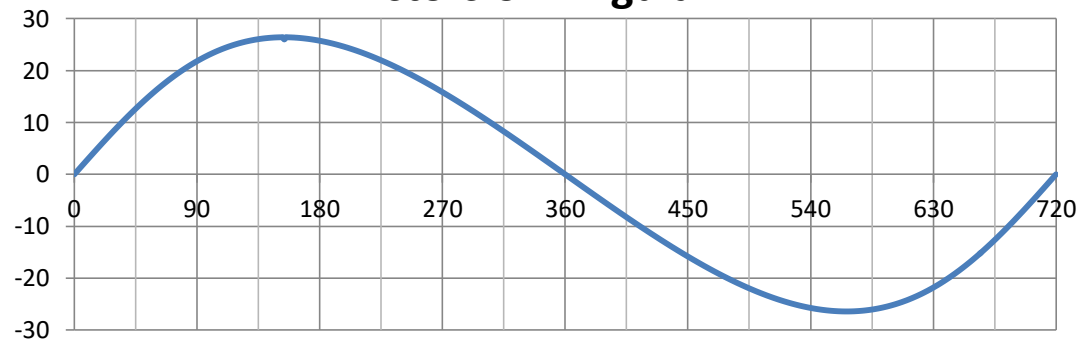
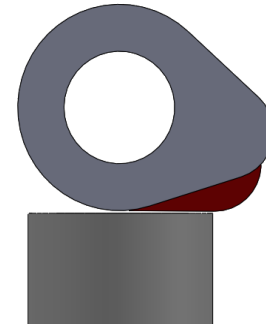
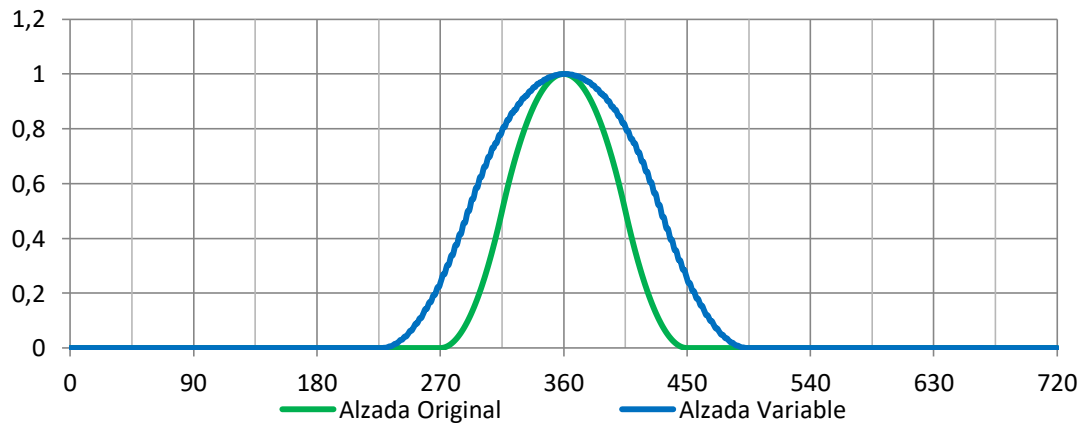
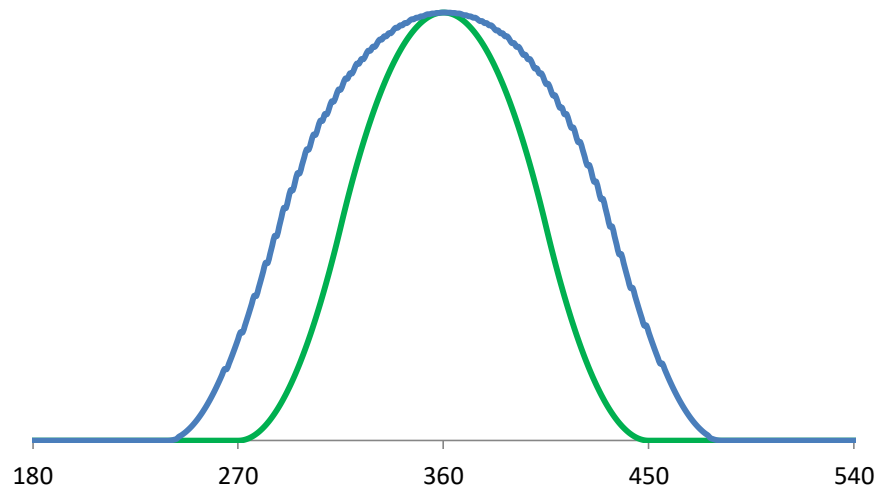


Diagrama de Alzada



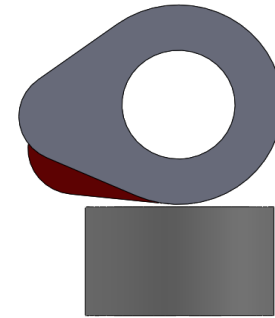
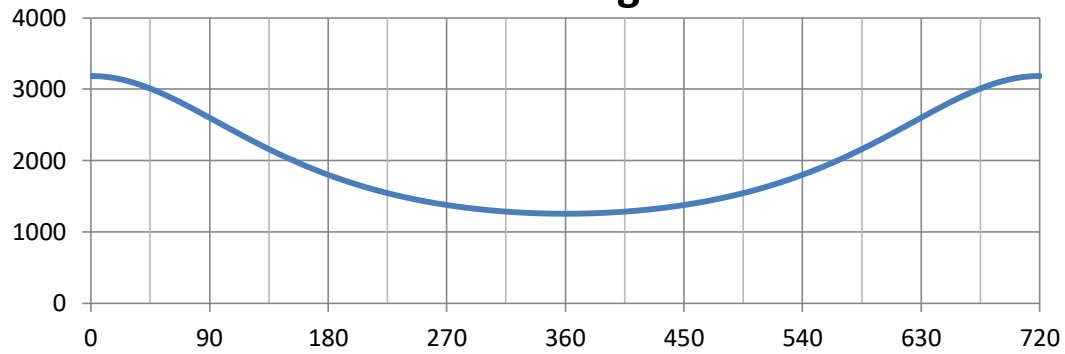
Mecanismos no homocinéticos

Diagrama de Alzada



- Mantienen alzada constante
- Varían tiempo de apertura de la válvula mediante irregularidad de rotación de la leva

Velocidad Angular



Distorsión Angular

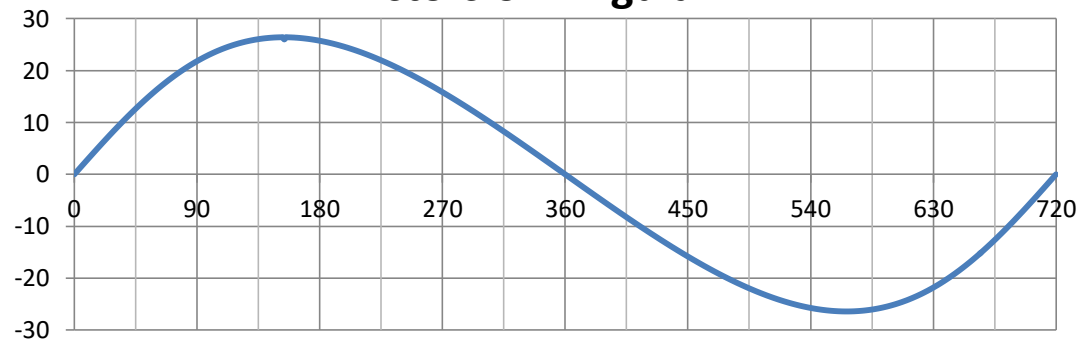
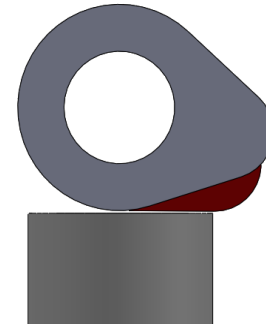
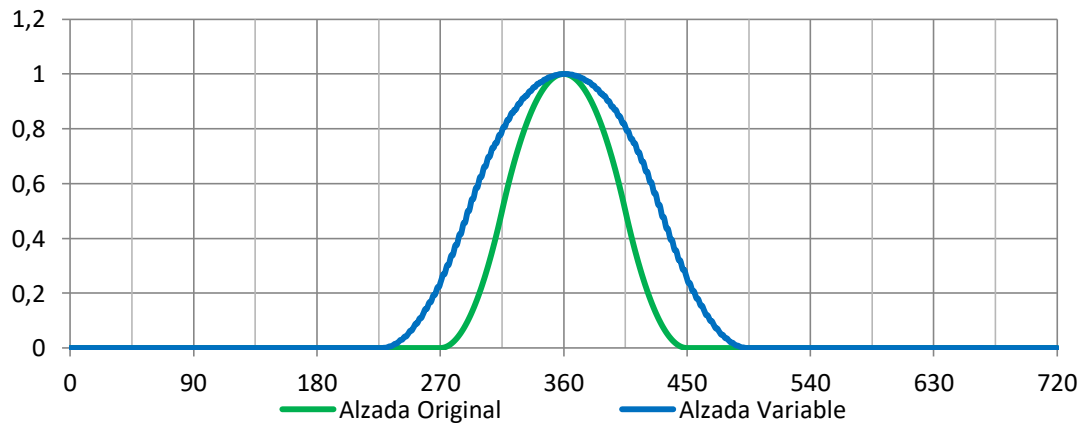


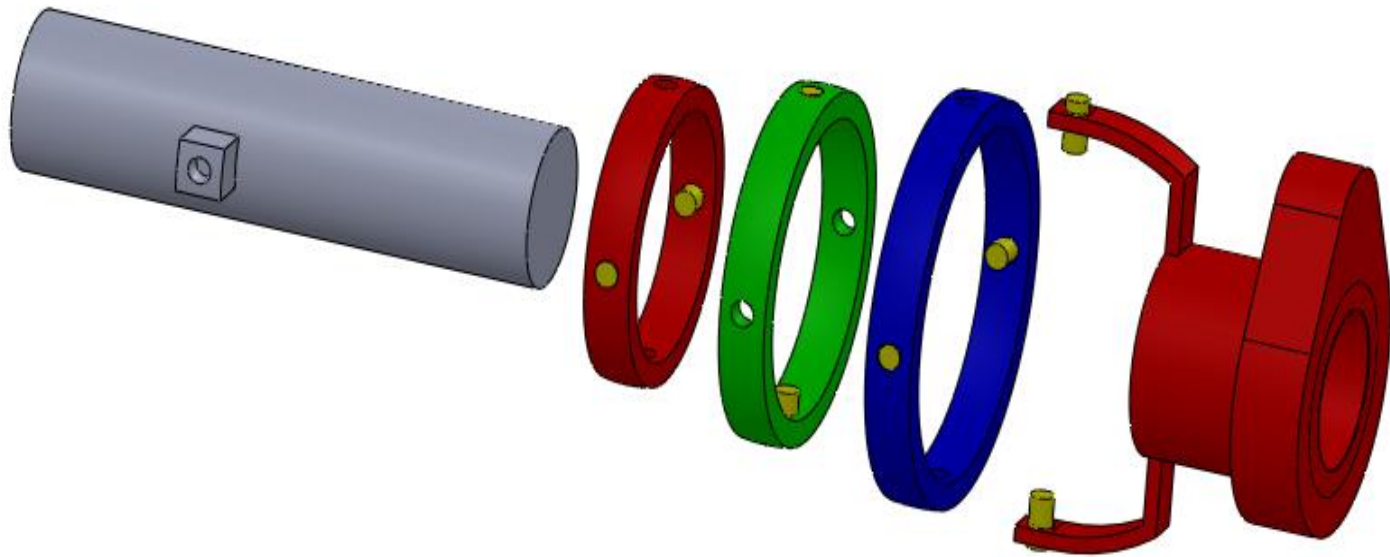
Diagrama de Alzada



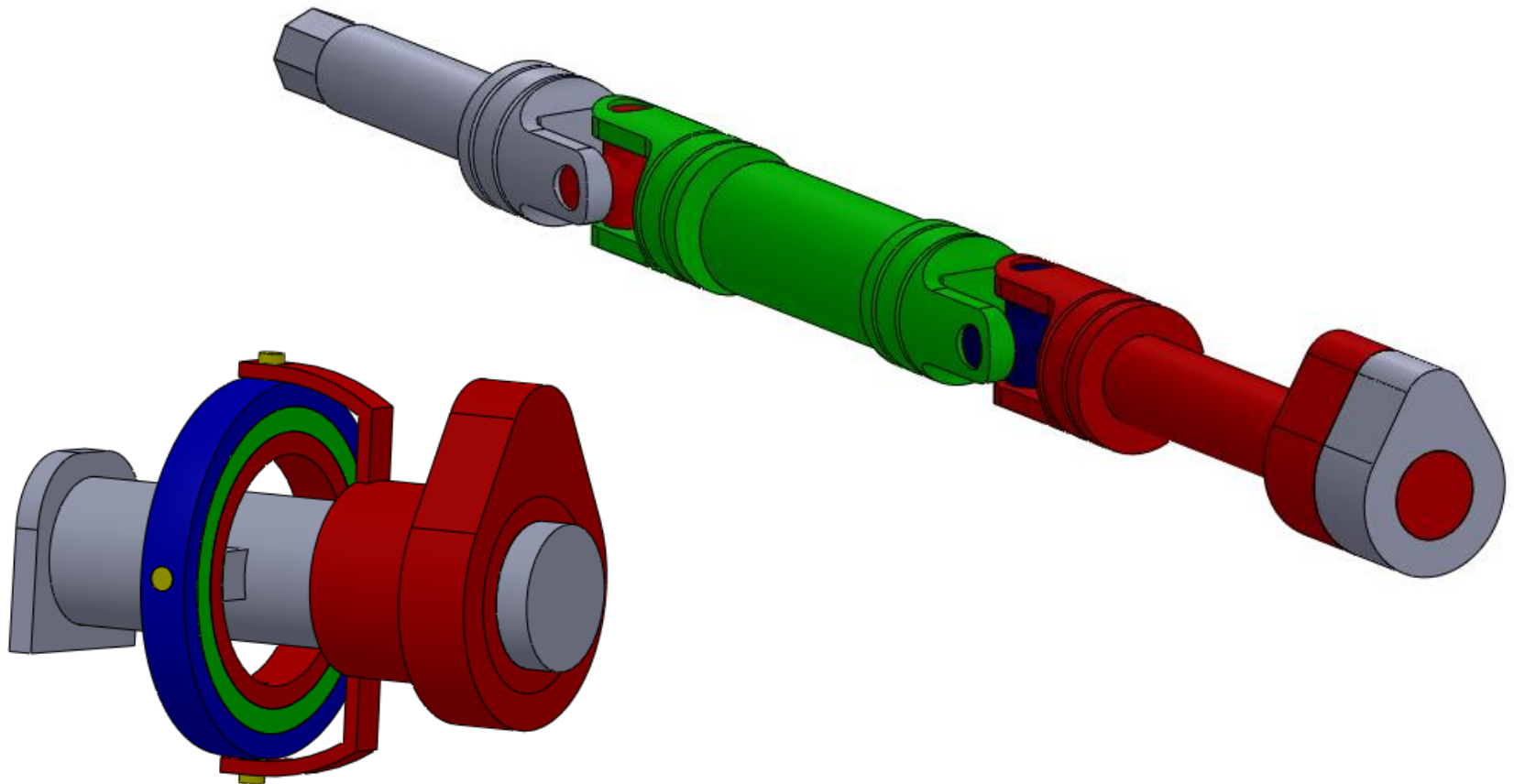
Mecanismos Propuestos

- Juntas Cardánicas
- Junta Cardánica Compacta
- Mecanismo Articulado

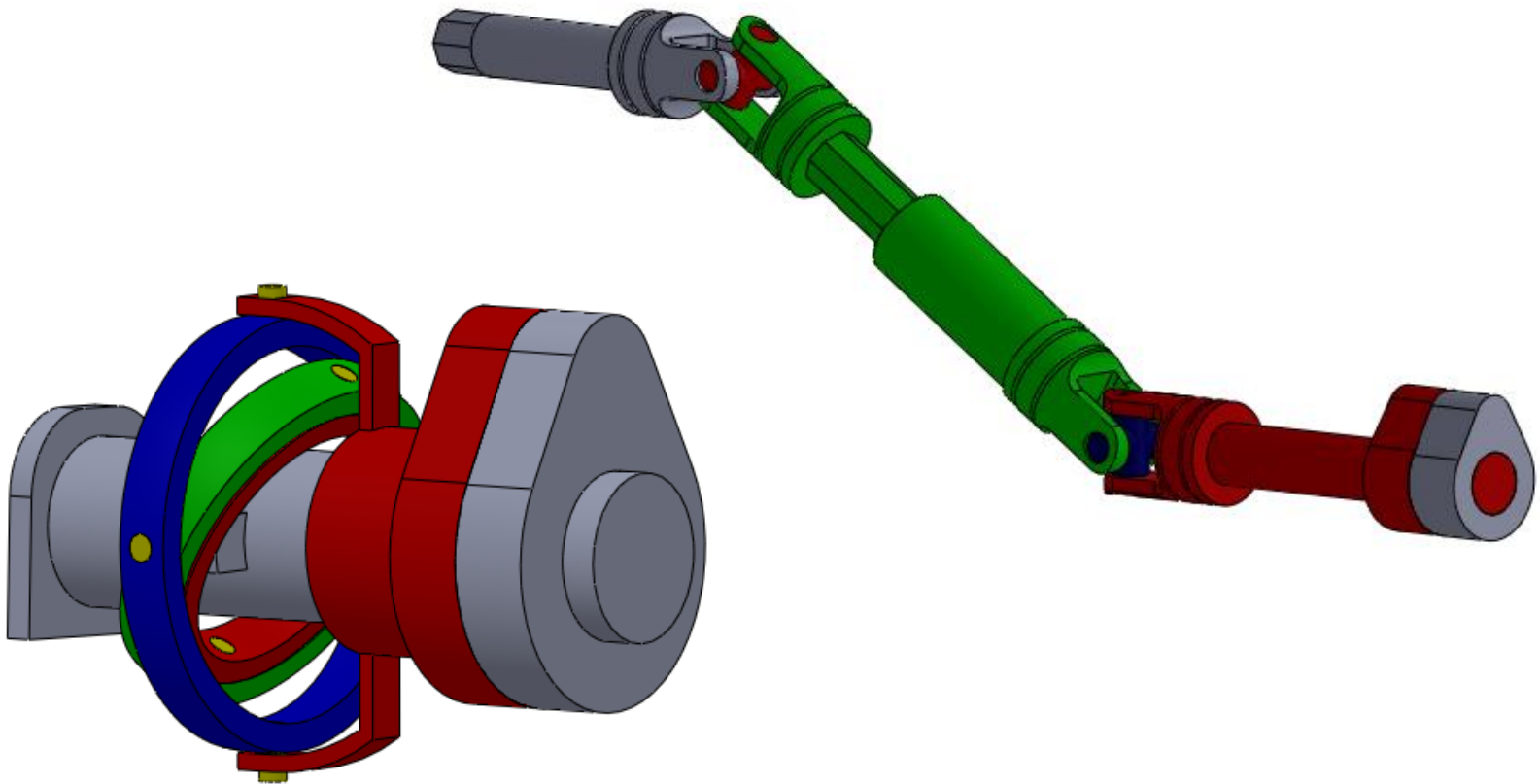
Junta Cardánica Compacta



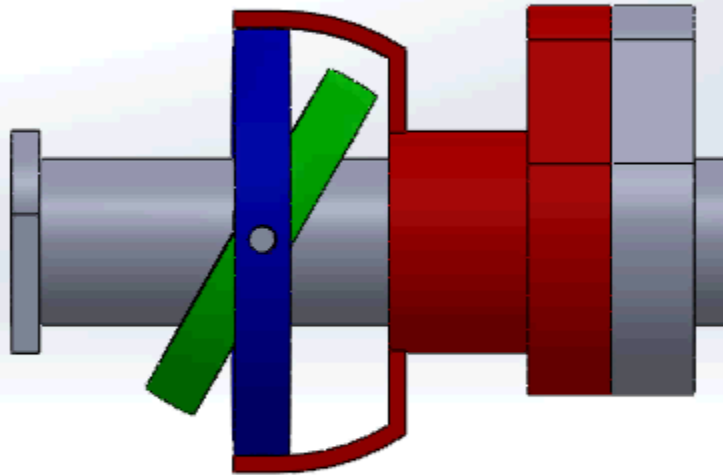
Junta Cardánica Compacta



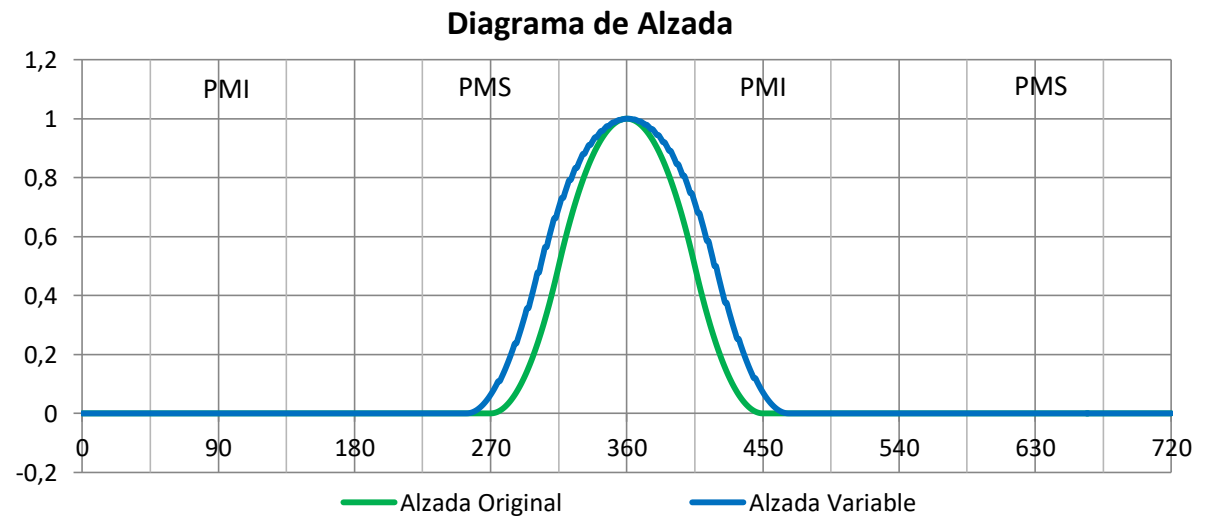
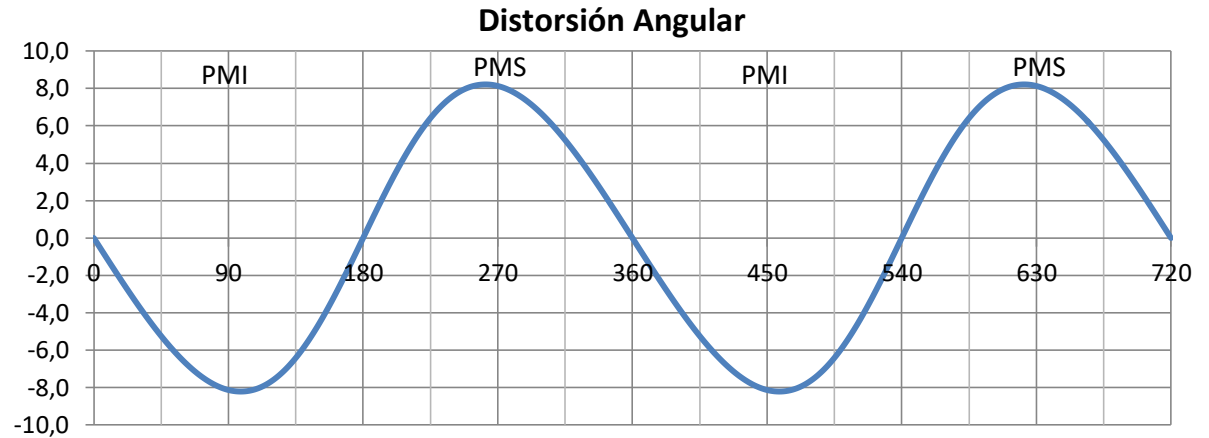
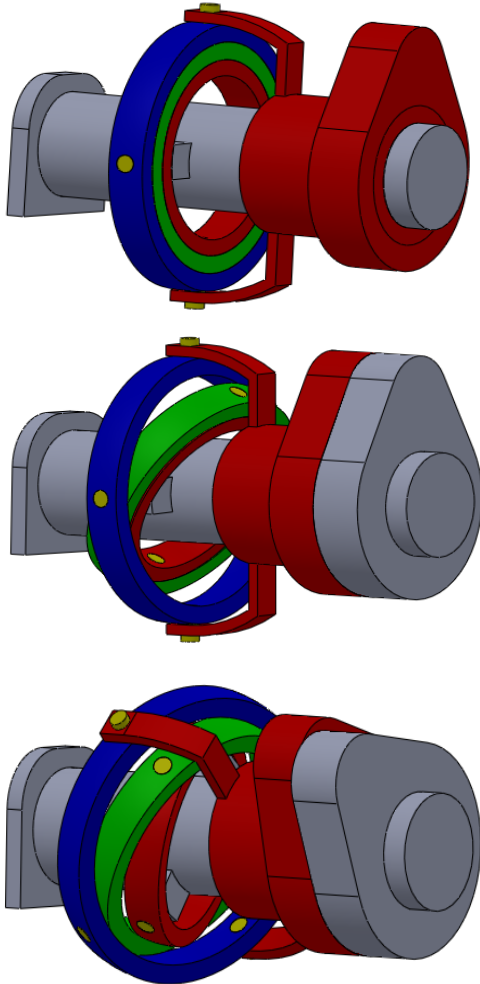
Junta Cardánica Compacta



Junta Cardánica Compacta

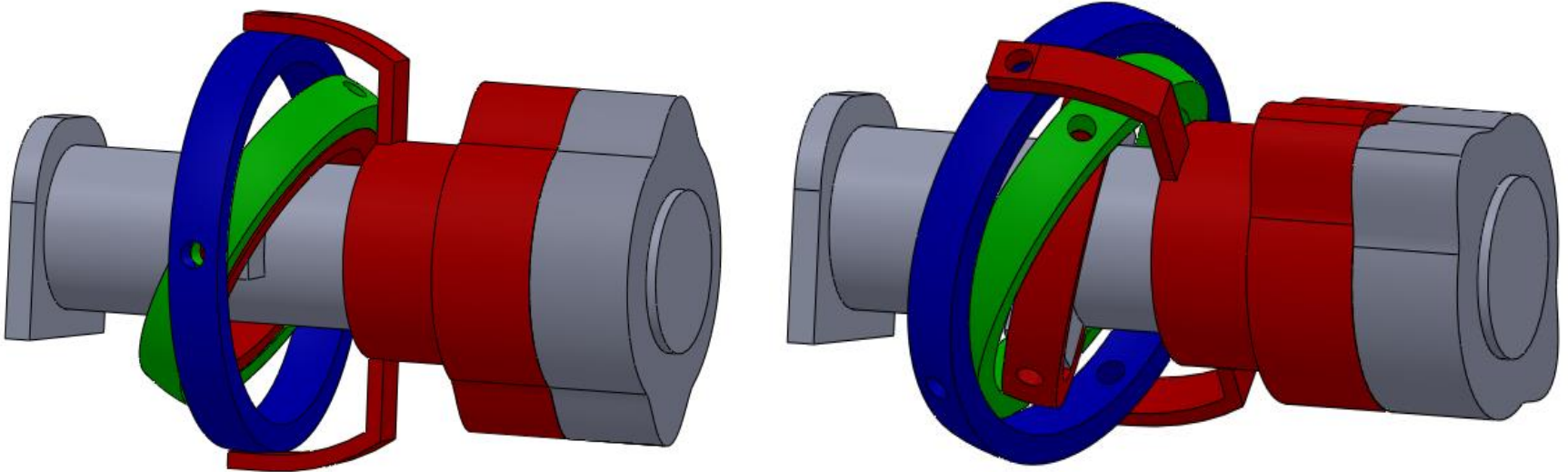


Comportamiento

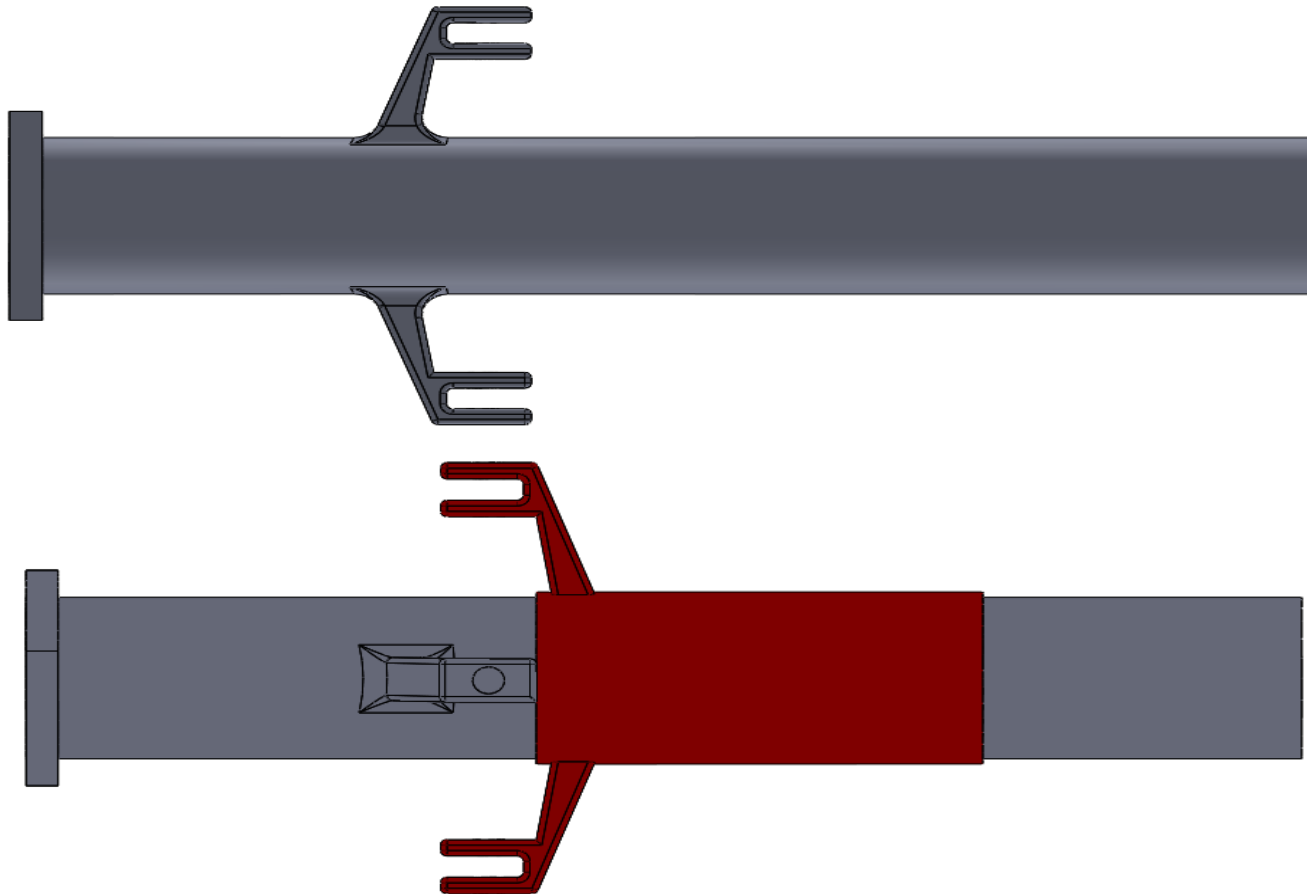


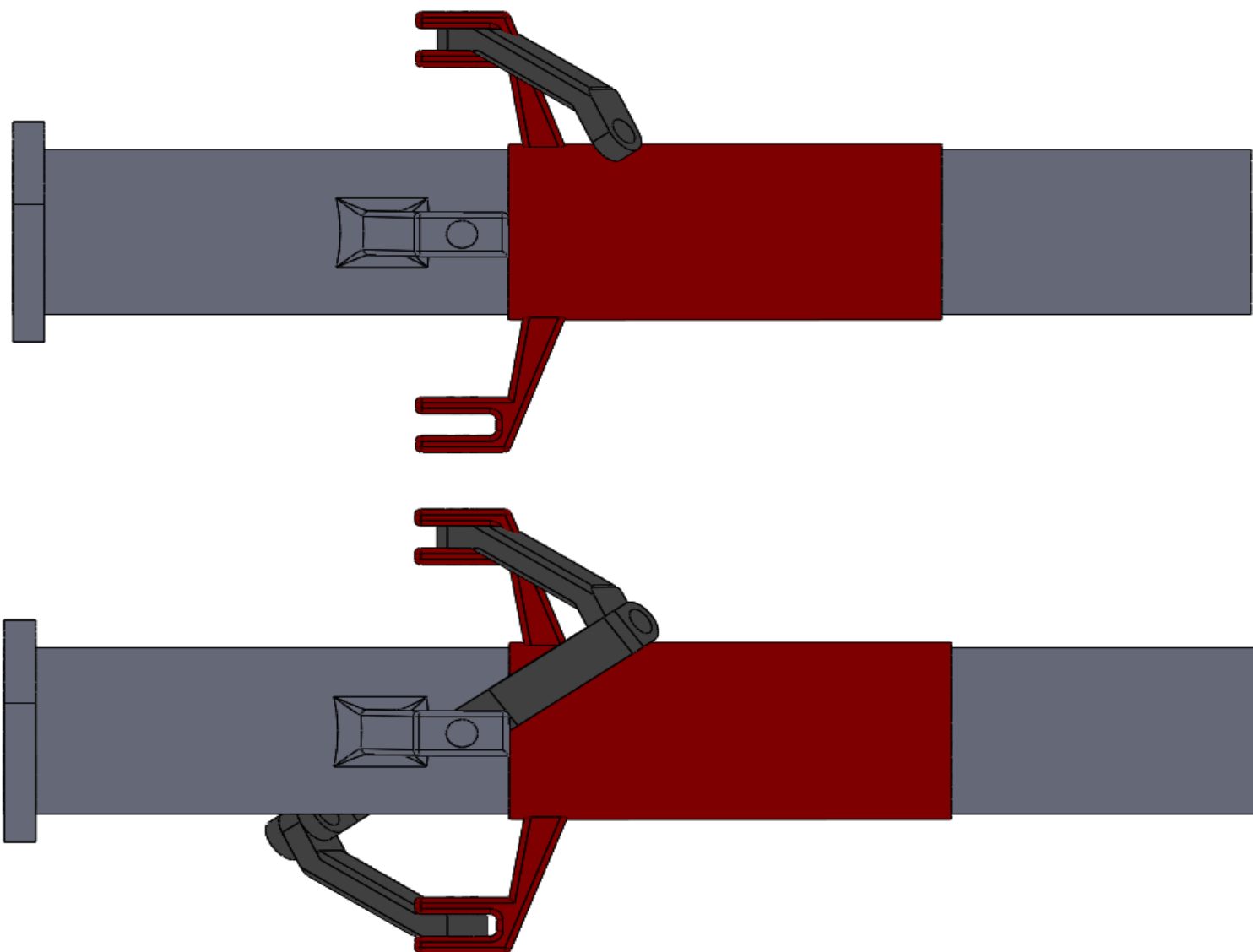
Dos pulsaciones por vuelta de leva

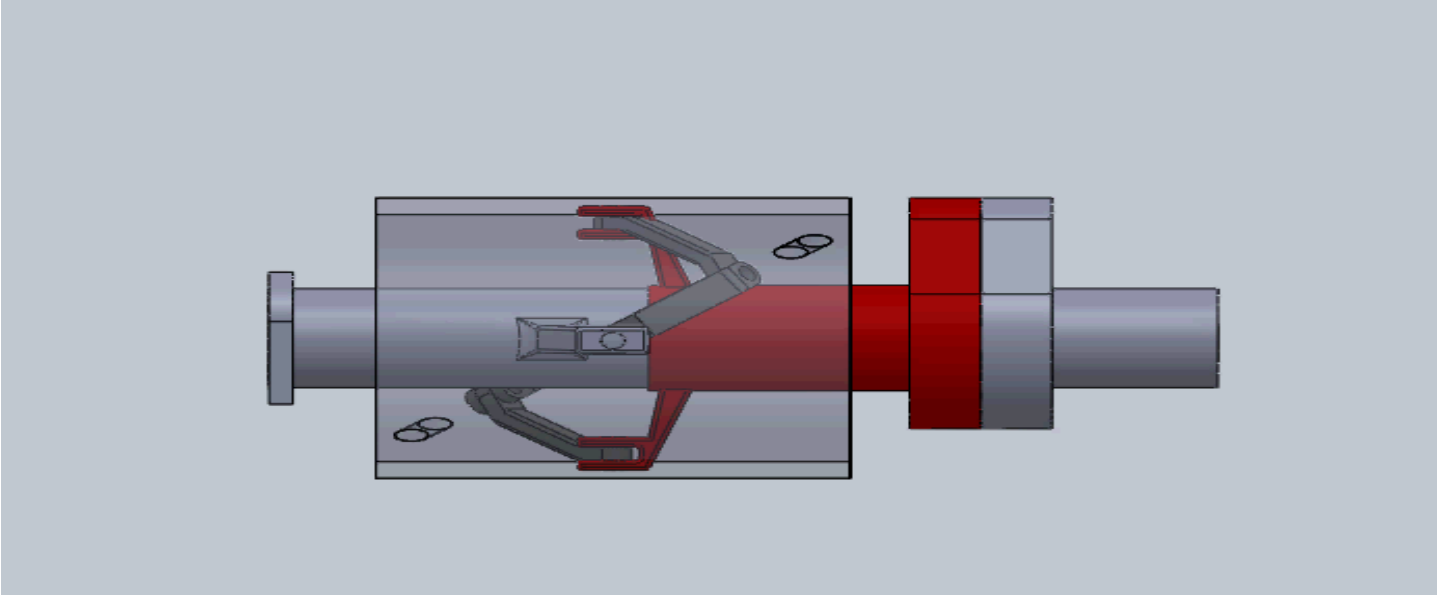
GIRO DE LA LEVA A $\frac{1}{4}$ DE LA VELOCIDAD DEL MOTOR



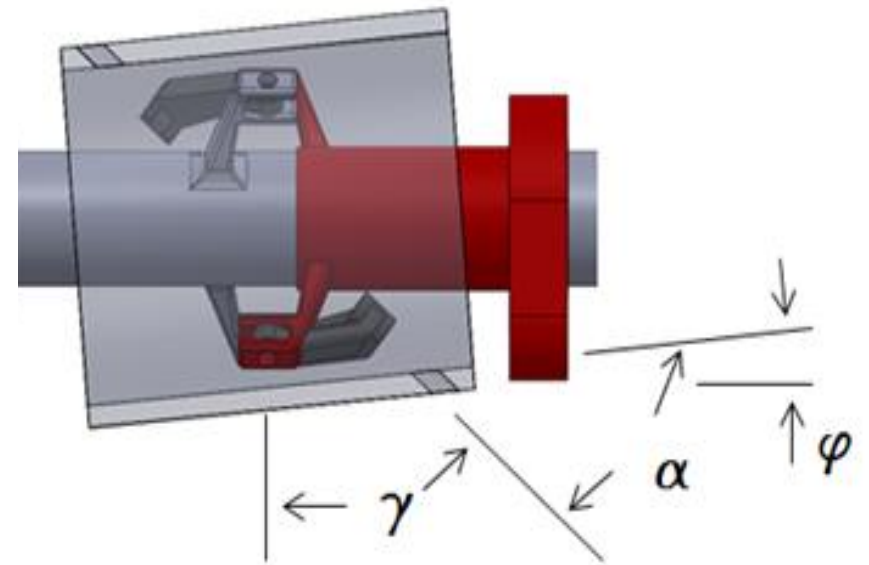
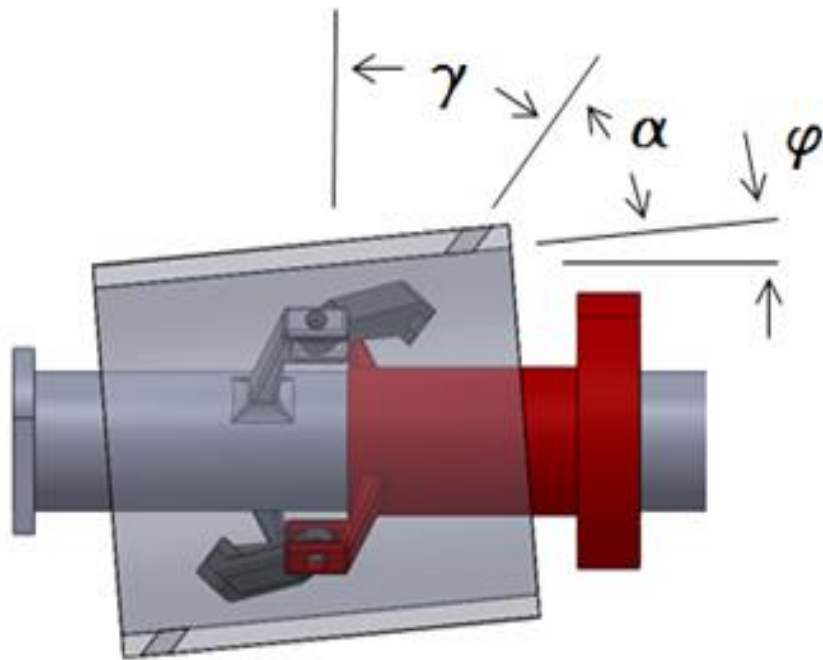
Mecanismo Articulado

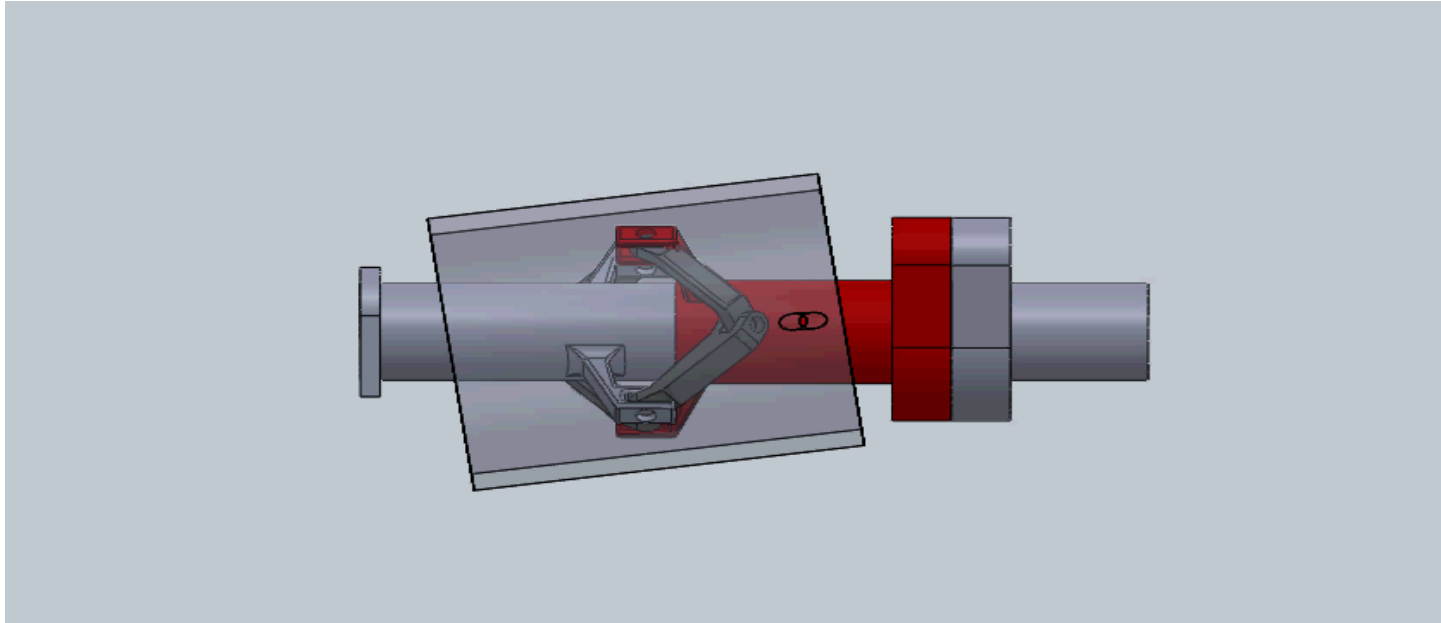


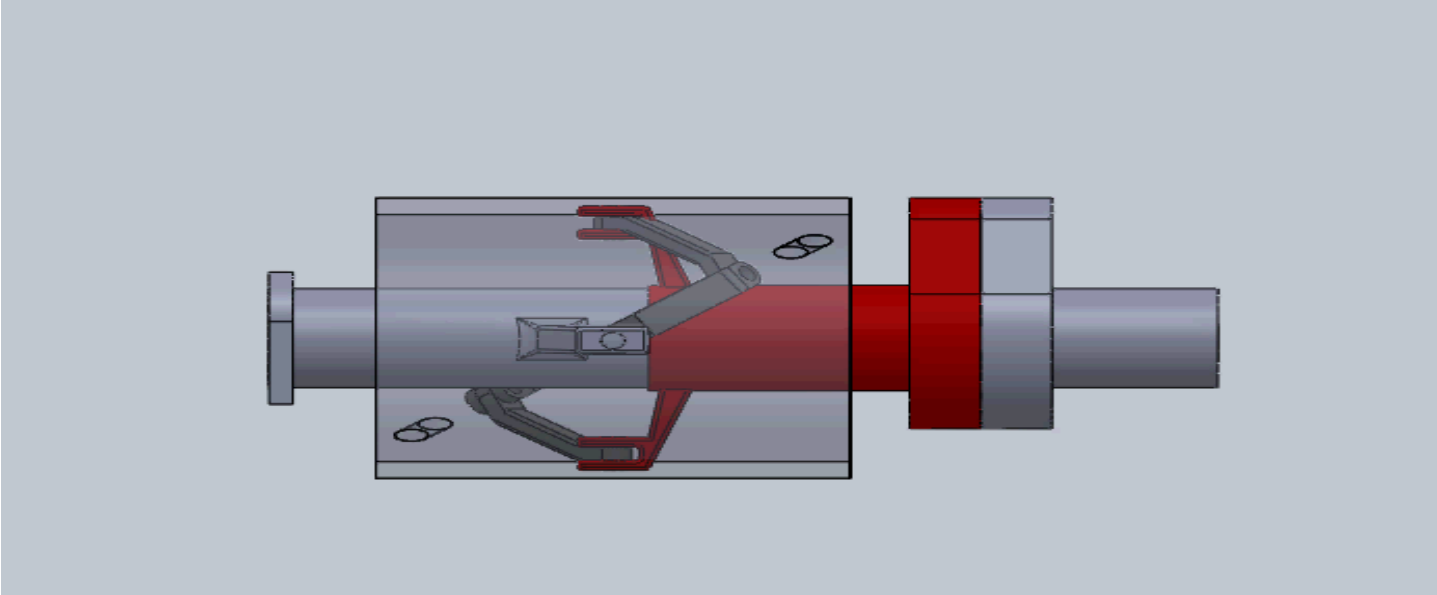




Análisis cinemático







Cojinetes Hidrodinámicos

ESTUDIO TEÓRICO Y EXPERIMENTAL



Facultad de Ingeniería Comodoro Rivadavia
Chubut

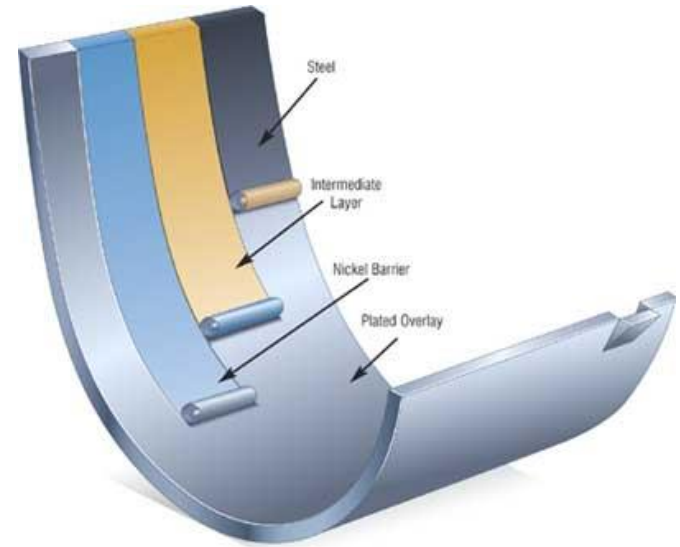
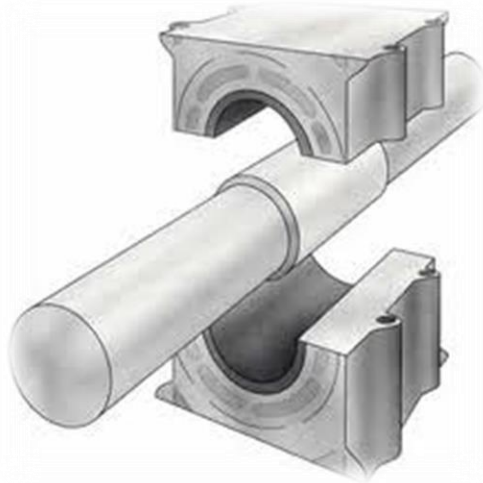
OBJETIVOS

Obtener herramientas de cálculo de cojinetes con criterio termo hidrodinámico

Obtener herramientas de cálculo de cojinetes con criterio termo hidrodinámico y para cargas variables

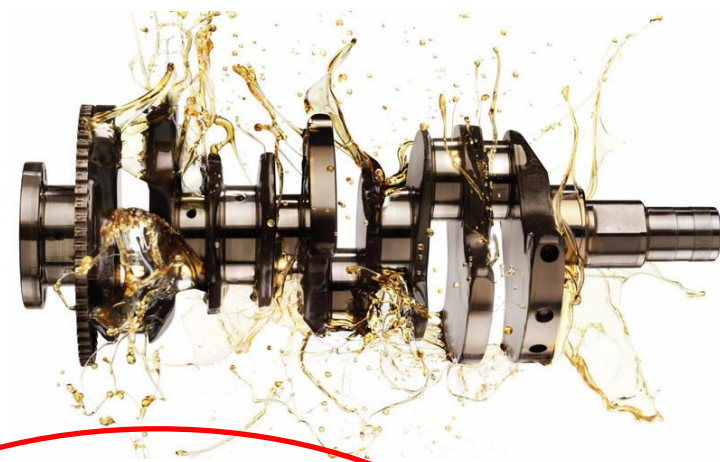
Construcción de un banco de ensayos para cojinetes con cargas constantes y variables

Cojinetes Radiales



Cojinete=Eje+Aceite+Cojinete

Películas lubricantes



Lubricación hidrostática

- Película gruesa.
- Se usa cuando existe poca o nula velocidad relativa.
- Necesita de sistemas auxiliares de alta presión.

Lubricación elastohidrodinámica

- Película muy fina.
- La deformación elástica de contacto juega un rol fundamental.
- Necesita de sistemas auxiliares de baja presión.

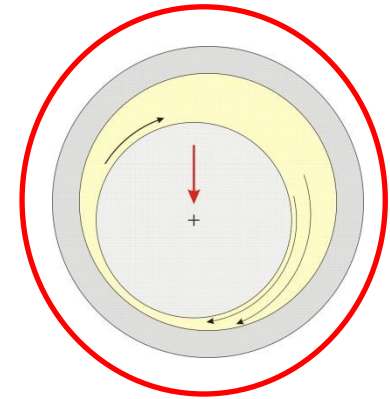
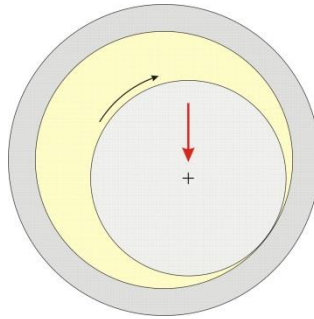
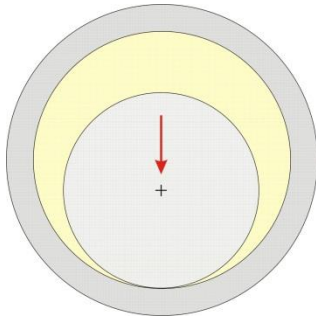
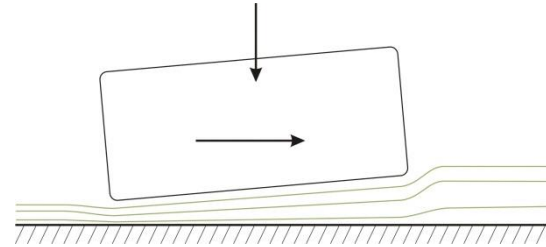
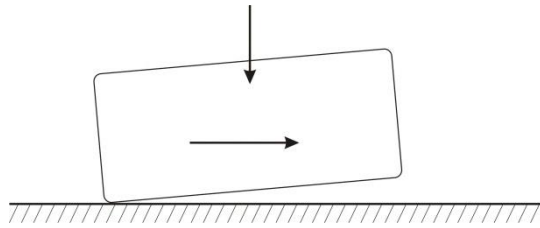
Lubricación hidrodinámica

- Película gruesa.
- Se usa cuando existe velocidad relativa.
- Necesita de sistemas auxiliares de baja a media presión.
- Resiste grandes cargas.

Lubricación límite

- Película casi nula.
- Existe contacto metal metal.

LUBRICACIÓN HIDRODINÁMICA



Factores que controlan la película lubricante.

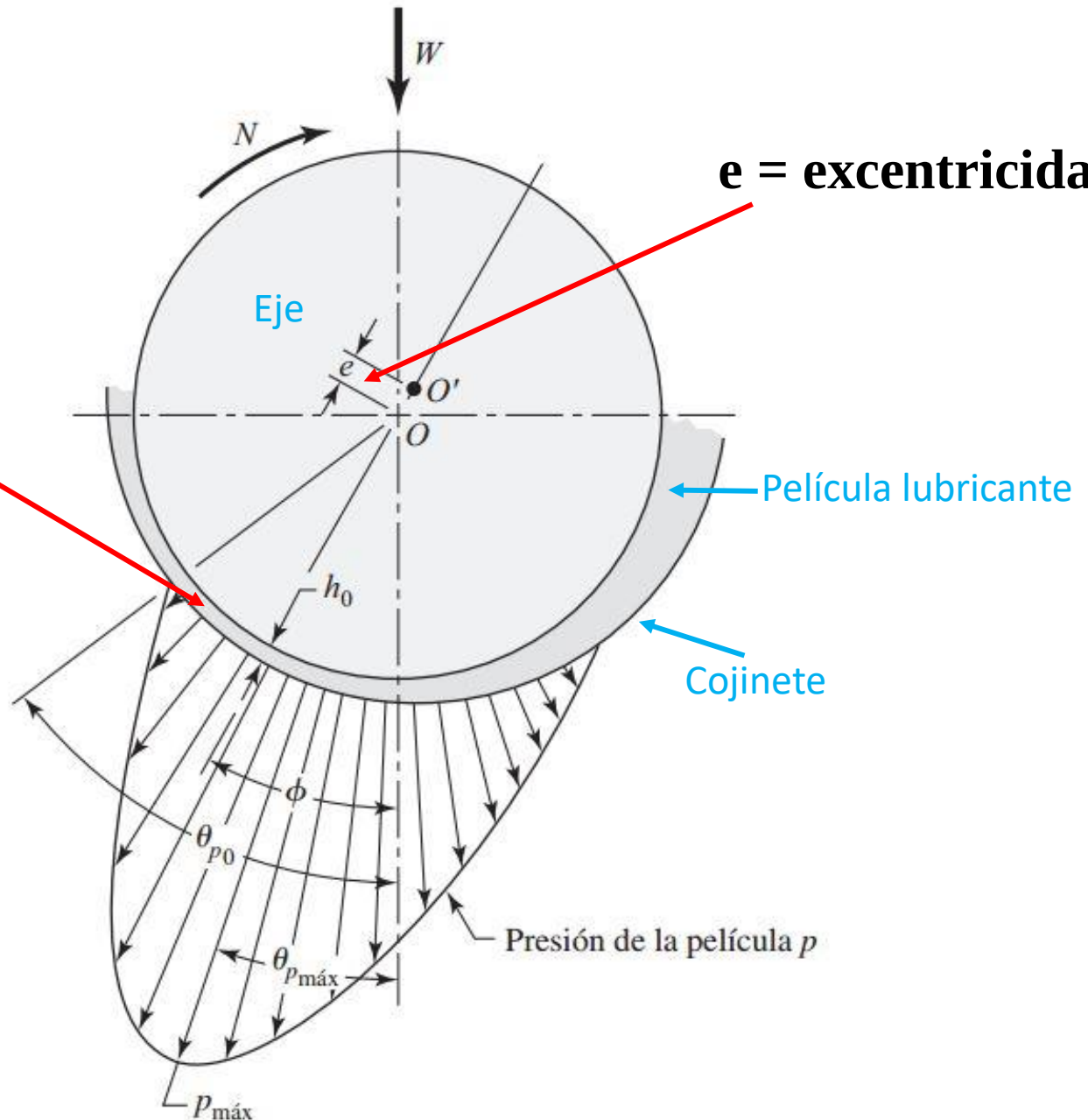
- **Velocidad relativa**
 - **Viscosidad**
 - **Carga**
- **Factores geométricos**

Nomenclatura utilizada en cojinetes

c = huelgo radial

e = excentricidad

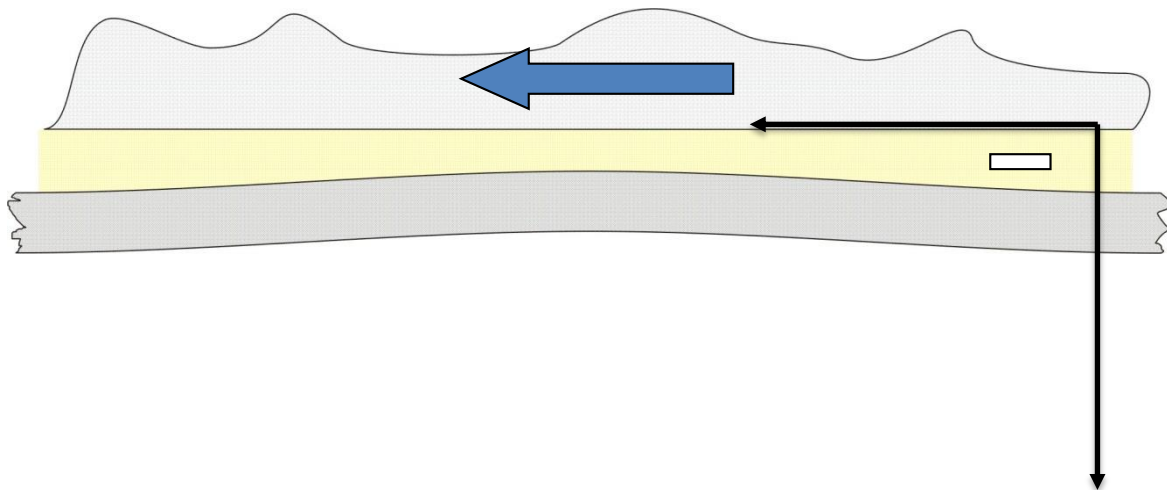
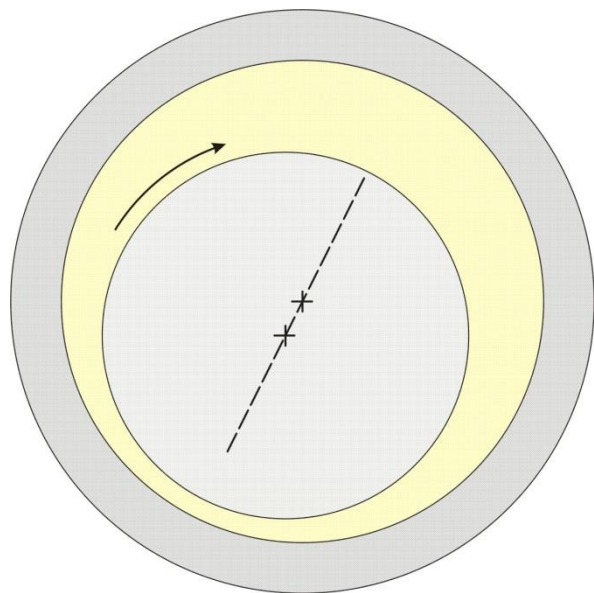
**L/D = Relación
de aspecto**



Mecánica de Fluidos de la película

Consideraciones

1. Radio $\gg$ huelgo radial

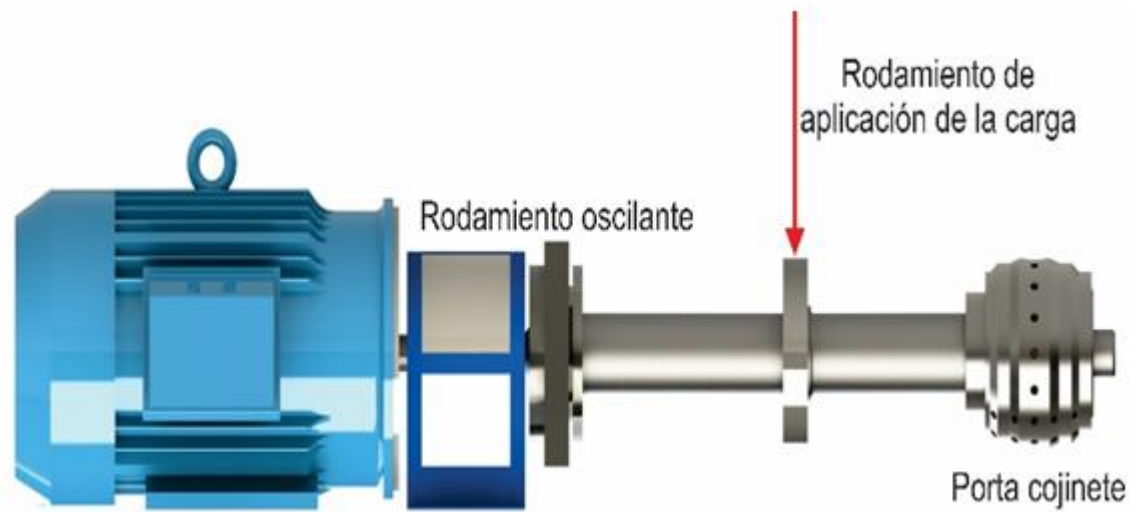
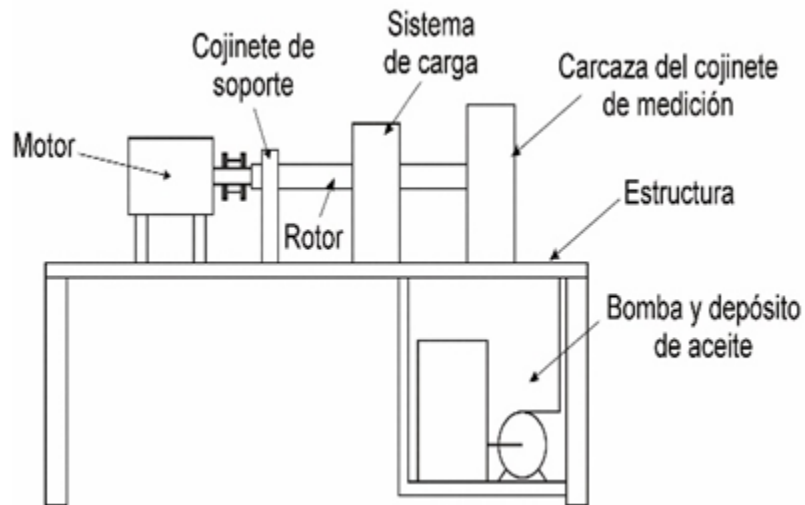


Mecánica de Fluidos de la película

Consideraciones

1. Radio $\gg$ huelgo radial
2. Efectos inerciales despreciables
3. Fluido Newtoniano e incompresible
4. Flujo isotérmico
5. Estado estacionario

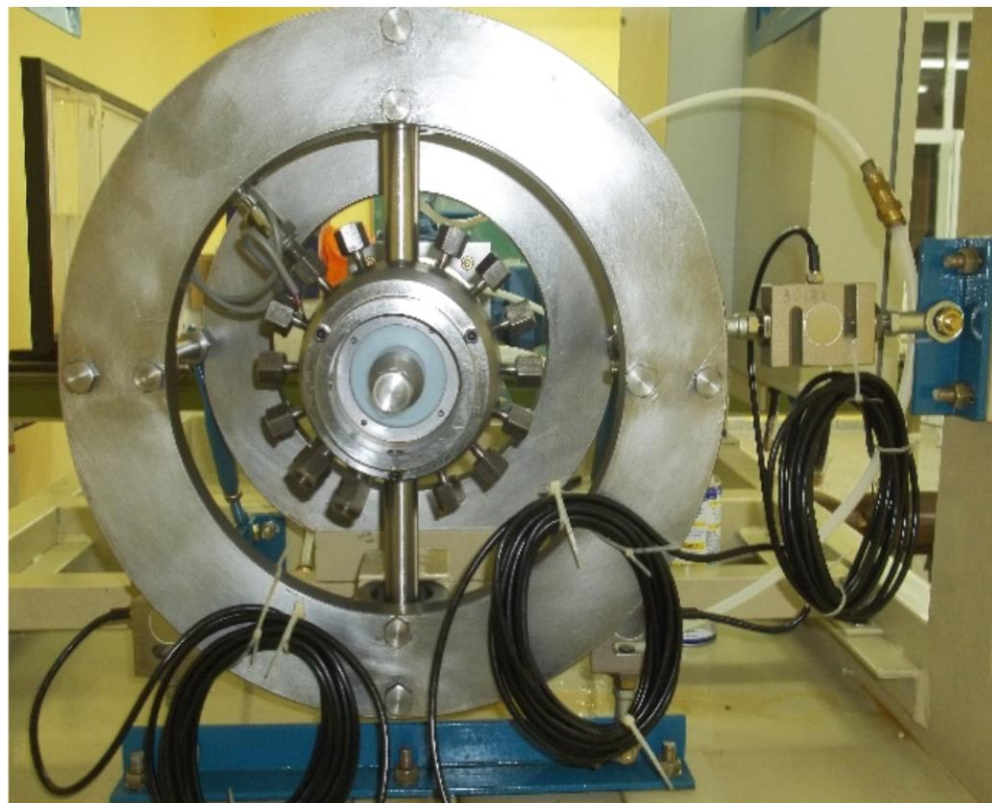
Banco de Ensayos de Cojinetes Hidrodinámicos



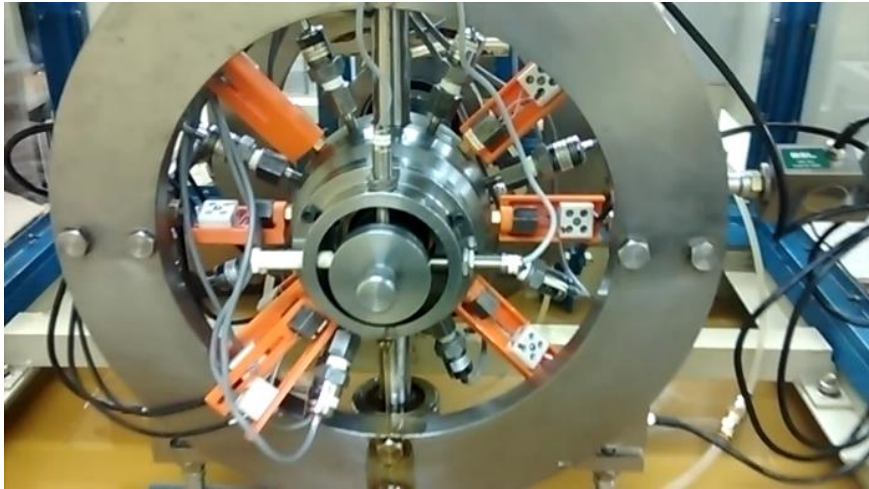
COMODORO RIVADAVIA



LAB. MEC. DE FLUIDOS
FACULTAD DE INGENIERÍA

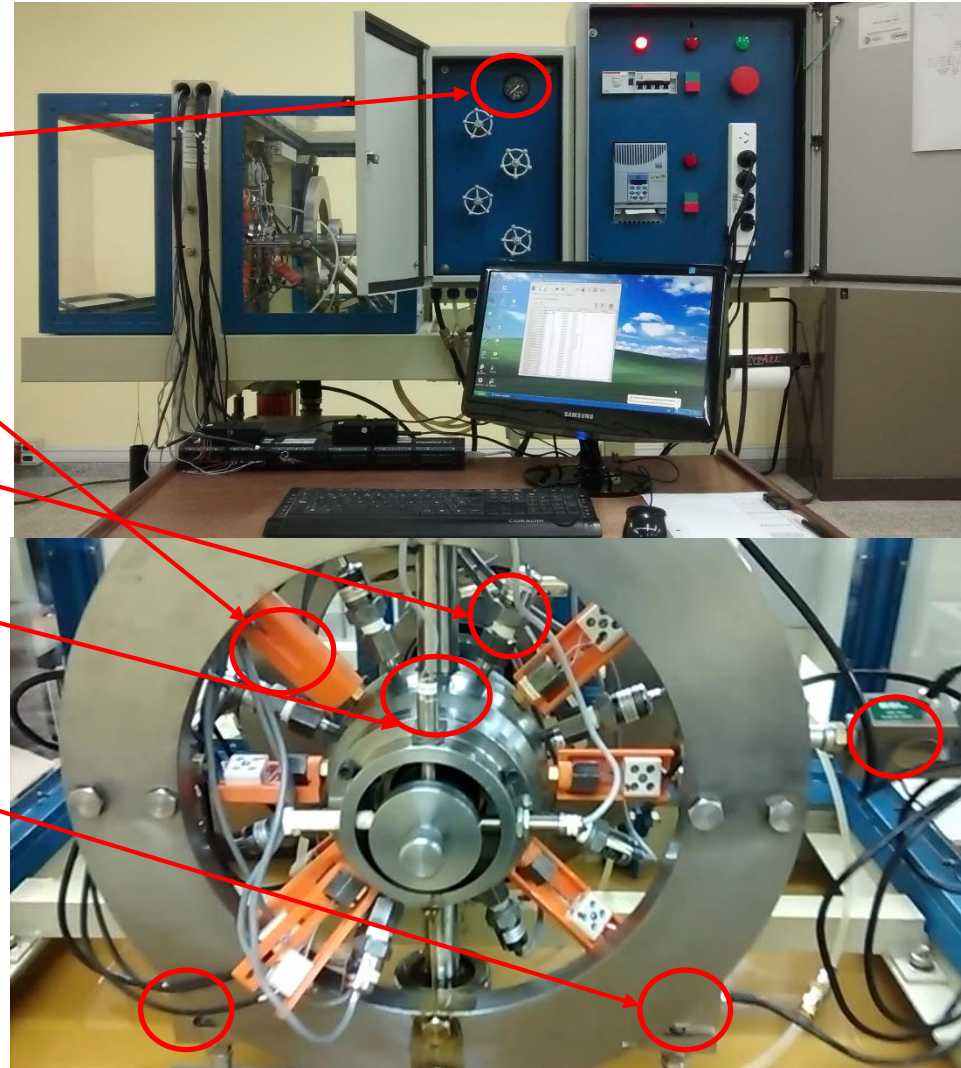


Sensores, Cableado y Puesta a Punto

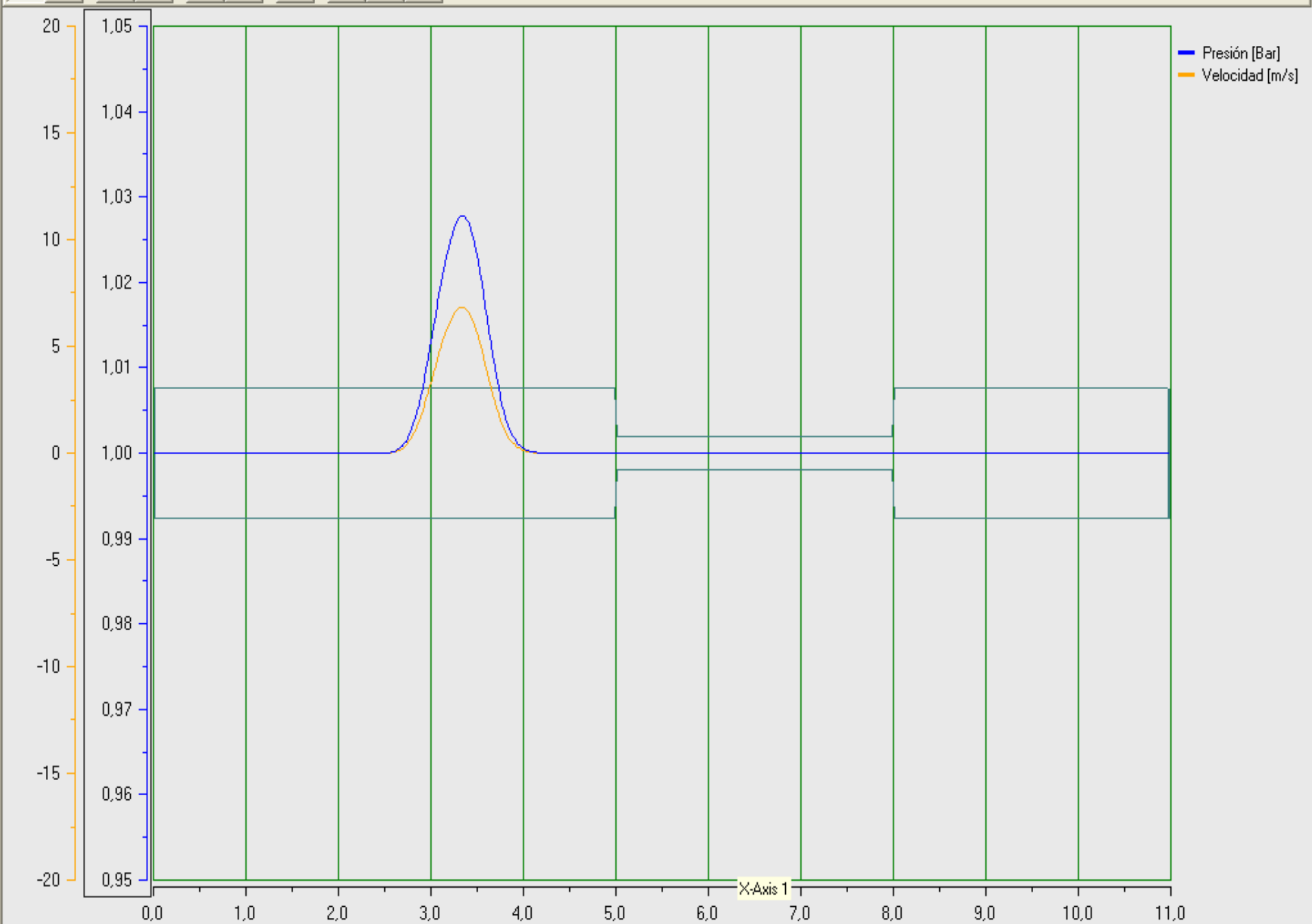


VARIABLES MEDIBLES

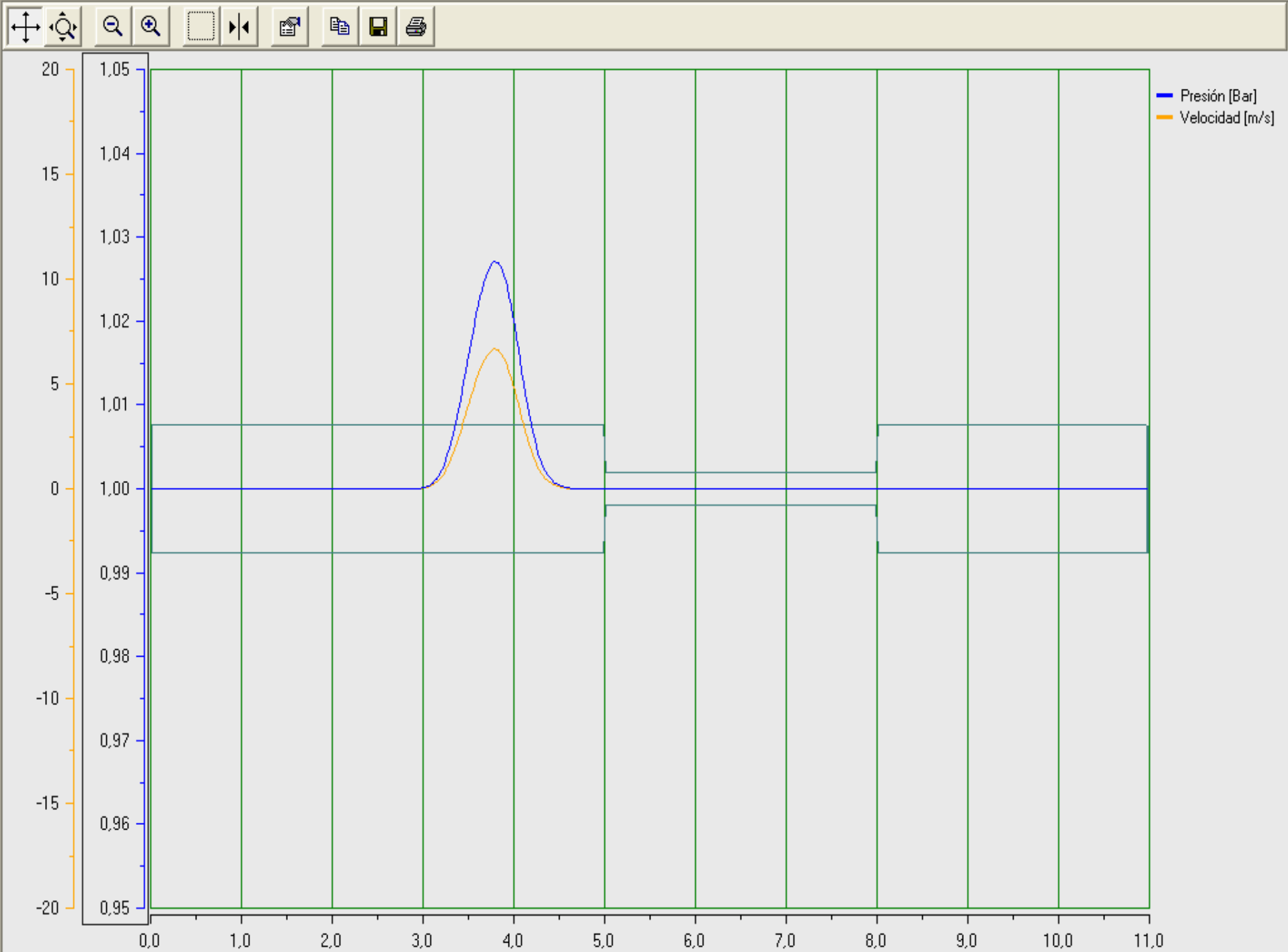
- Presión de suministro
- Temperatura cojinete (10) y presión de la película (12)
- Excentricidad y alineación
- Fuerza Vertical y Horizontal
- Par en el Eje

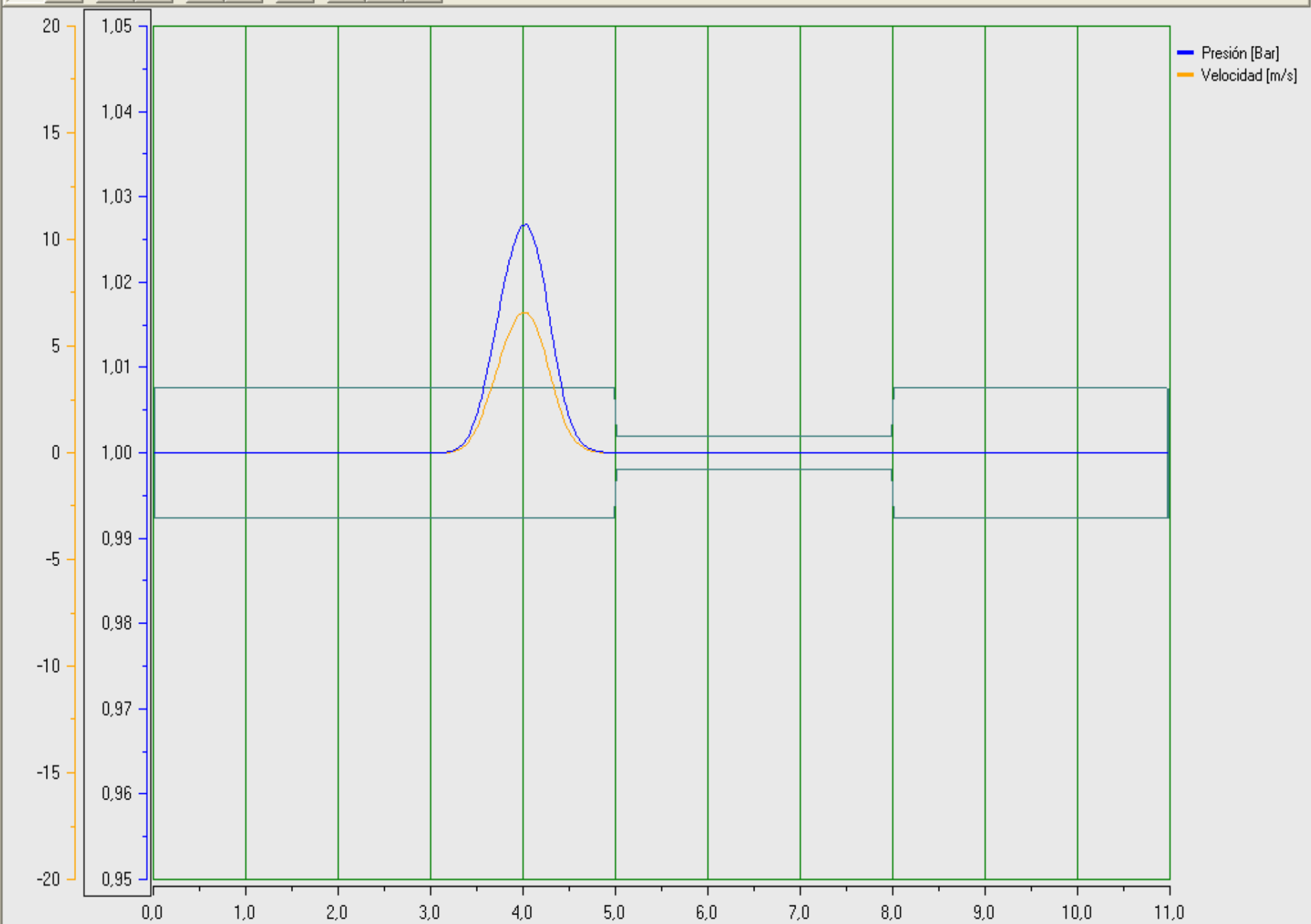


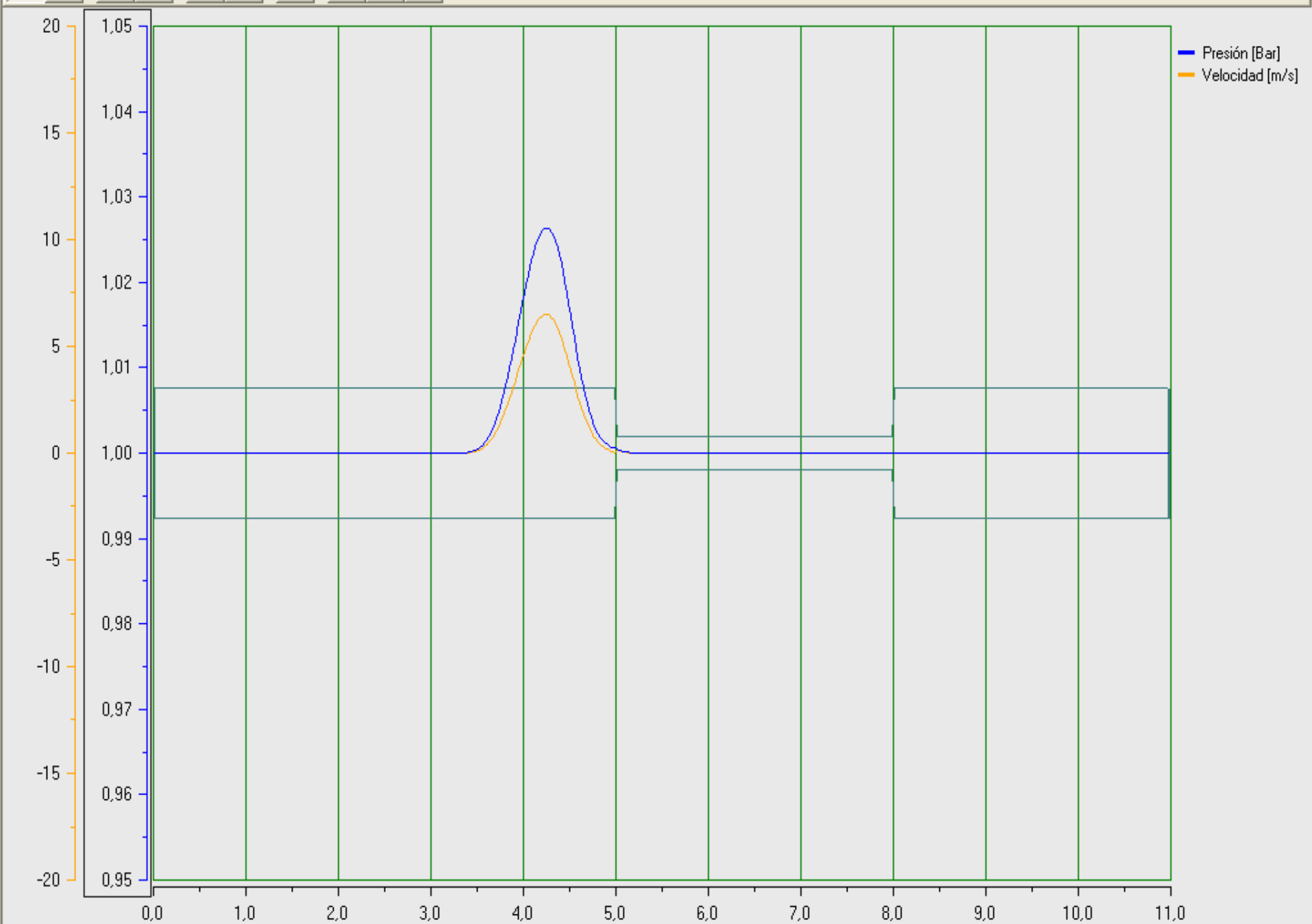
Simulación fluidodinámica renovación de la carga

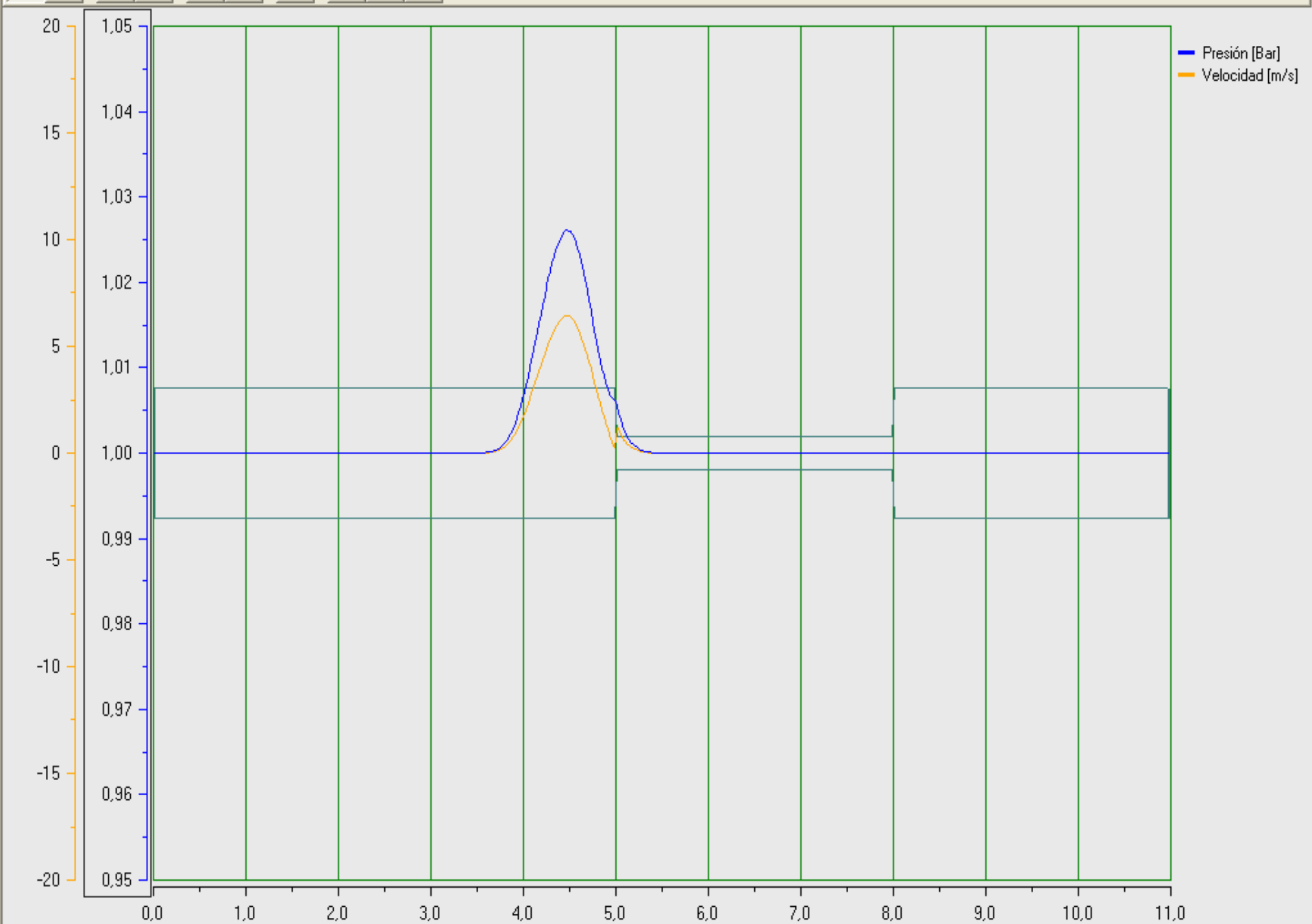


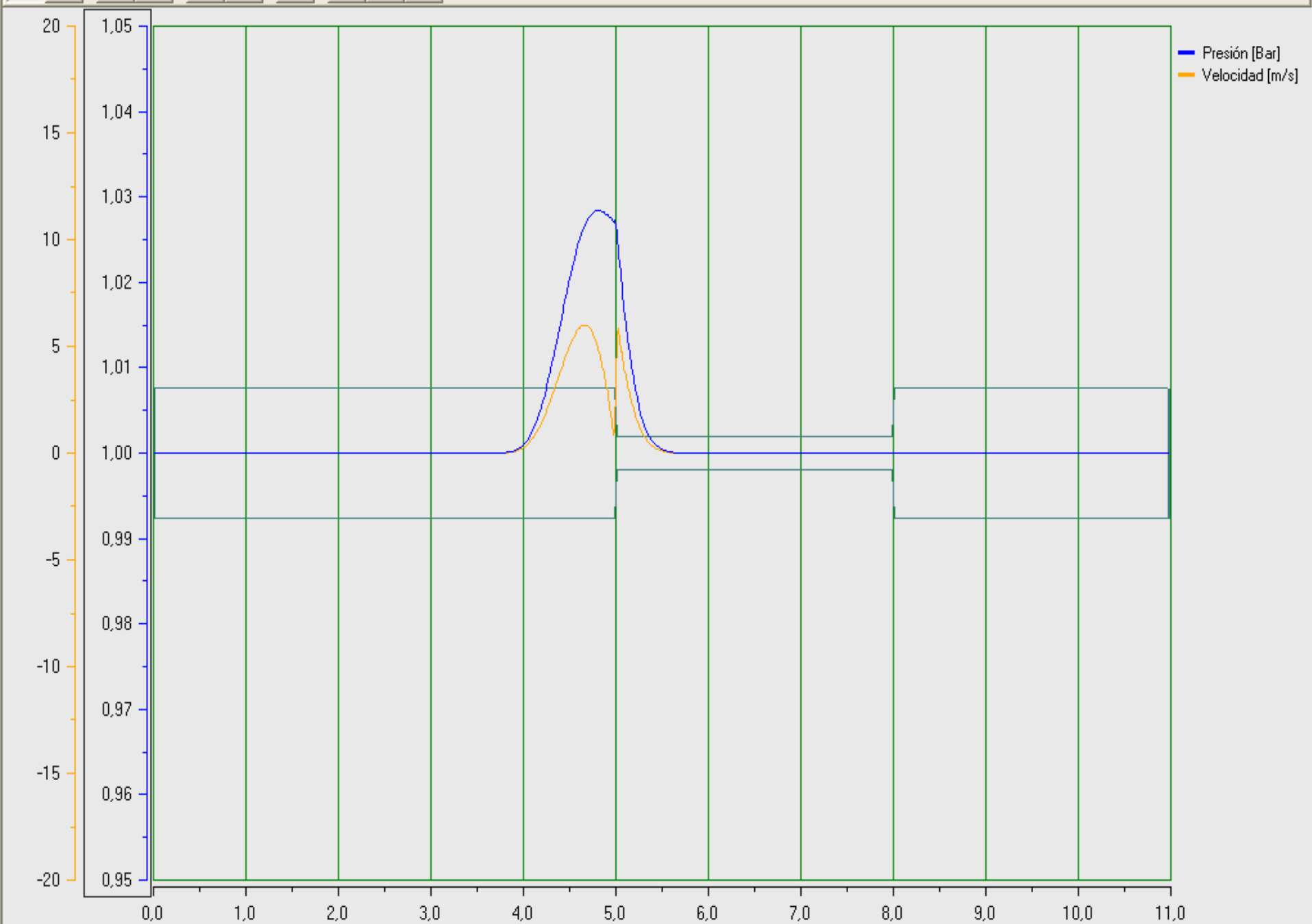


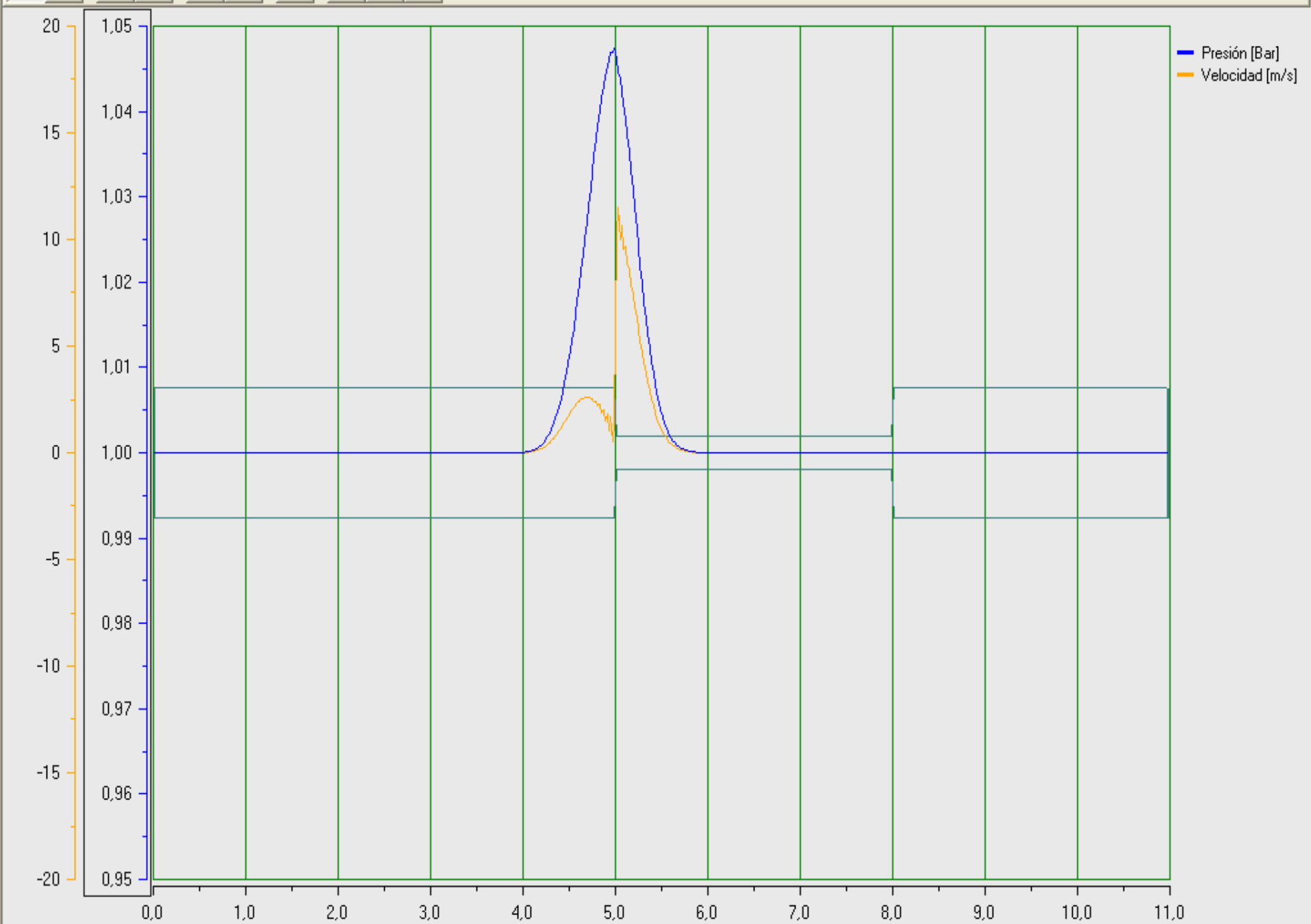


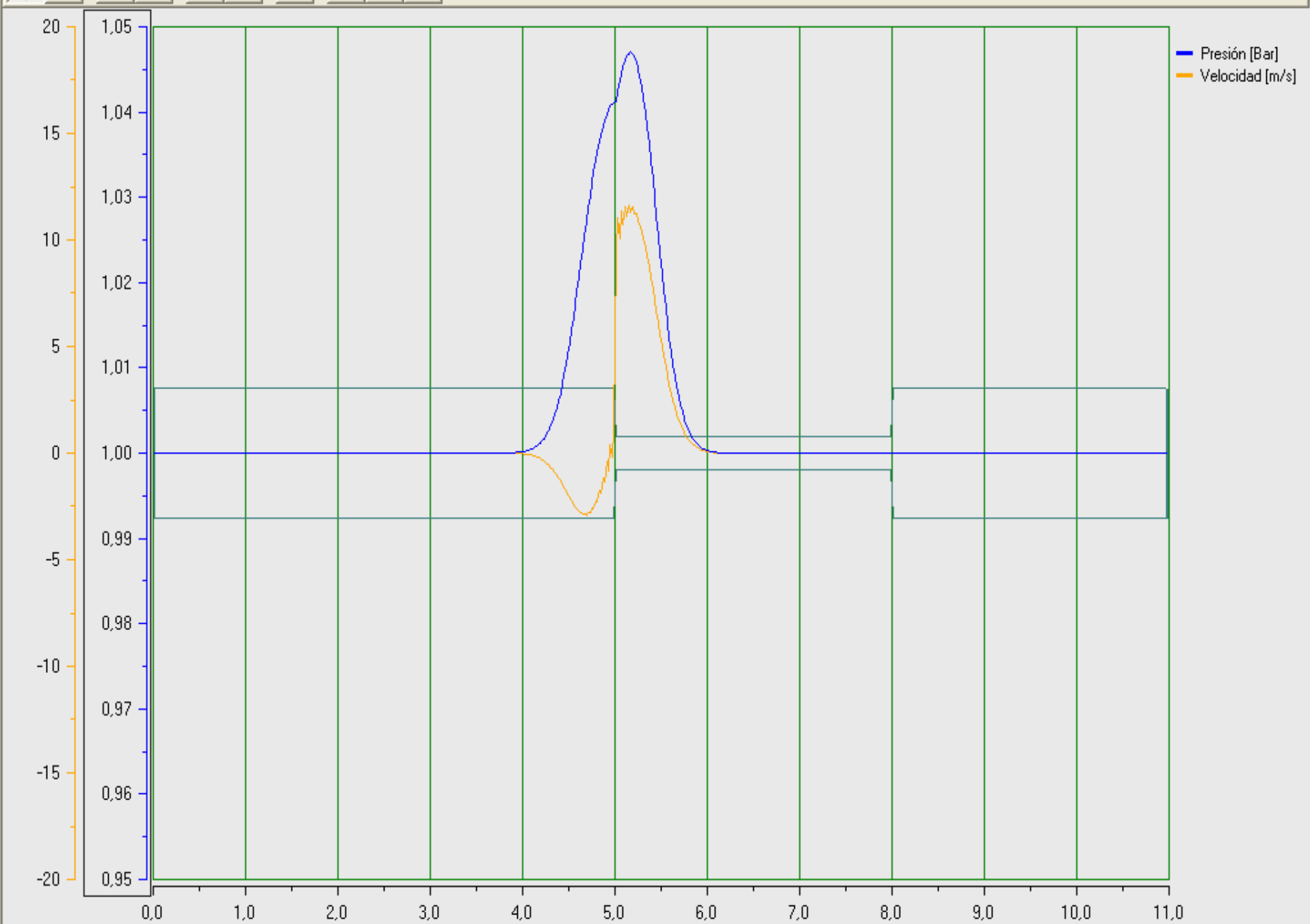










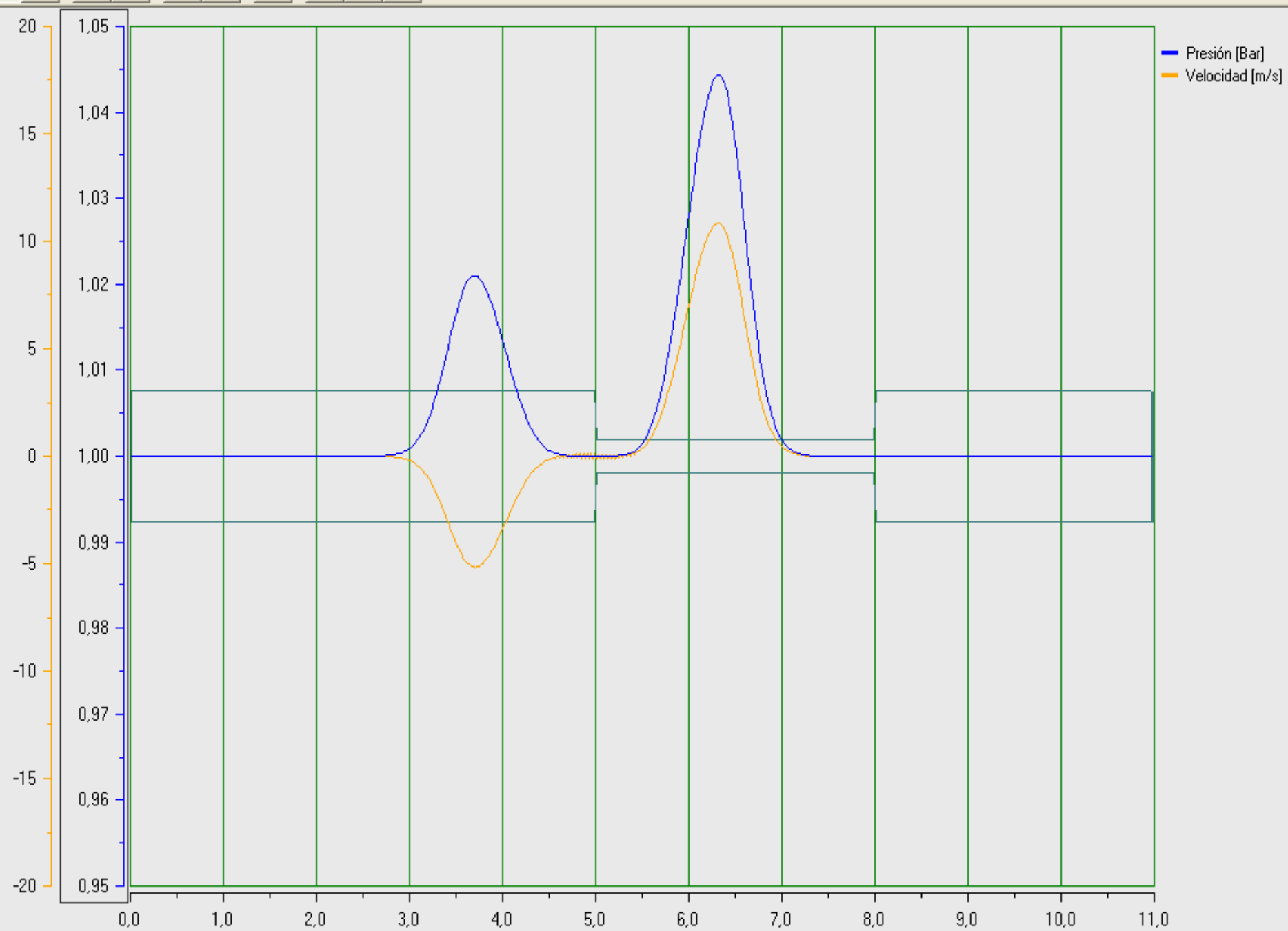


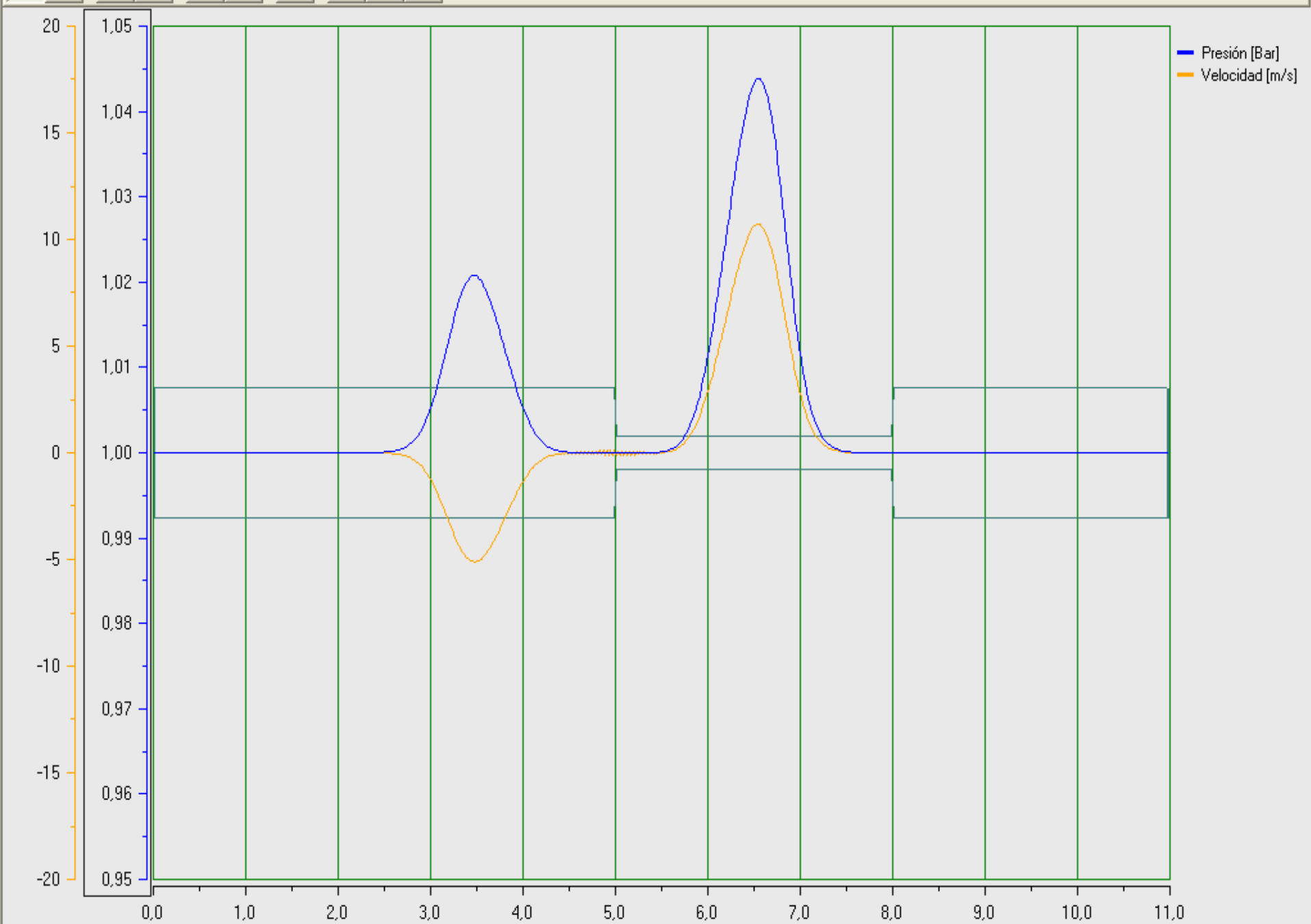


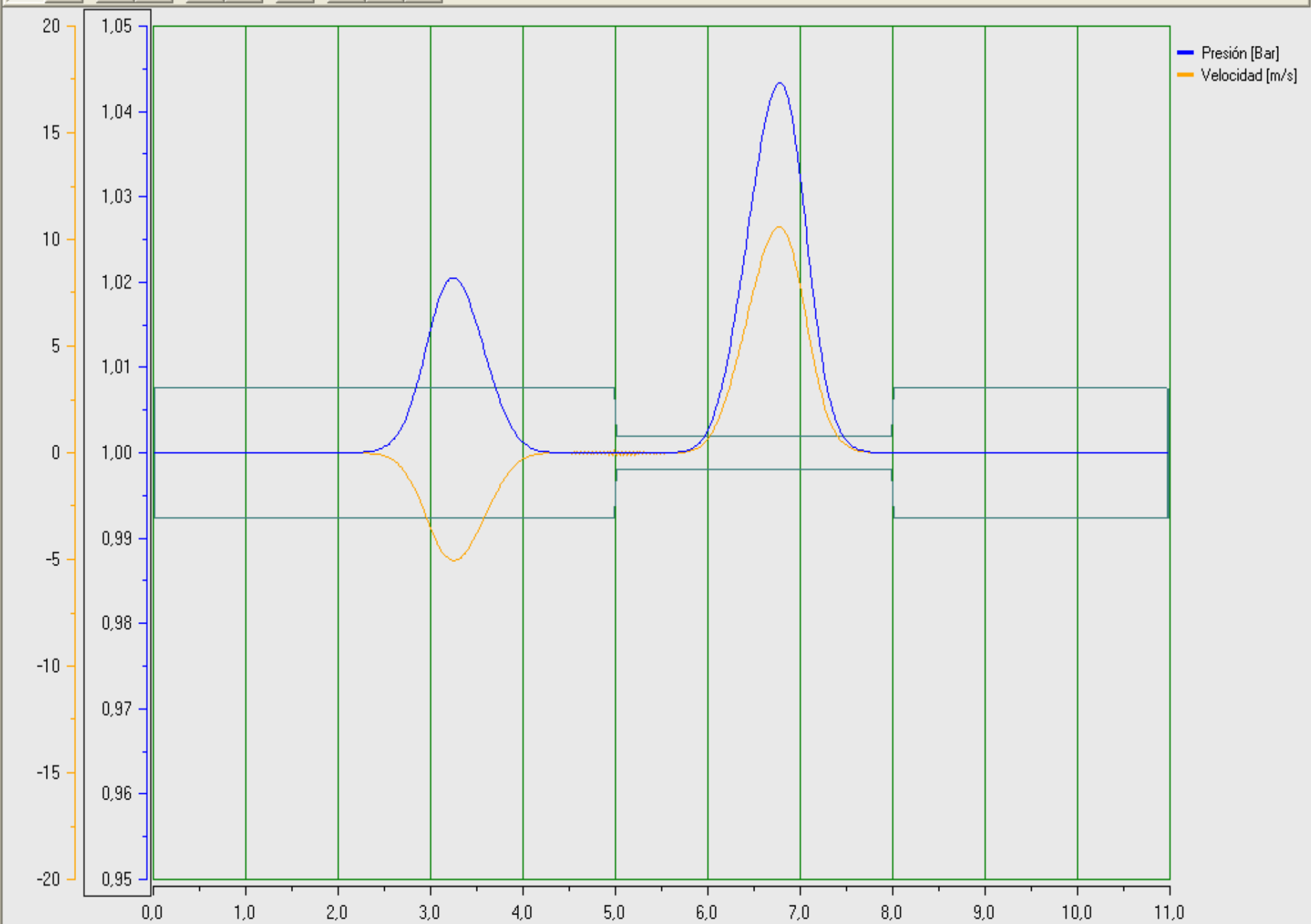


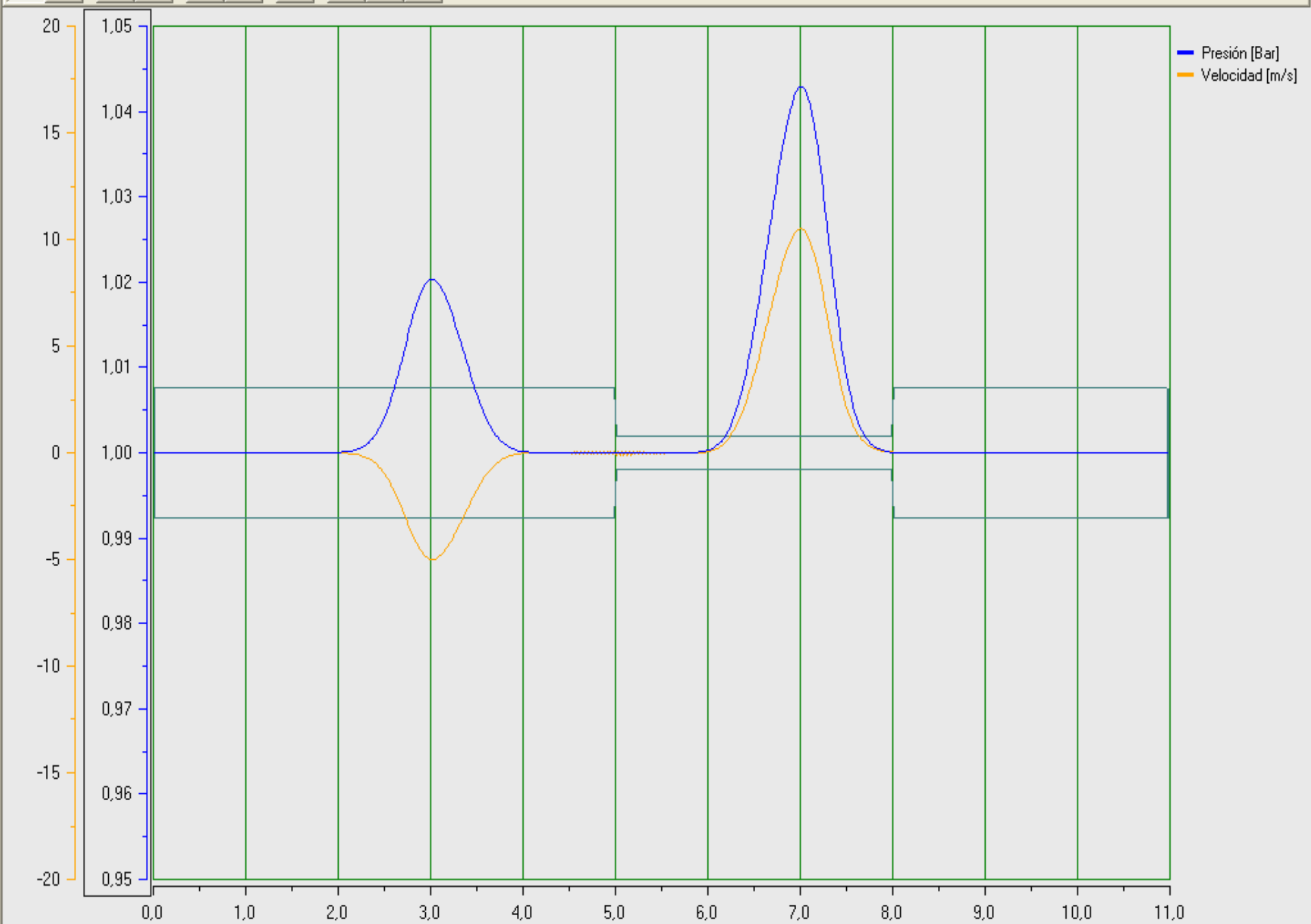


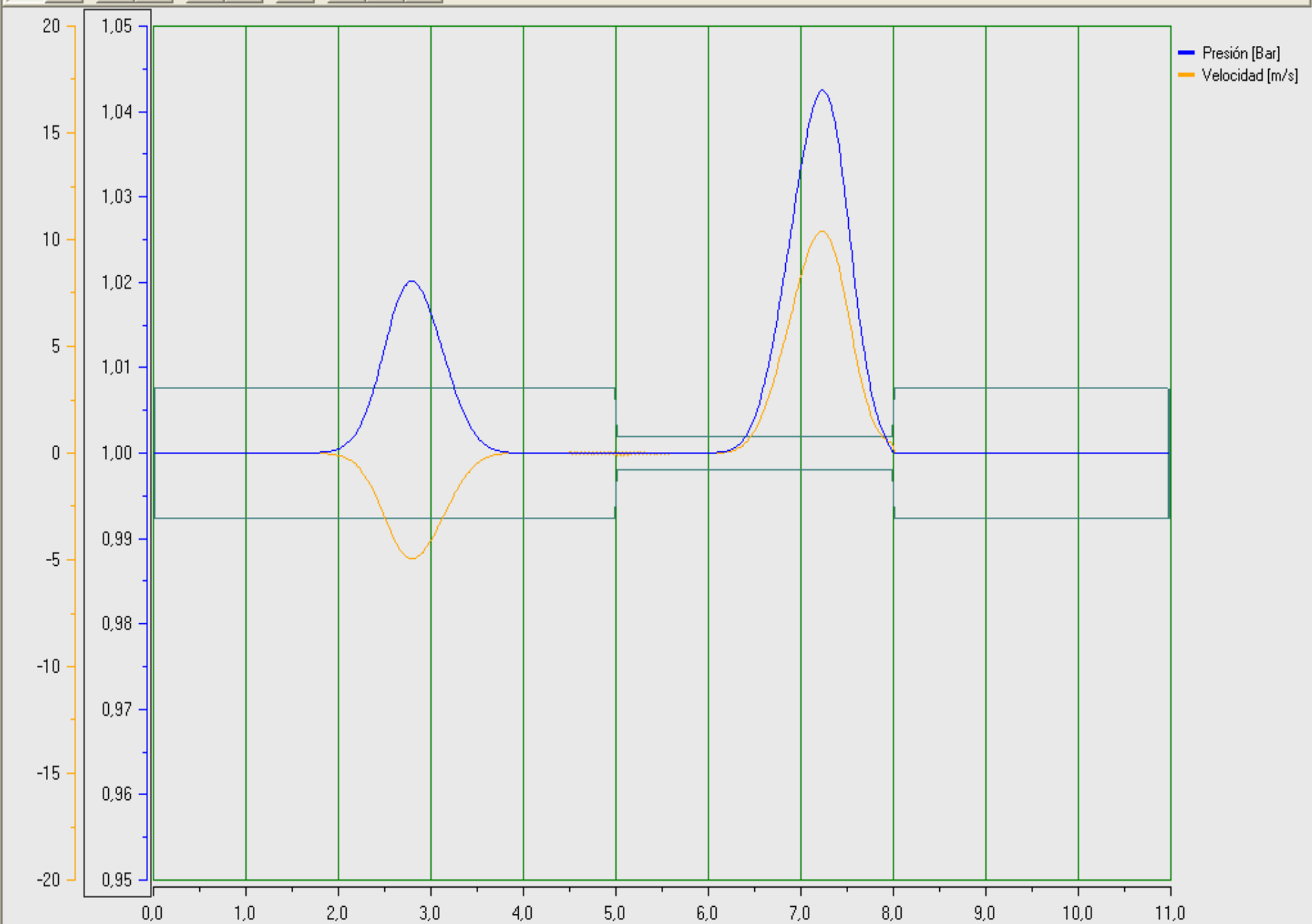


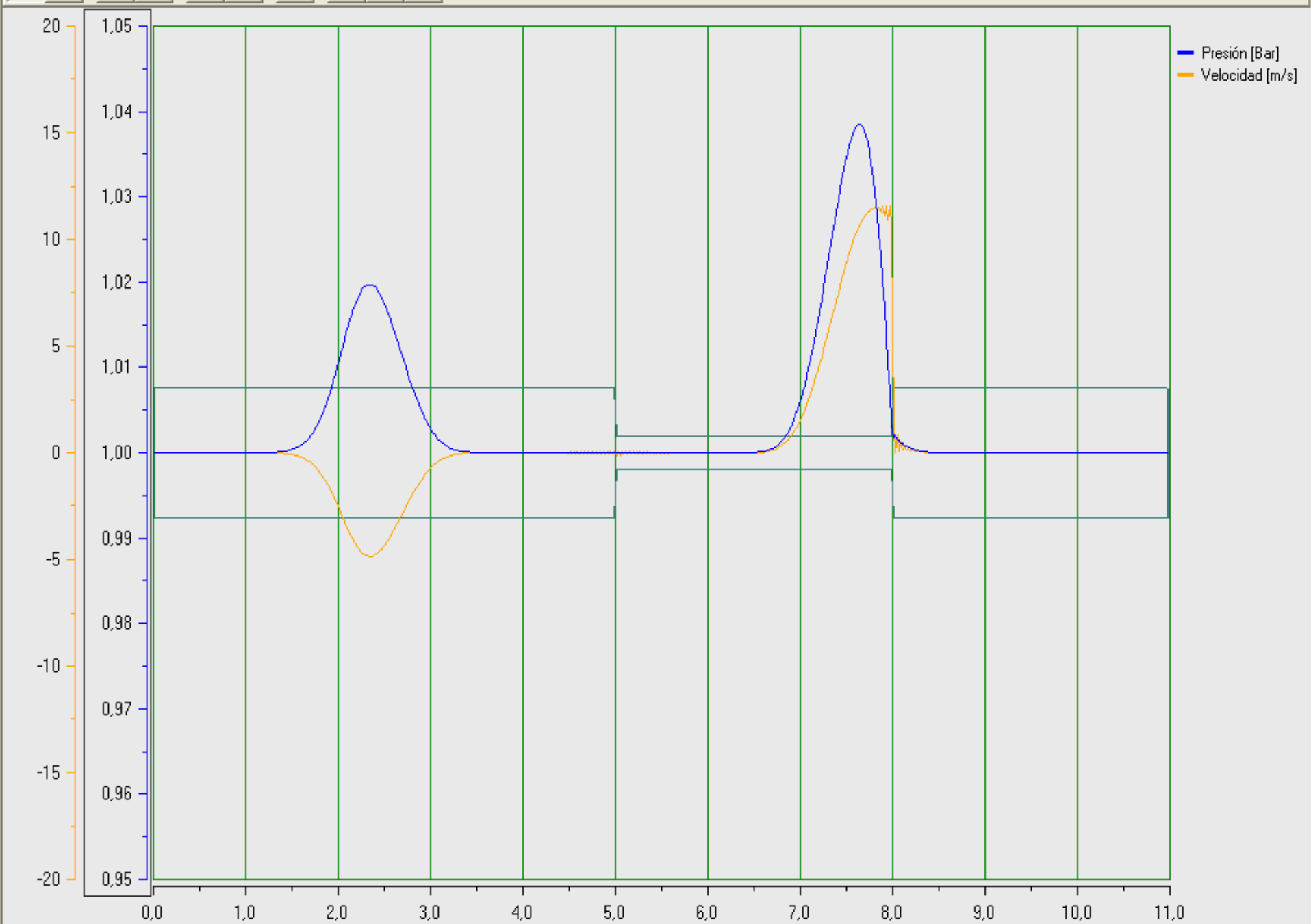


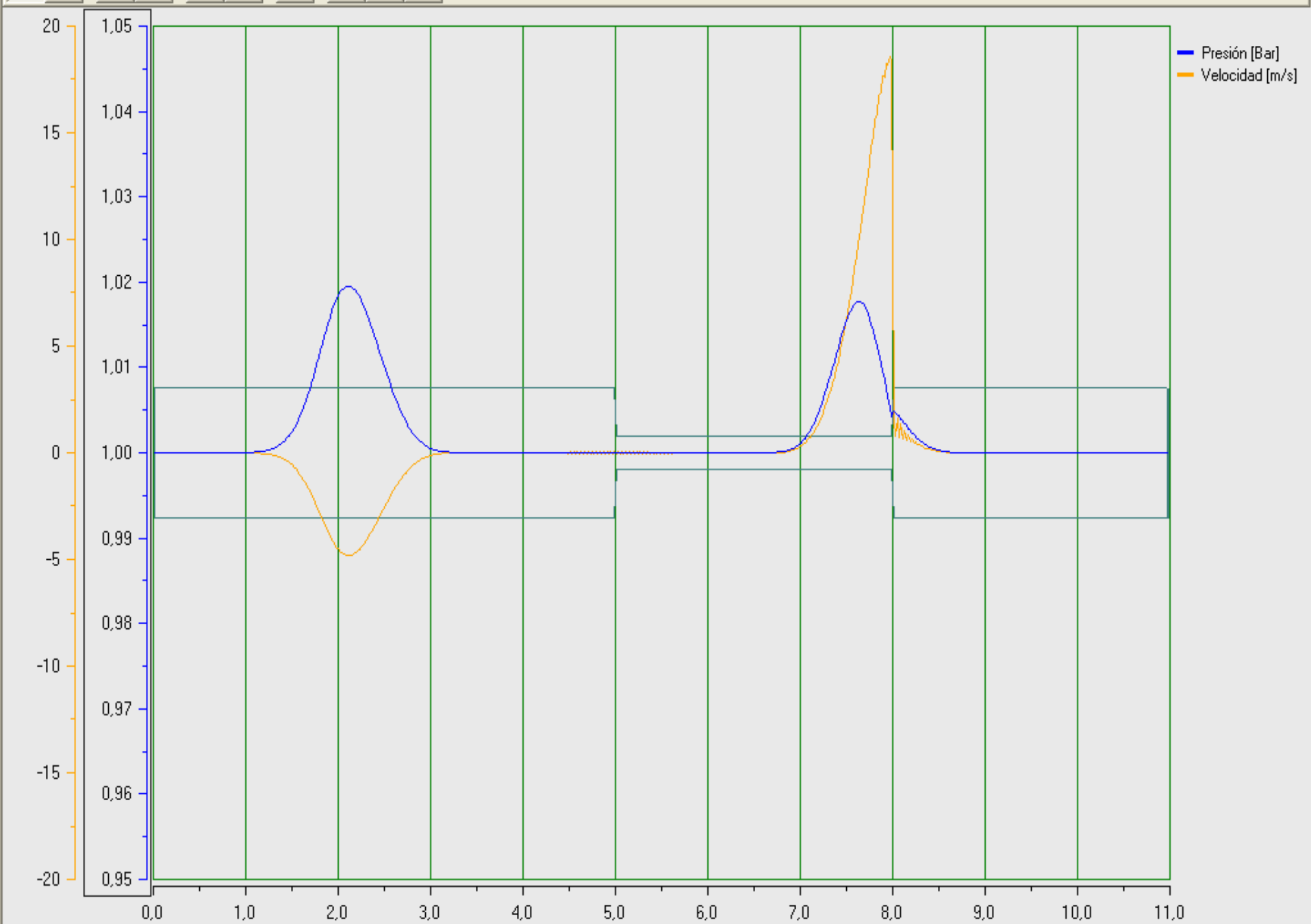




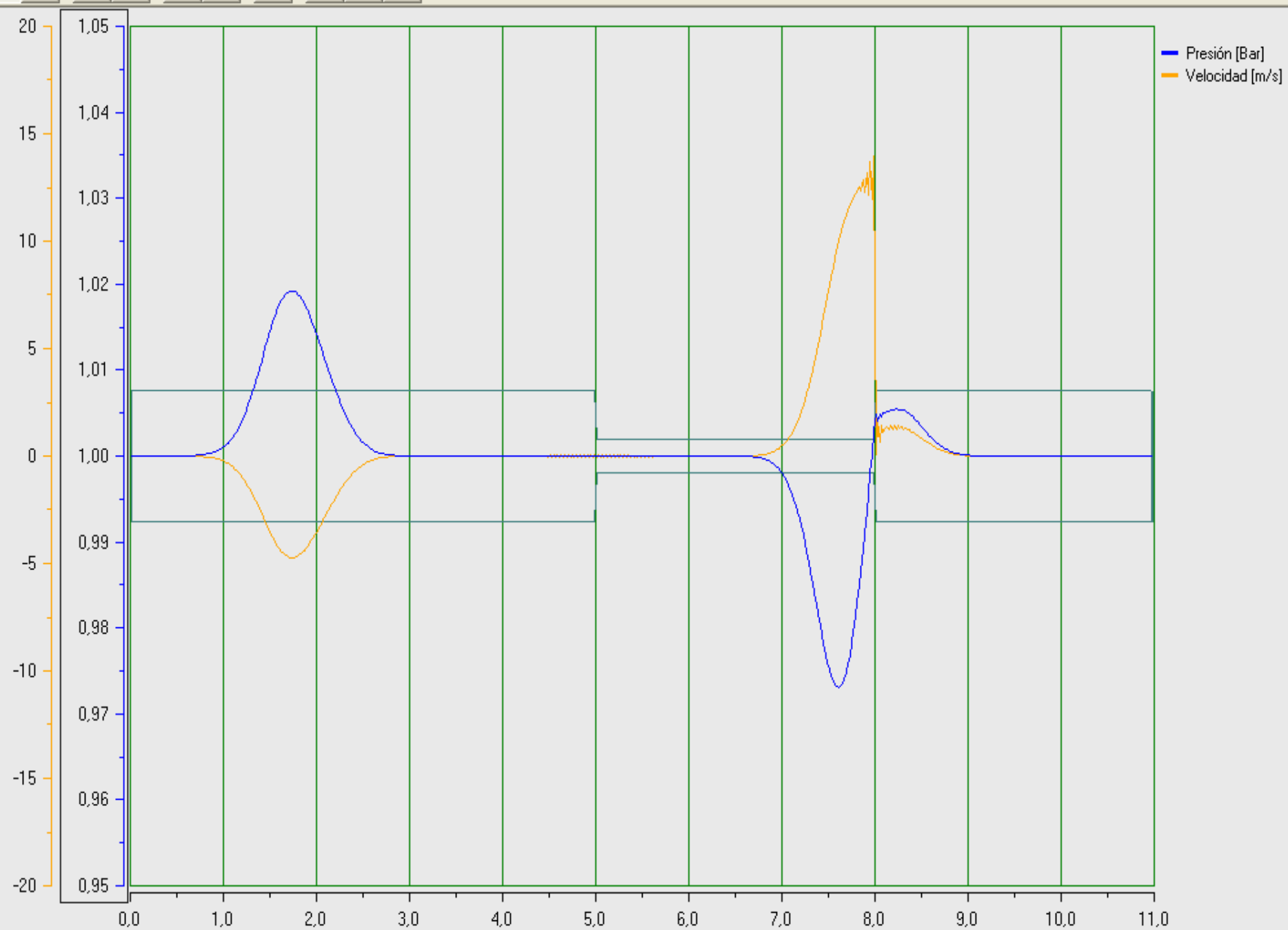


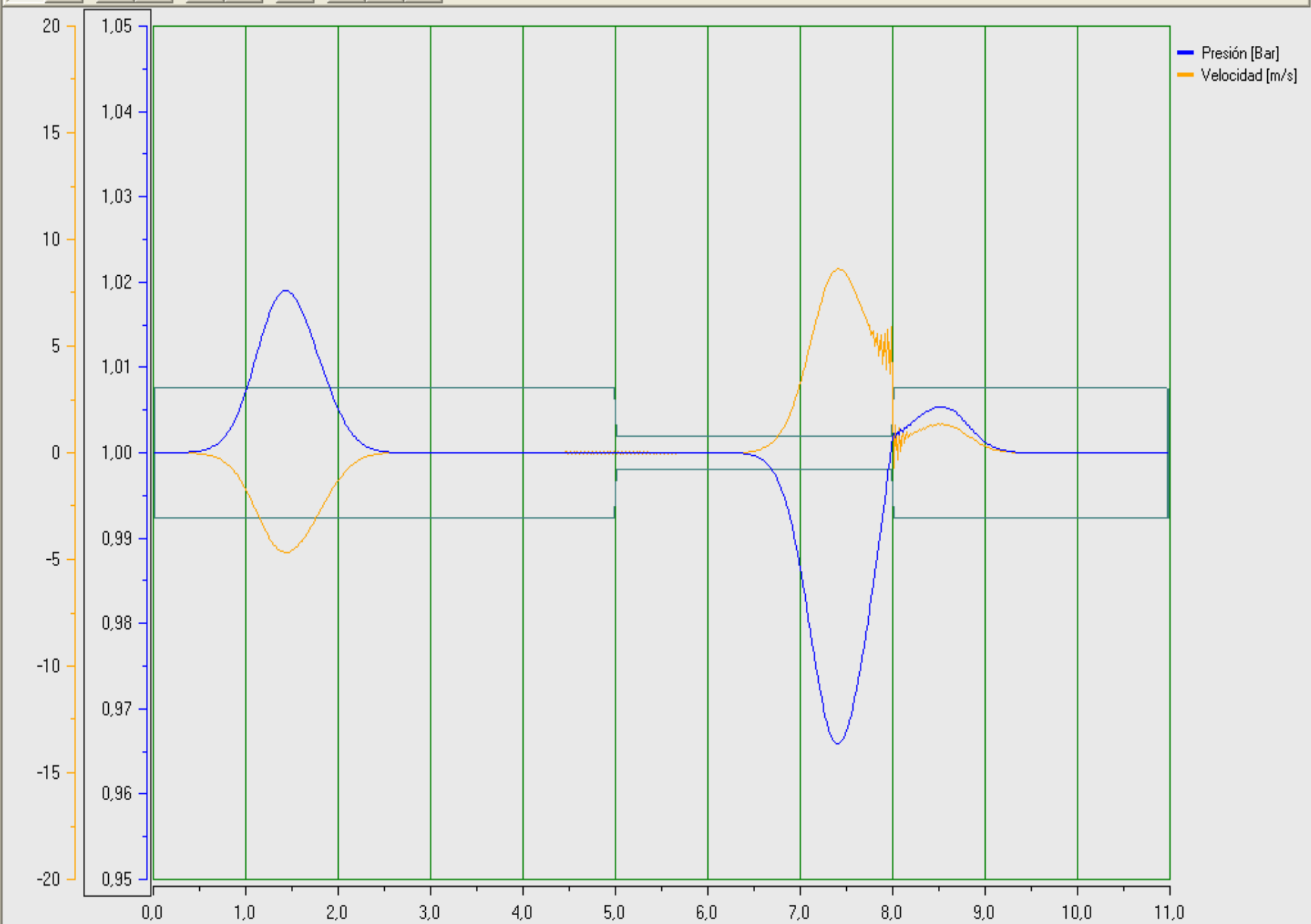


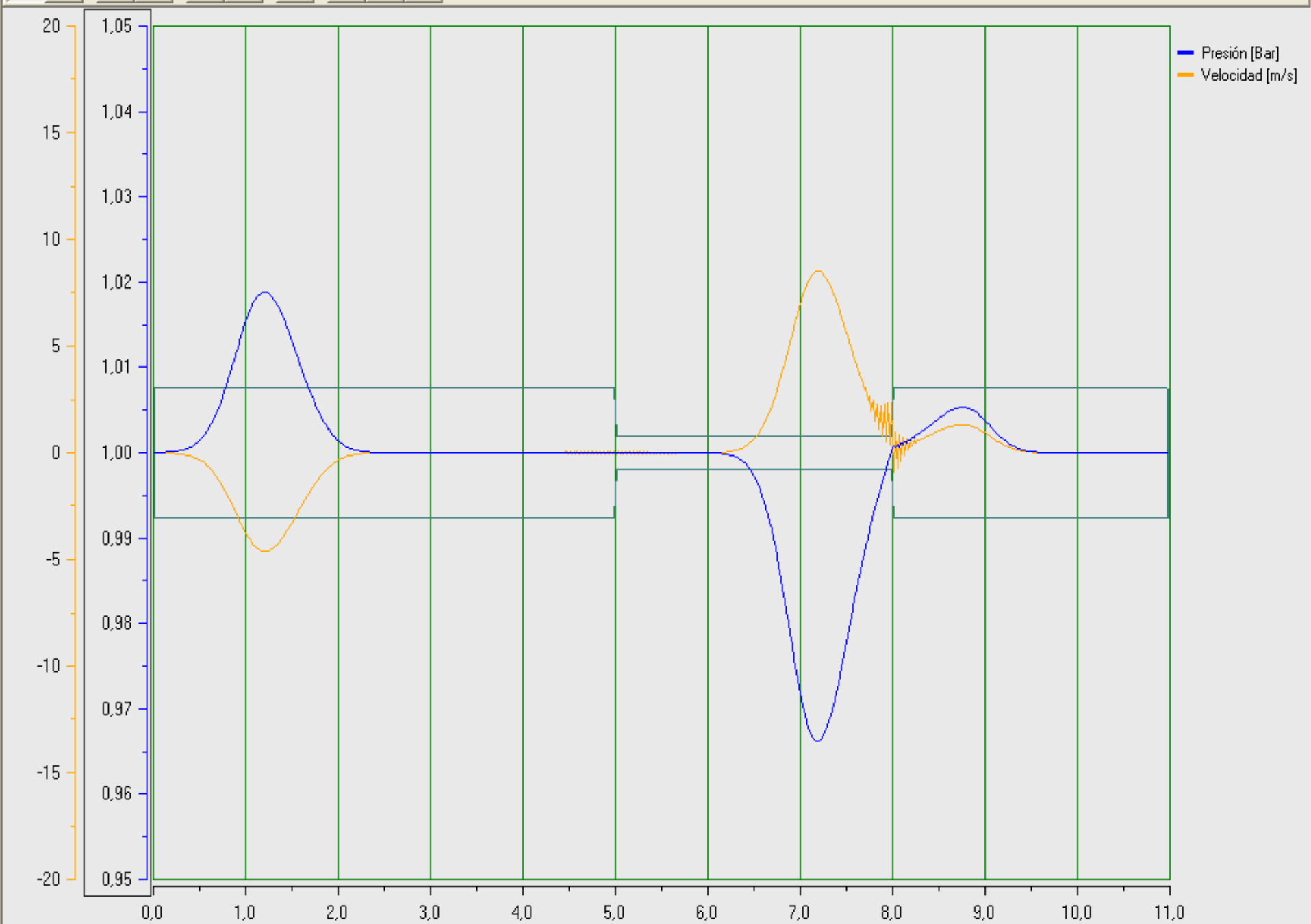


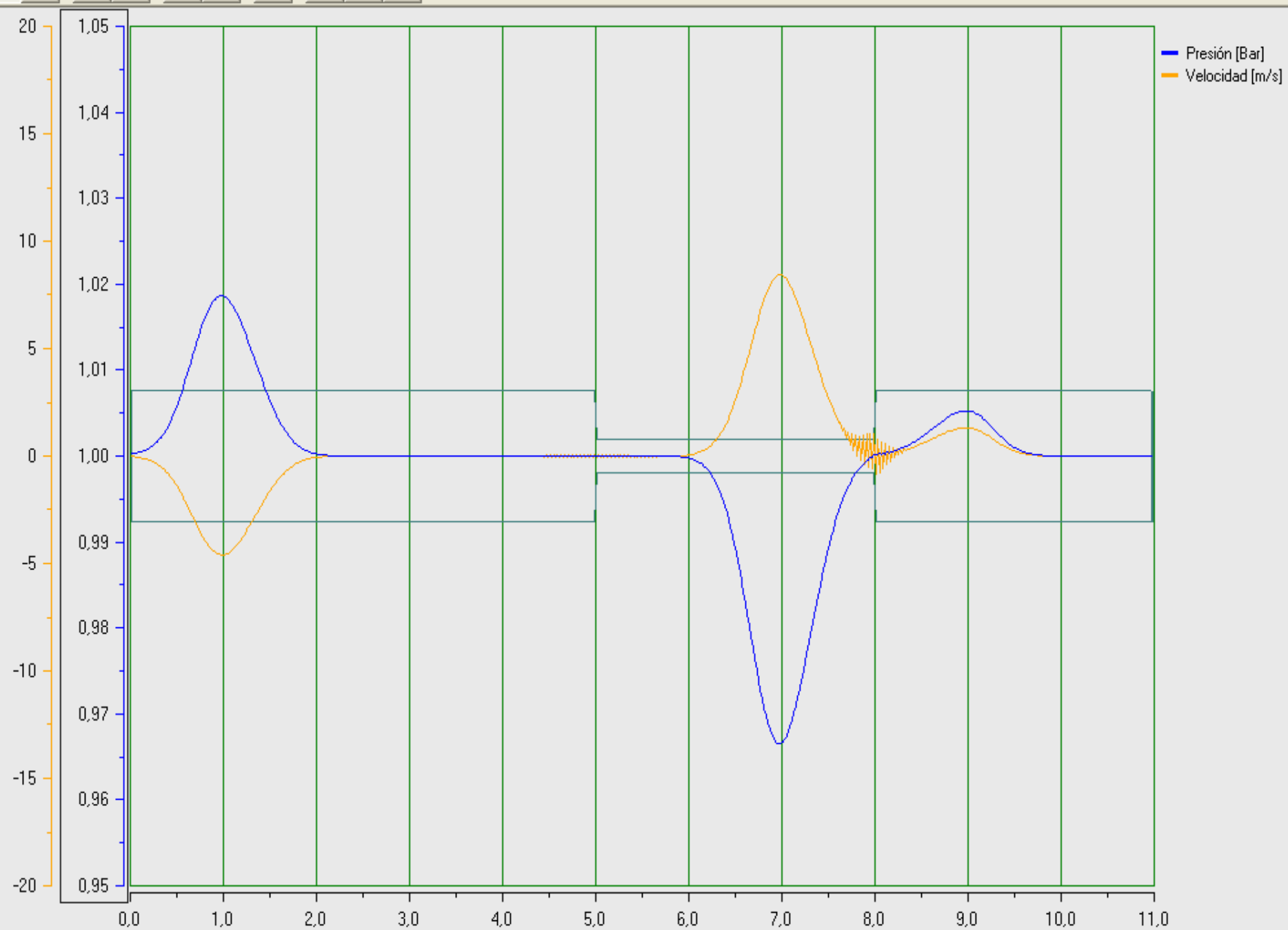


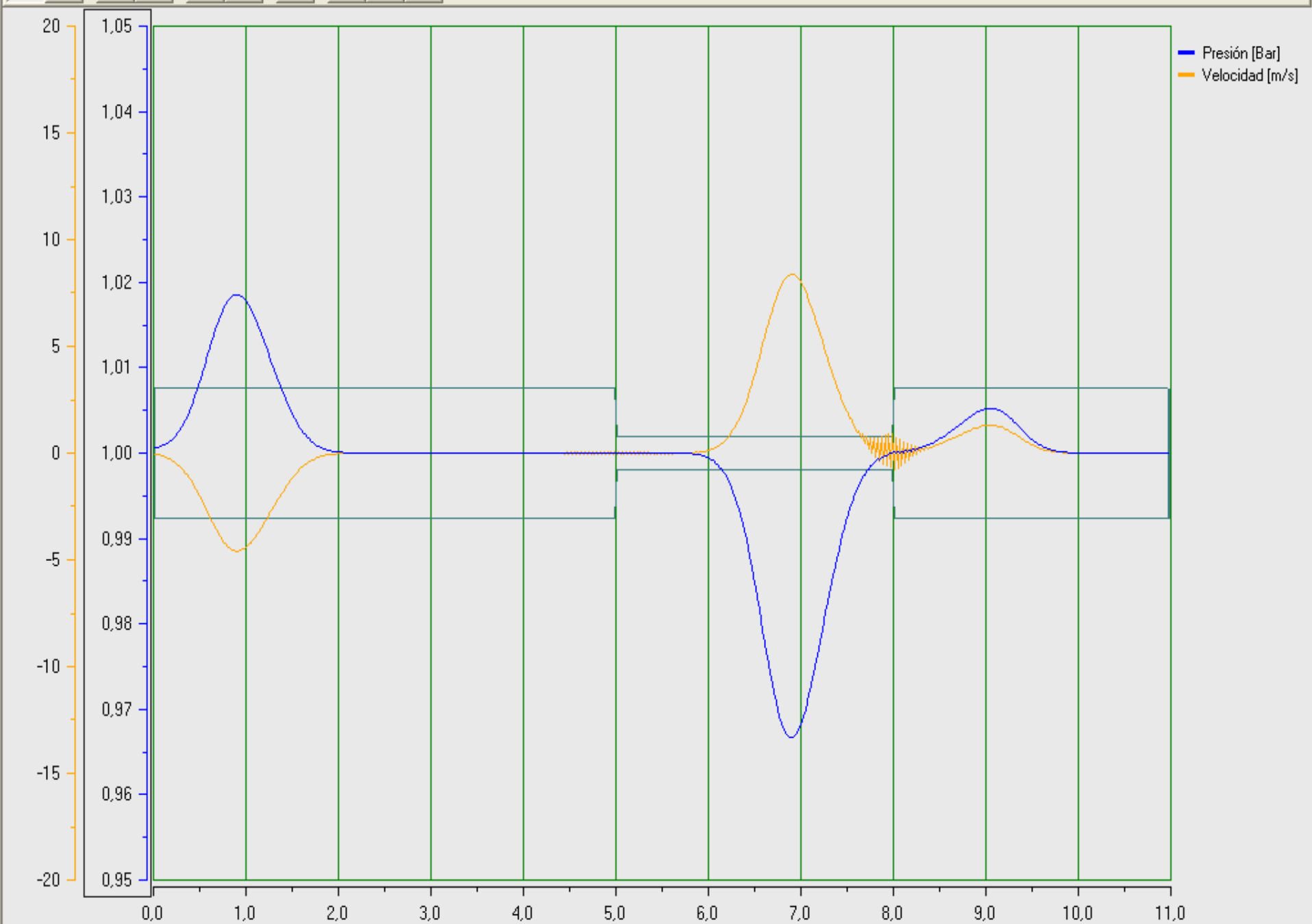


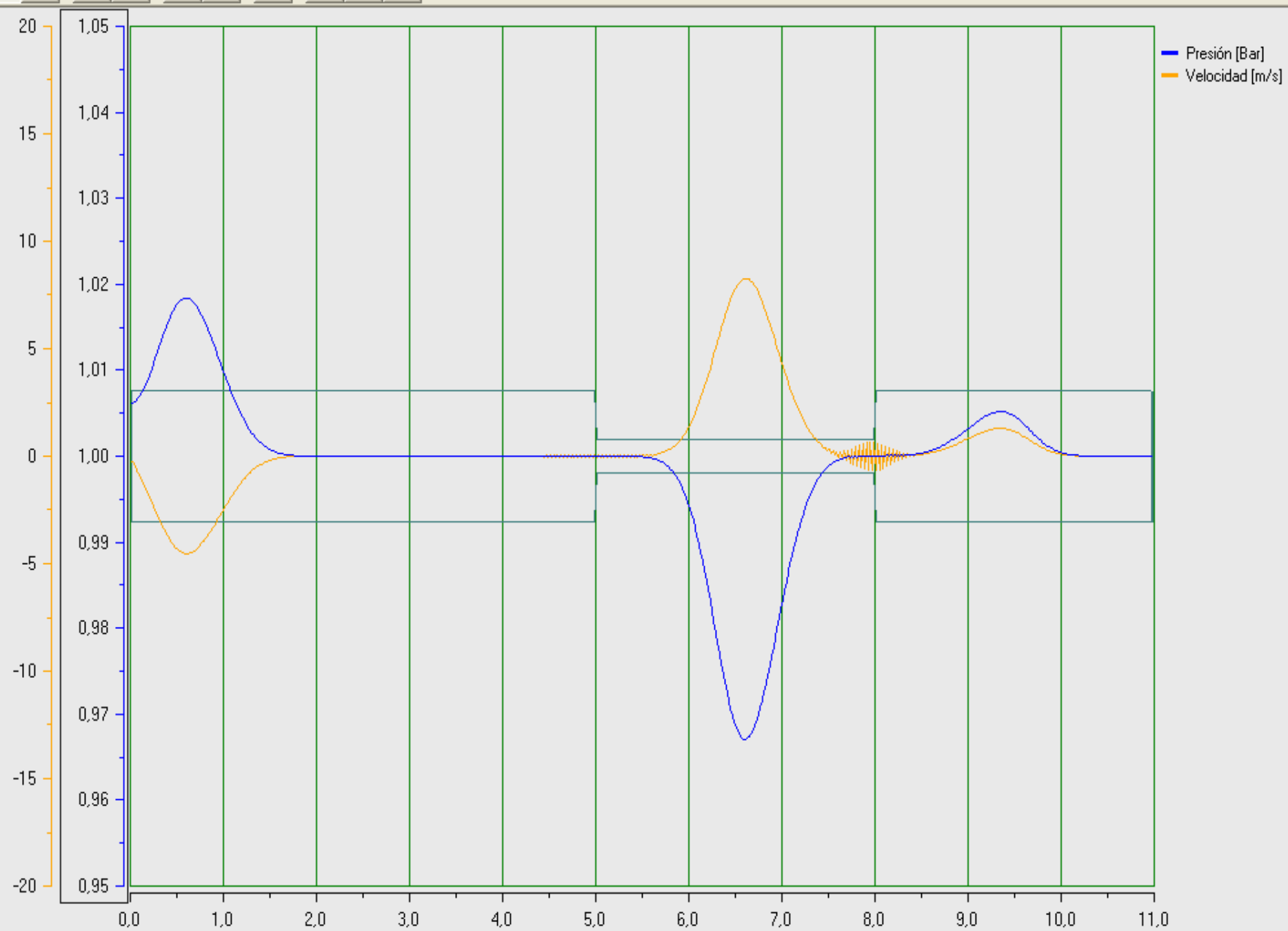


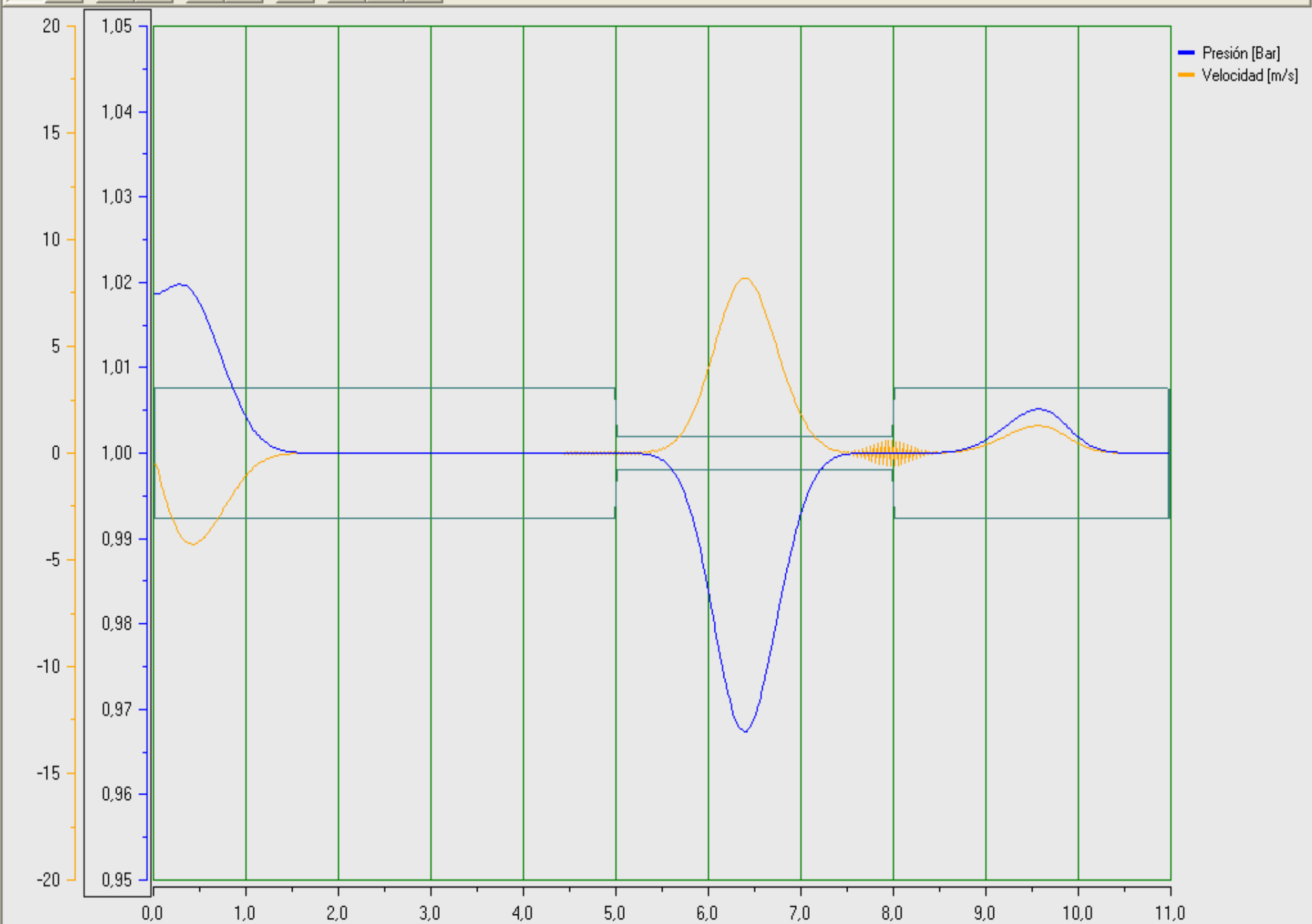


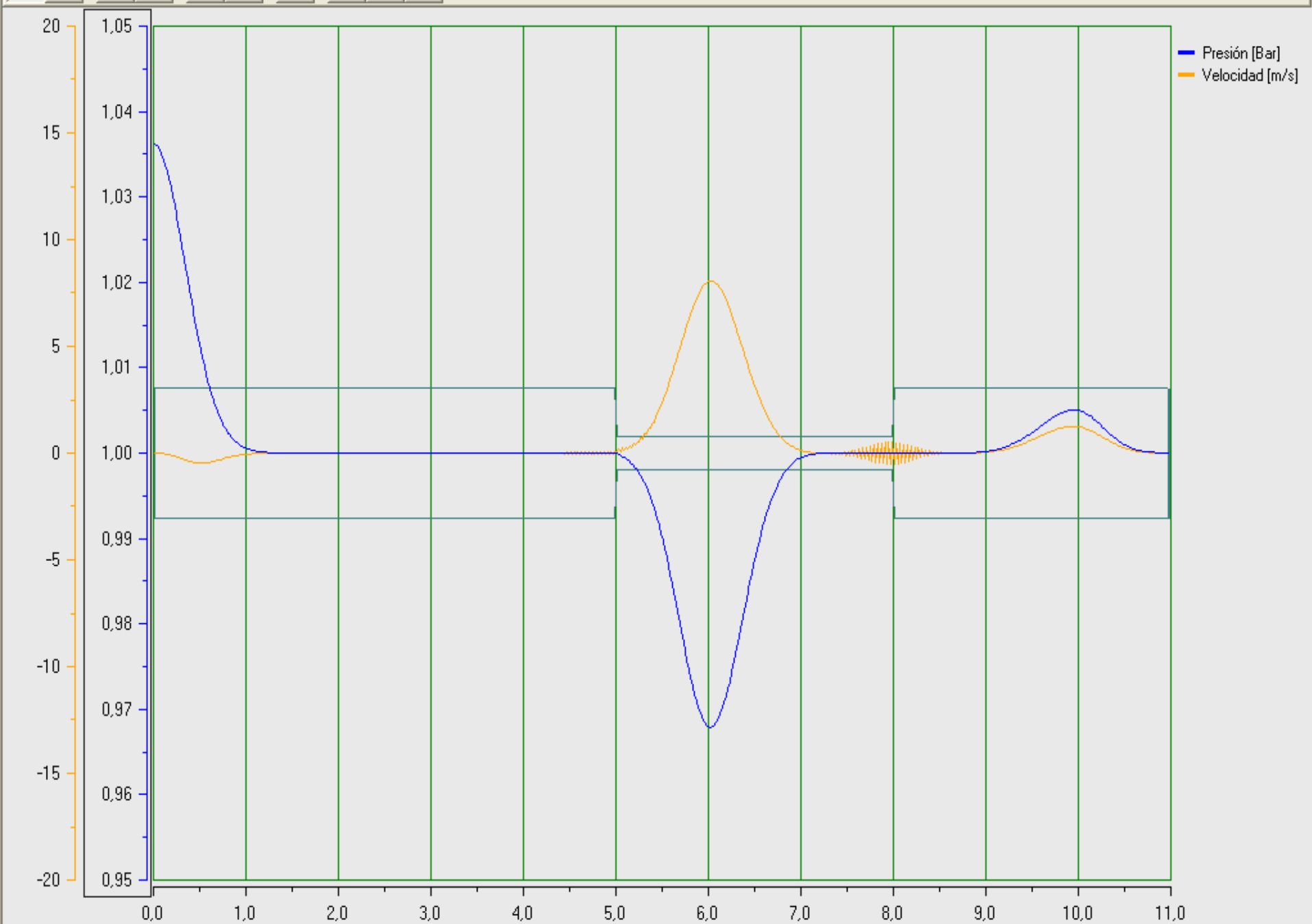


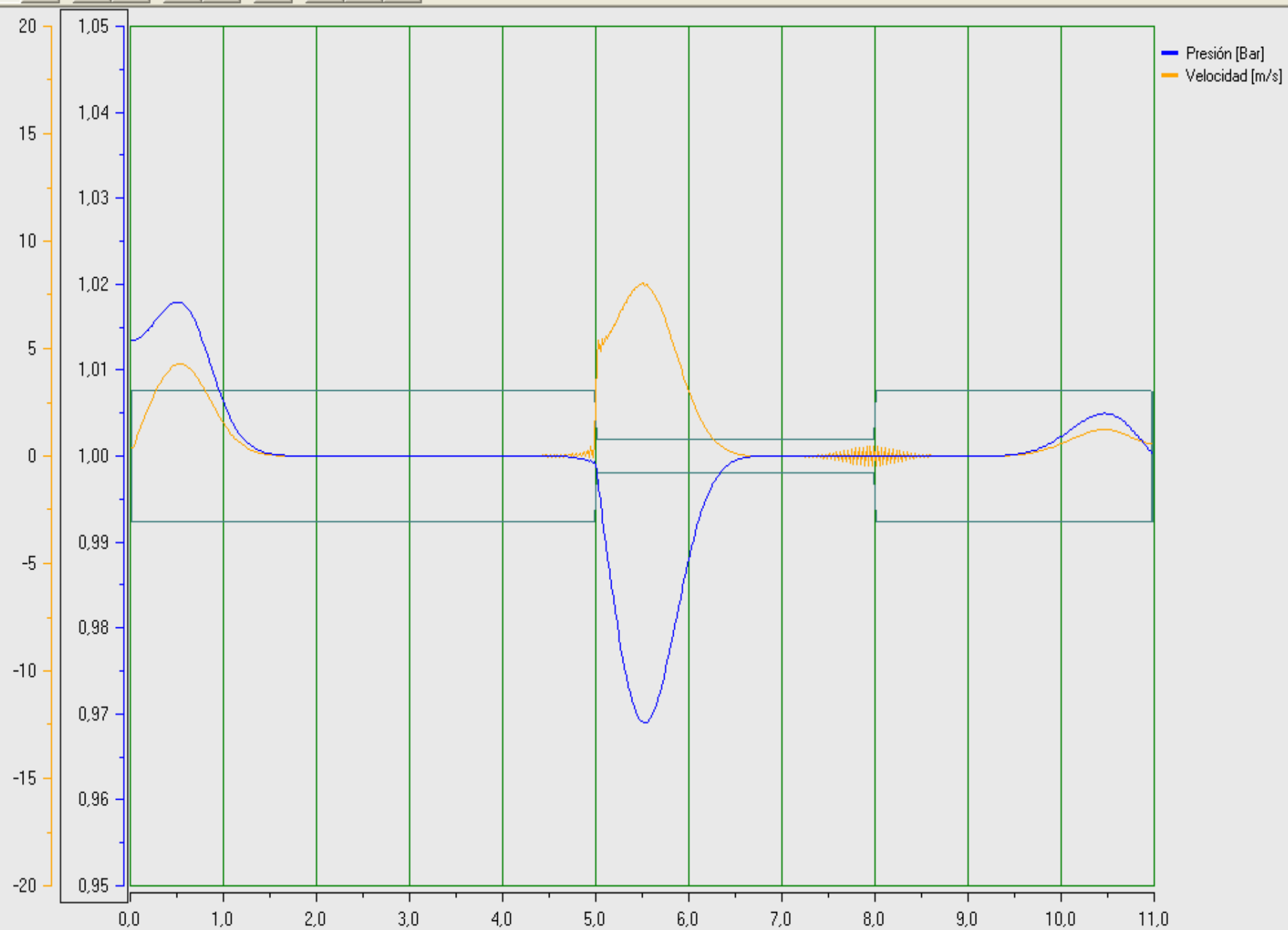


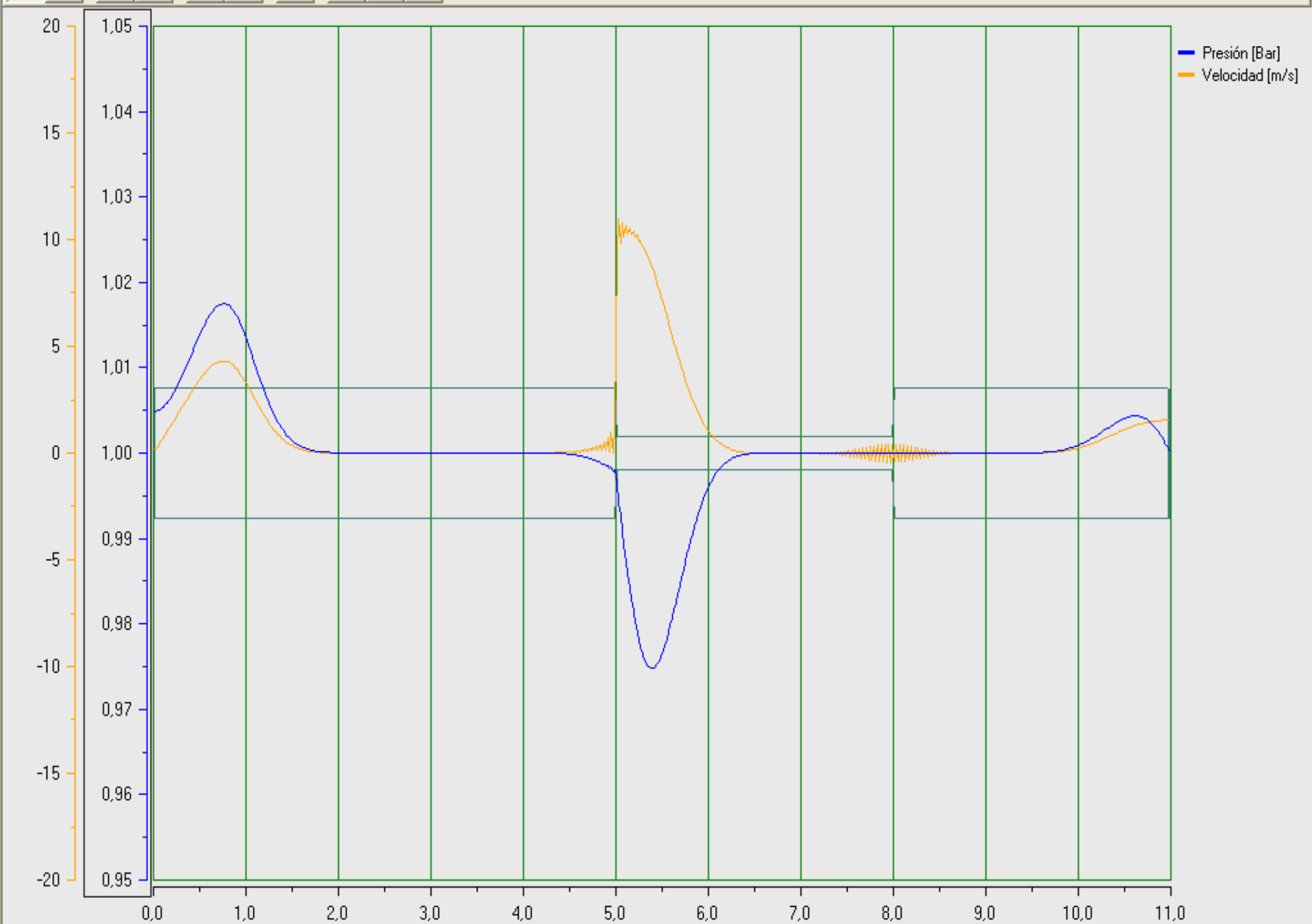


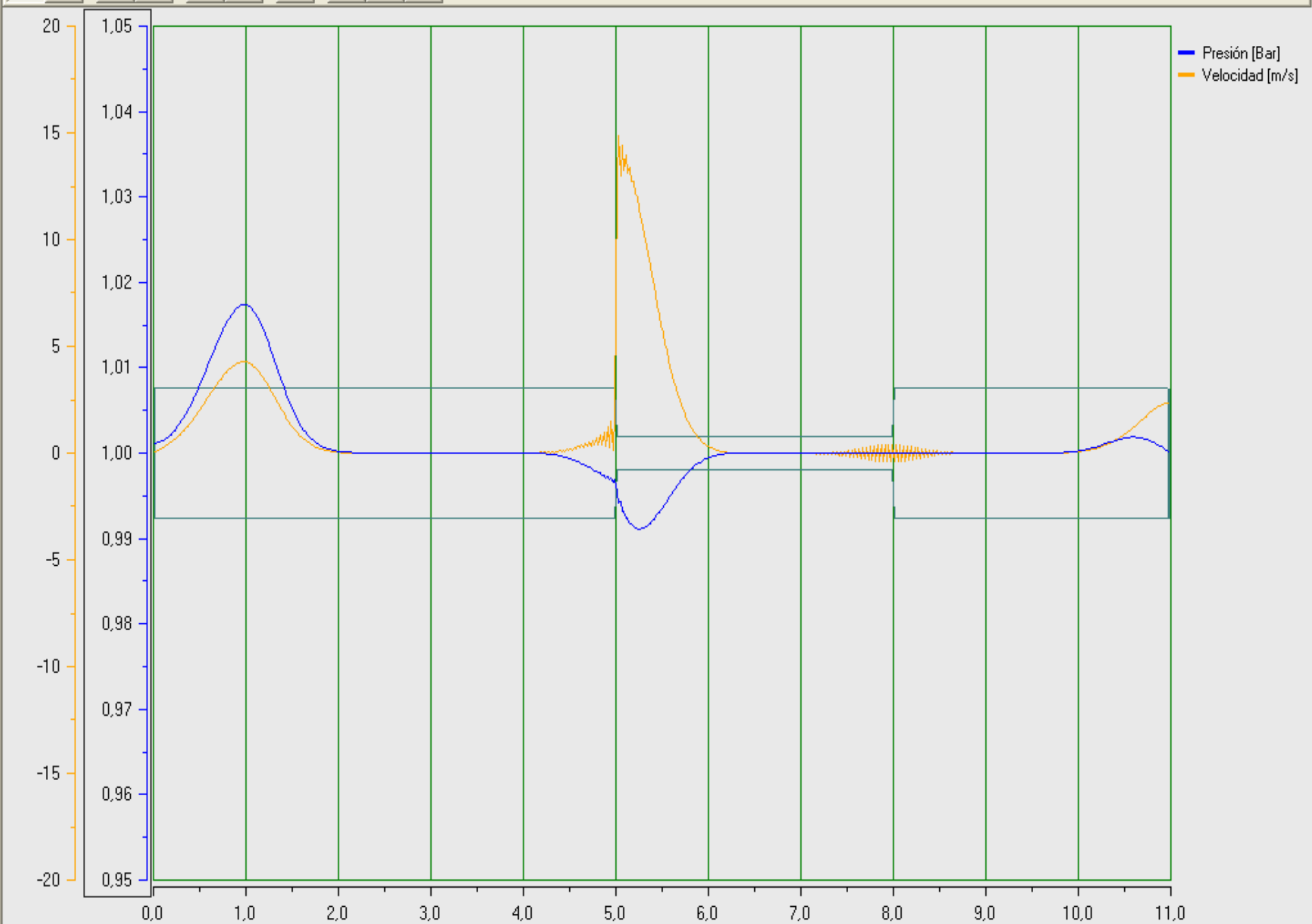


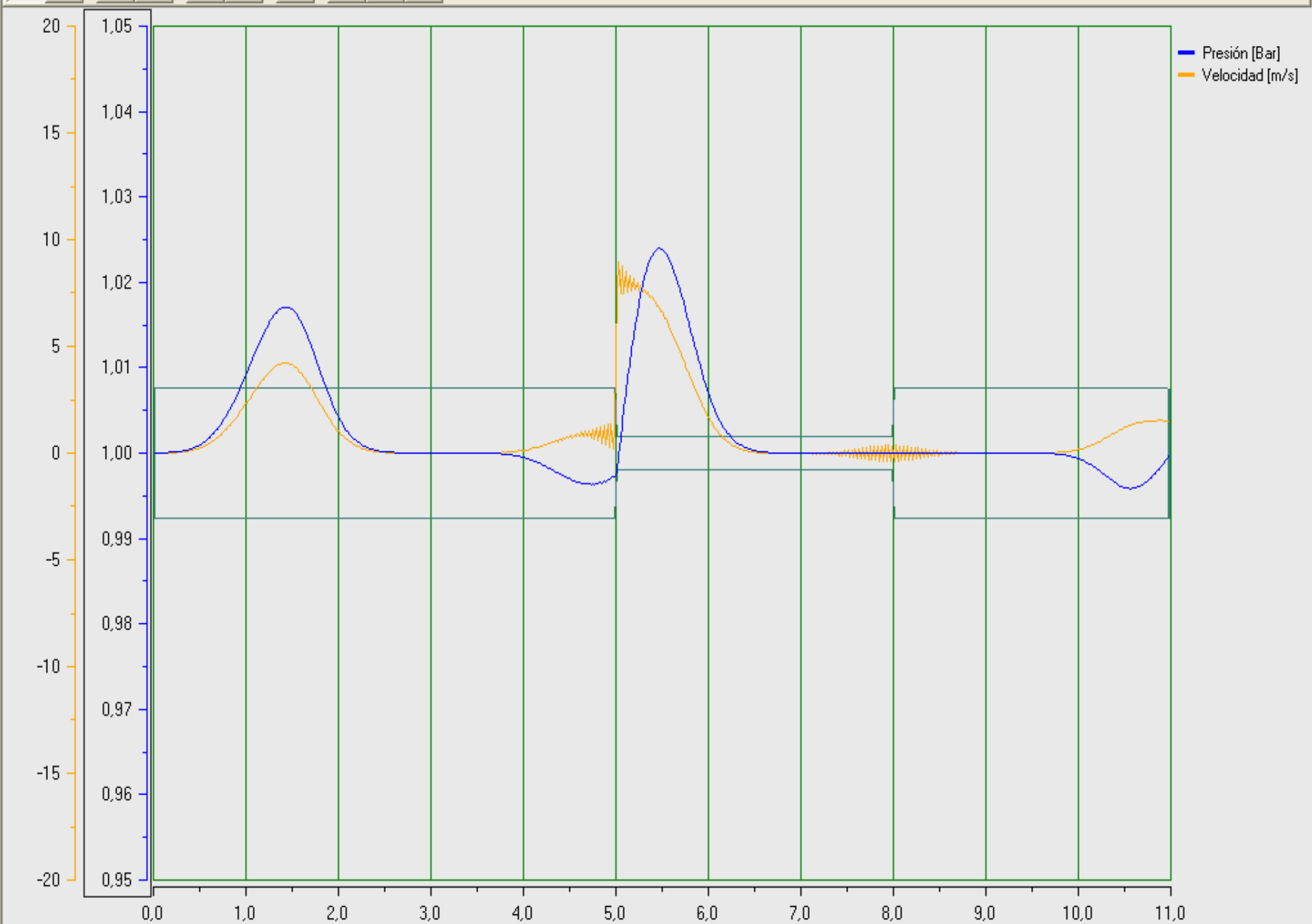


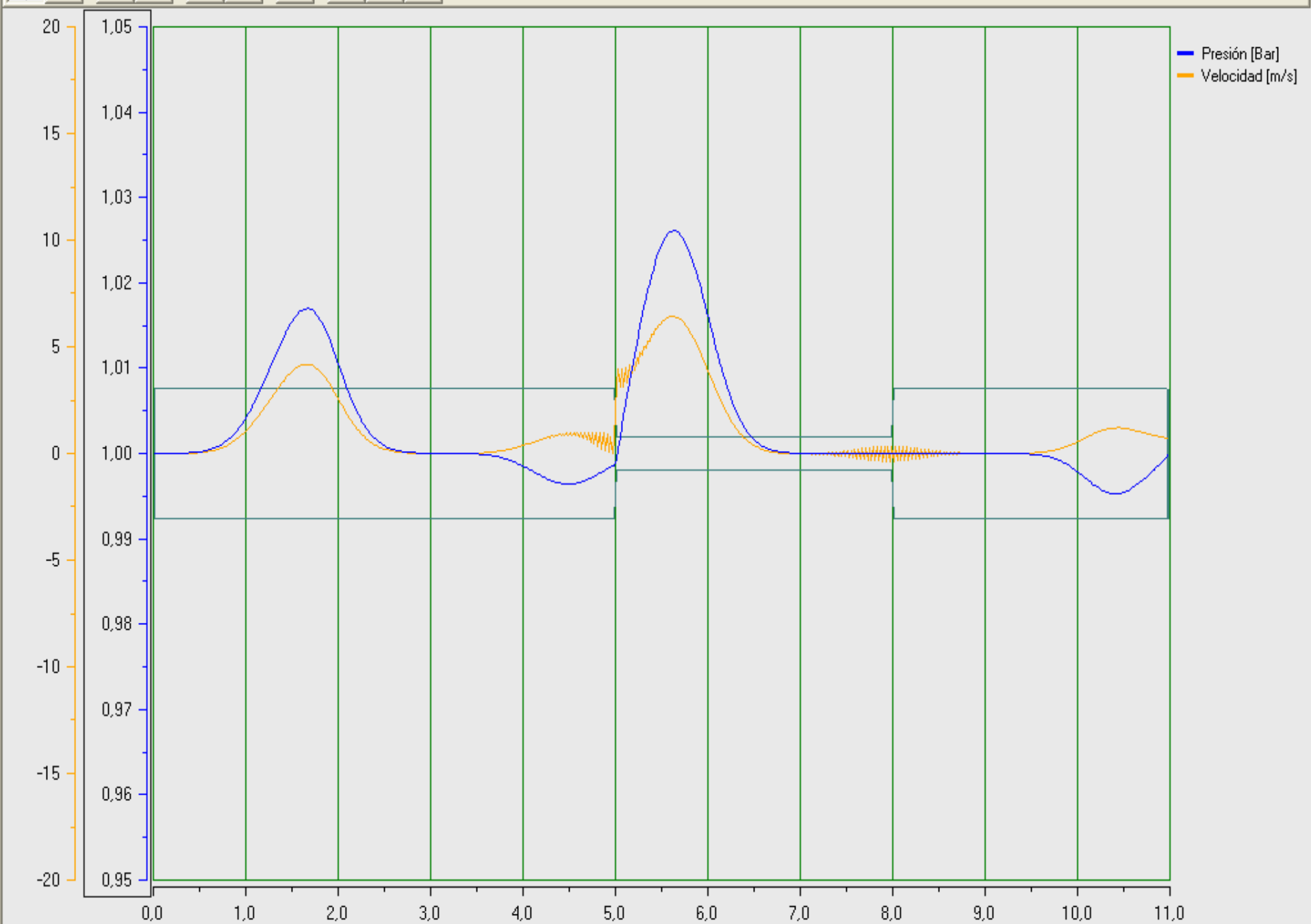


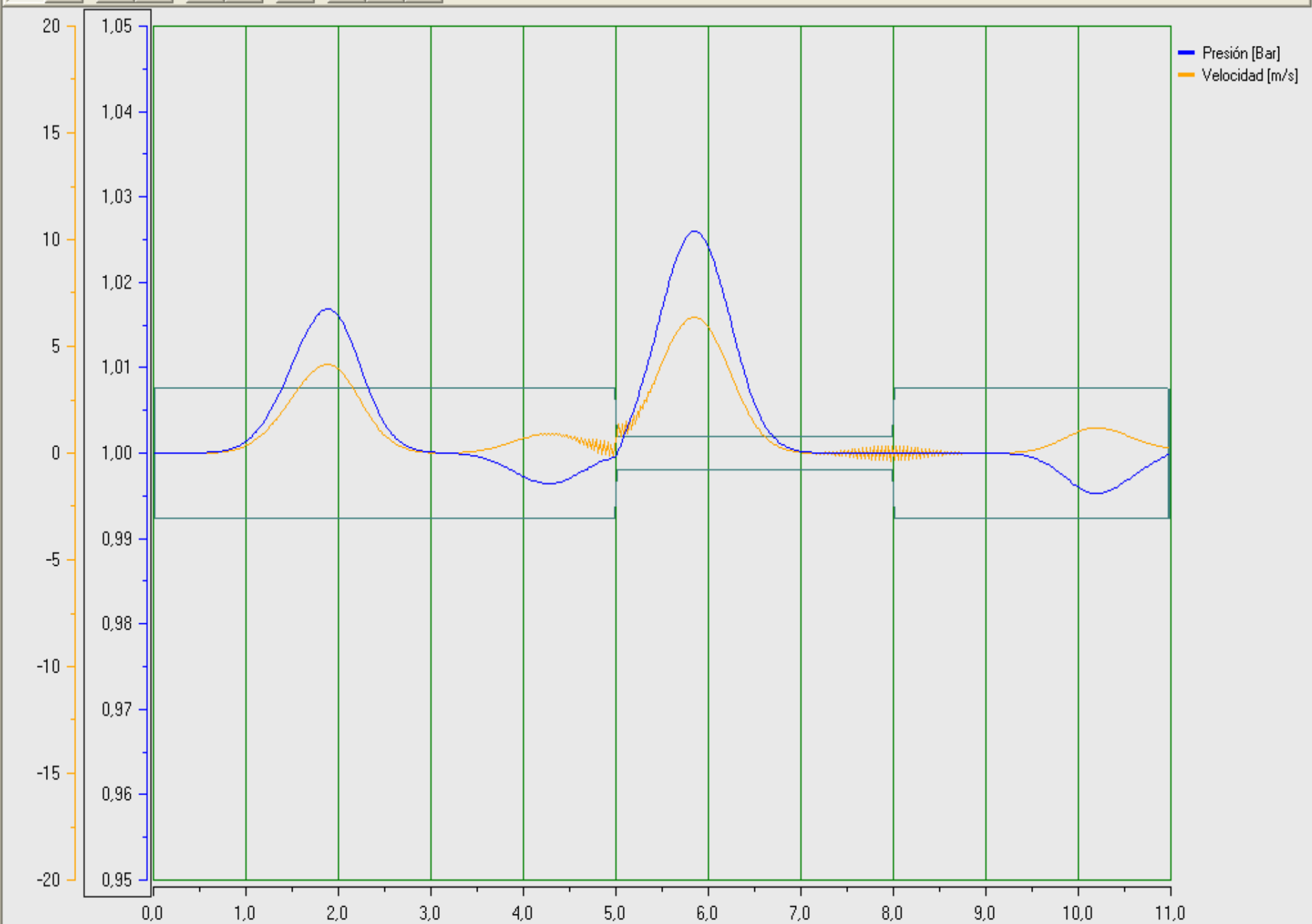


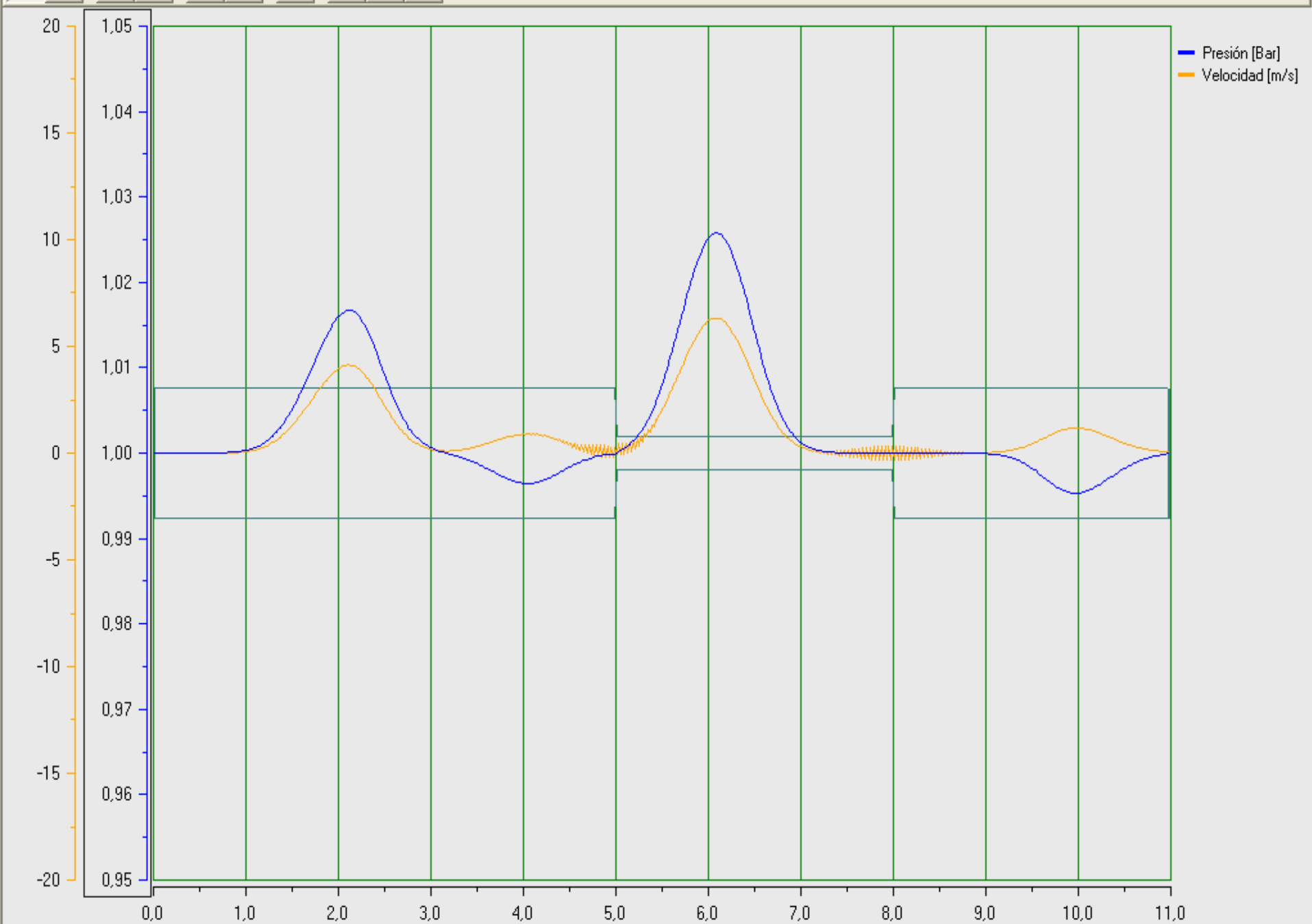


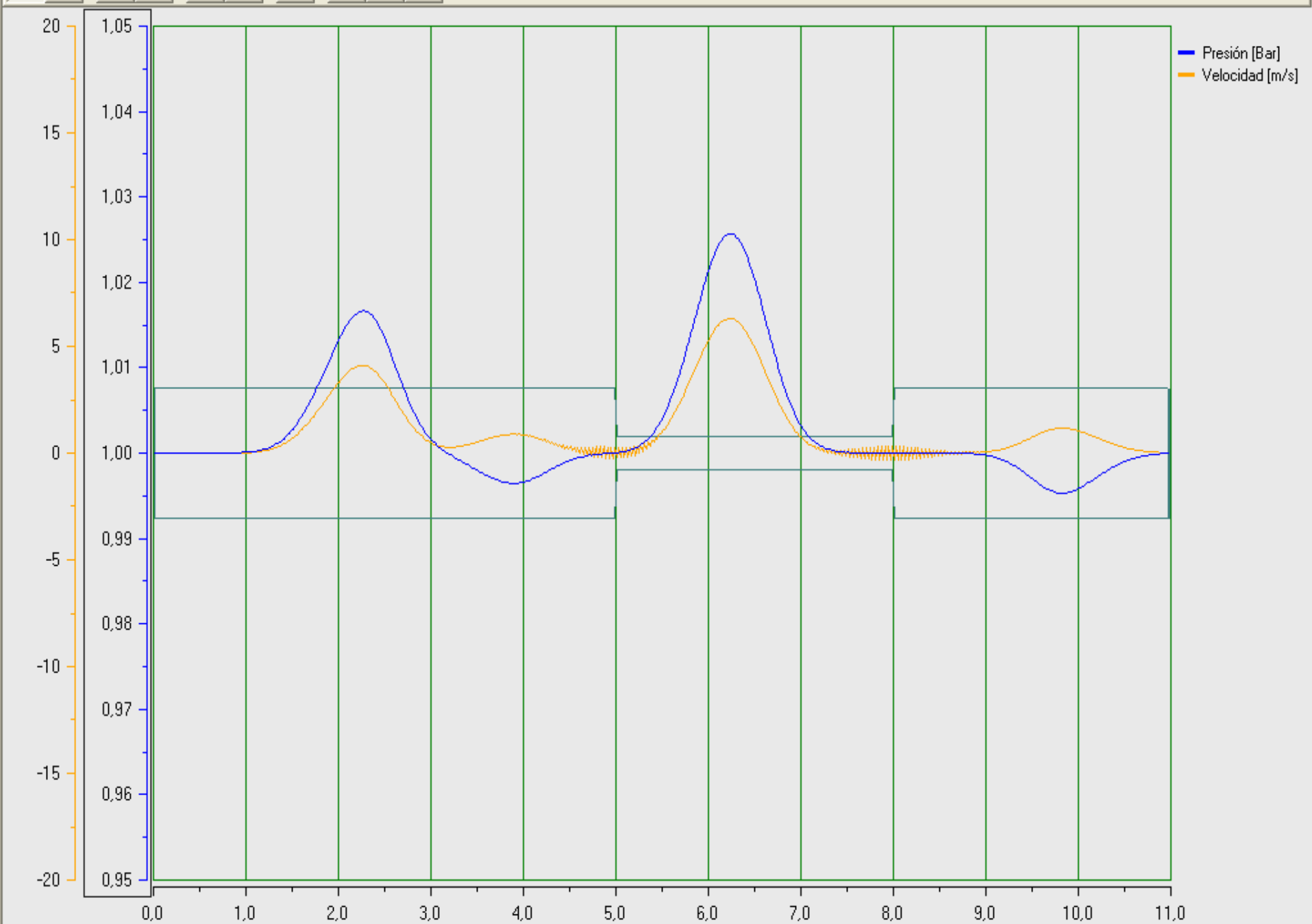


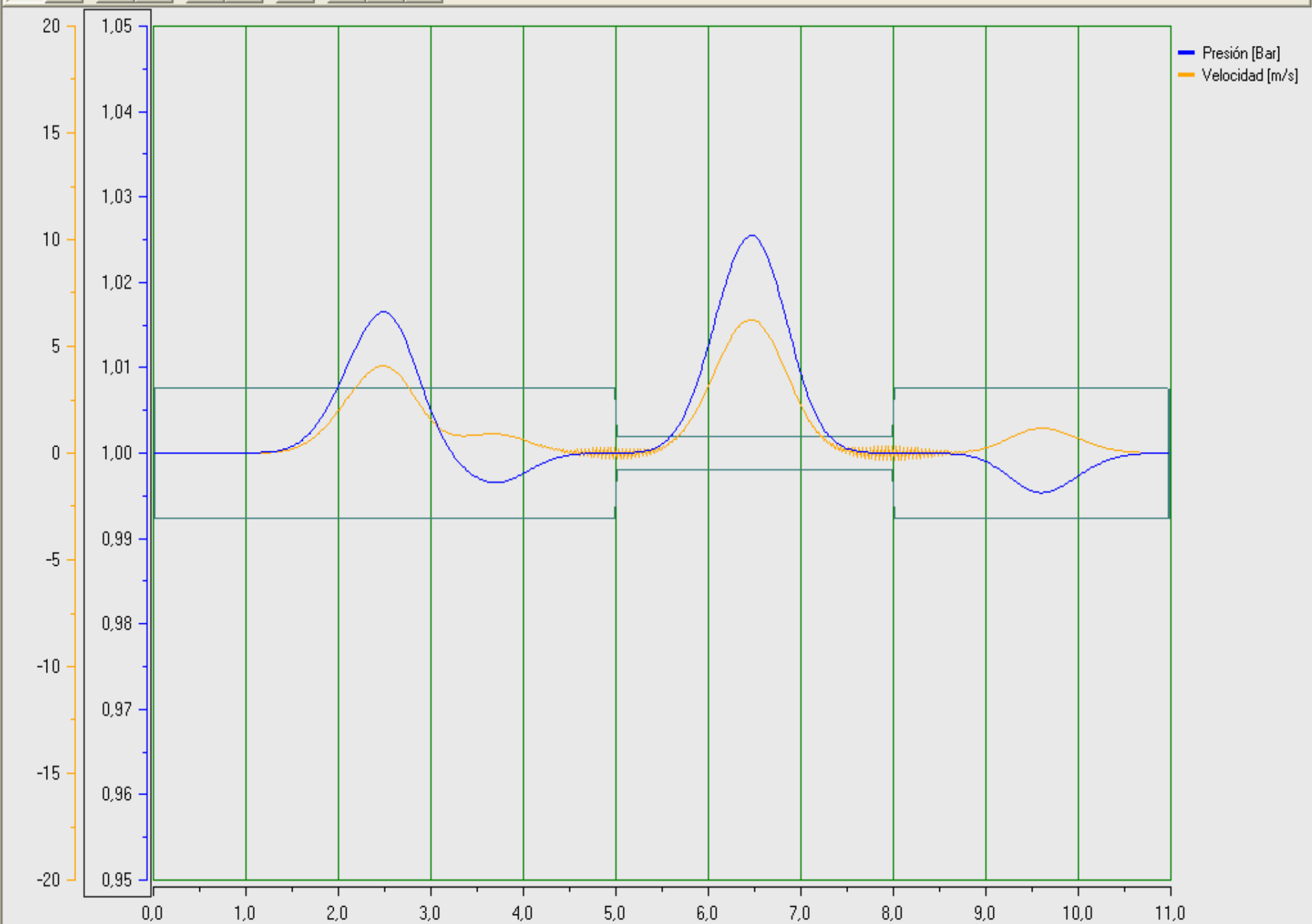


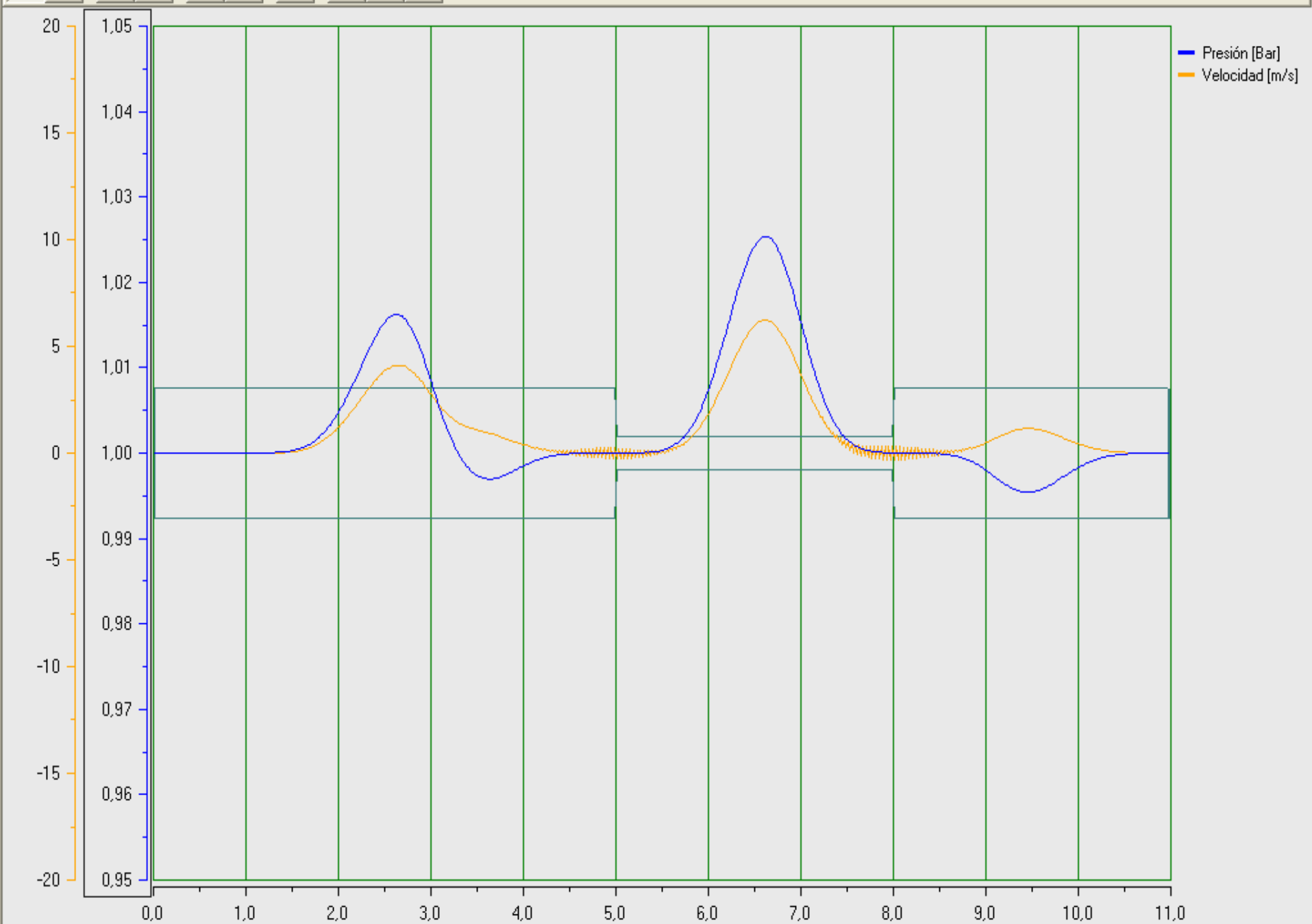














¡Muchas gracias por su atención!



