

Estudio de Performance en Motocompresores

Introducción

El presente trabajo tiene con fin dar a conocer una de las últimas tecnologías aplicadas por Universal Compression Argentina para el estudio de la performance operativa en compresores de gas.

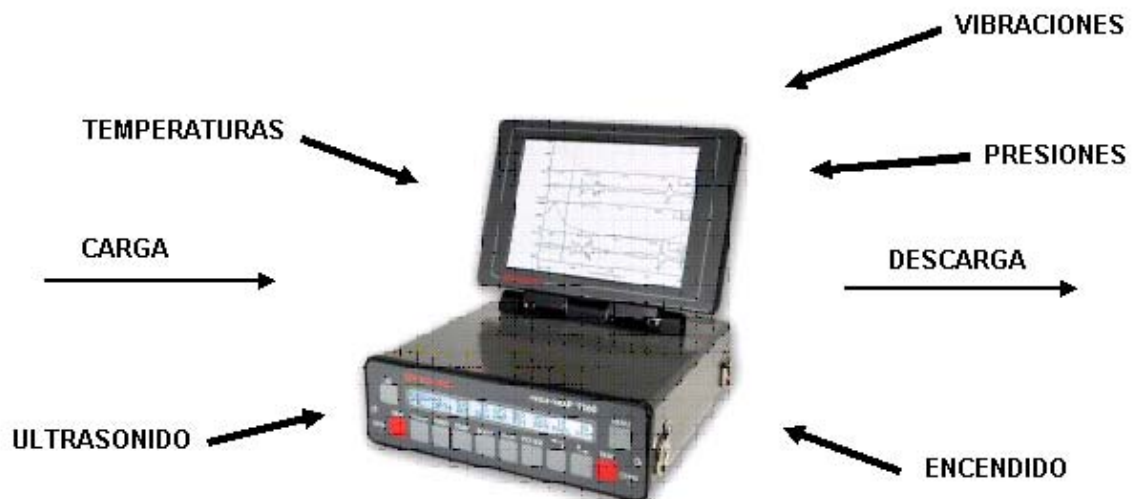
Como resultado del estudio de la performance de los equipos, se pueden llevar a cabo las acciones correspondientes para un mejoramiento y optimización de la instalación. Con esto logramos un aumento en la eficiencia de los equipos y agregamos una herramienta de soporte al sistema de mantenimiento preventivo generando de esta manera un ahorro de tiempo y dinero.

Equipo para Monitoreo

El equipo empleado para técnicas de Mantenimiento Predictivo, en nuestro caso se basa en un Recip Trap de la firma Dynalco Controls, el cual nos permite coleccionar, analizar y generar informes de:

- Compresores.
- Motores.
- Equipos rotantes.
- Sistemas de encendido de motores.

El sistema consiste de componentes de software y hardware. El hardware consiste en el Recip Trap. Se carga el Recip Trap con rutas y puntos de medición, previamente organizados y seleccionados en el software, se toman las distintas mediciones y luego se descargan a una computadora y se analizan los datos obtenidos en mismo software.



El equipo cuenta con los siguientes componentes:

- **Marcadores de punto de referencia**, se encargan de darnos la ubicación de los eventos en función del ángulo de giro del cigüeñal del equipo. Generalmente se marca el Punto Muerto Superior (PMS o TDC) de un cilindro del compresor y en el caso de no ser un equipo integral, también se necesita el PMS de un cilindro, ya que el defasaje de ángulos del cigüeñal es conocido en la geometría del equipo. Podemos emplear:
 - **Encoder**, nos genera una cantidad fija de pulsos por revolución.
 - **Pick Up**, solo nos genera un pulso por revolución, estos pueden ser Magnéticos u ópticos.

Para la verificación de la ubicación de la marca se emplea la Lámpara Estroboscópica, la cual emite un haz de luz por cada marca del PMS.

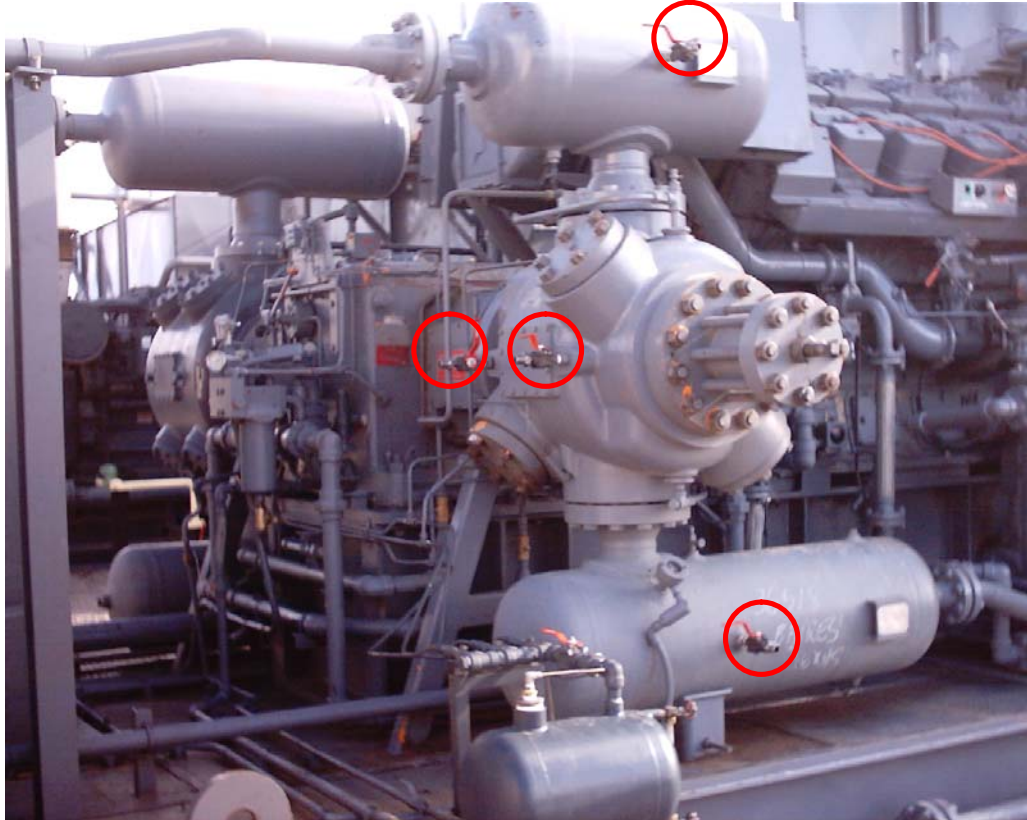
- **Transductores de Presión**, tenemos para distintos rangos de medición, los cuales miden la presión interior respecto a la presión atmosférica.
- **Transductores de Vibración**, podemos tomar mediciones de Desplazamiento, Velocidad y Aceleración, contamos para esto con:
 - **Acelerómetro**, que convierte la vibración en una señal de voltaje, dando lecturas de baja y media frecuencia. Cuenta con sus accesorios de fijación como magnética (manos libres), puntas y pinza.
 - **Micrófono**, empleado para lecturas de alta frecuencia asociadas con las pérdidas de gas.
- **Accesorios para control del encendido**, nos recolectar información sobre el voltaje del encendido Primario y la curva de del encendido Secundario, dándonos el ángulo donde ocurre el disparo de la chispa de la bujía, el voltaje del arco, la duración de la chispa.
- **Accesorio de temperatura**, contamos para esto con un pirómetro, con el que tomamos temperaturas superficiales como tapa de válvulas, válvulas de combustible, múltiples de escape, etapas de compresión, intercambiadores, etc.

Adaptación del equipo a medir

Debemos tener en cuenta todas las **Condiciones de Seguridad** ya que en este punto analizaremos que necesitamos hacer sobre el equipo para que este en condiciones de ser controlado, por lo cual se debe aplicar el procedimiento de paro de la unidad, venteo, bloqueo y etiquetado de la misma, por lo que así estaremos seguros que al montar las válvulas en las líneas estén despresurizadas, asegurarnos que el motor no pueda ponerse en marcha, ni girar y demás consideraciones necesarias.

Según el estudio que se quiera realizar se instalaran válvulas en los efectos de cada cilindro, en los botellones, en los separadores y en cañerías.

Las válvulas empleadas son tipo esféricas ya que se trata de obtener la menor amortiguación de onda a través de ellas y de esta forma contar con los datos más reales posibles. Se deberá asegurar que los orificios se encuentren limpios y sin obstrucciones. Como generalmente ocurre con las válvulas de los cilindros motrices de los motores de dos tiempos que se encuentran llenas de carbón.



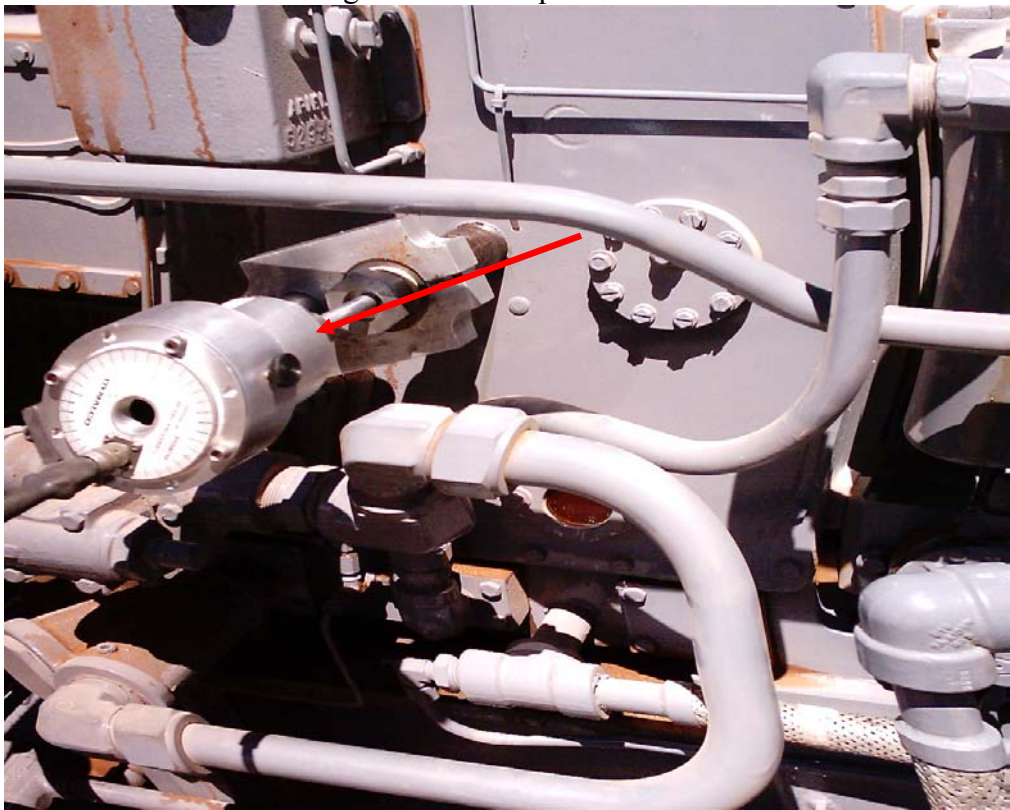
Ubicación de las válvulas para toma de presión.

Muchos equipos no cuentan con orificios que comuniquen el interior del cilindro con el exterior, por lo que en este caso habrá que realizar uno según recomendación del fabricante, o si no es posible se puede llegar a adaptar un conducto a través del perno de válvula de descarga.

Marcación del Punto muerto Superior de un cilindro. Según comodidad y geometría de la maquina seleccionamos cual cilindro será el de nuestra referencia y en base a él obtendremos la marca, la cual marcaremos sobre el volante del motor, por medio de un acuñado, pintado o pegado de cinta reflexiva. El PMS lo podemos obtener midiendo el desplazamiento de la cruceta o del pistón. En el caso del motor se procede de igual forma pero estos generalmente ya vienen indicados en el volante. Es el punto más importante ya que un error de pocos grados en el PMS se traducirá en valores e interpretaciones erróneas en el análisis.

Según el tipo de maquina que estemos por medir, debemos ver que tipo de accesorio de marca podremos utilizar, ya que muchas veces el encoder no se lo puede aplicar, y en ese caso tendremos que montar una mensula para el soporte del Pick Up y estaríamos obligados a tener que detener la maquina cada vez que se la quiera controlar esa maquina. El montaje del Encoder lo podemos

efectuar, en la mayoría de los casos, con la maquina en marcha sin que existan riesgos. Ya que este lo podemos montar en el extremo del cigüeñal del compresor o del motor.



Montaje de Encoder en compresor Ariel.

Obtención de datos

Para la obtención de datos debemos tener la mayor cantidad posible de información sobre el equipo, análisis del gas, condiciones operativas (saber que transductores utilizaremos) y si existe algún problema en especial para poder realizar un estudio mas amplio como el caso de pulsaciones, vibraciones excesivas, etc., no solo basarnos en un estudio sobre el estado mecánico de la unidad.

Compressor Geometry 111029-C							
Valves		Data Format		Clearance Data		Gas Analysis	
Compressor Definition		Stage Definition		Crosshead		Cylinder Definition	
						Cylinder End Definition	
Cylinder Name	Serial Number	Crank Angle (deg)	Bore (ins)	Piston Rod Diameter (ins)	Tailrod Diameter (ins)	Allowable Rod Load Compression	Allowable F Load Tensi
1	C-37177	0.0	9.750	2.000	0.000	30000	30000
2	C-37179	0.0	6.000	2.000	0.000	30000	30000
3	C-37178	270.0	9.750	2.000	0.000	30000	30000
4	C-37180	270.0	6.000	2.000	0.000	30000	30000

El software nos ira pidiendo las distintas características del equipo como ser:

- Cantidad de cilindros (motor y compresor)
- Cantidad de válvulas por cilindros
- Que queremos medir
- El ordenamiento que queremos seguir
- Potencias del motor y compresor
- Balanceo del compresor (para obtener los datos de Rod Load)
- Longitud entre centro de Biela
- Diámetro de los cilindros
- Carrera
- Cantidad de encendidos secundarios
- Cromatografía
- Ángulos de apertura de Válvulas (motor)
- Ángulos de ubicación de los gorriones del Cigüeñal (motor: obtener secuencia de encendido, compresor: ubicación de los demás PMS)
- Sentido de giro del equipo.
- Resistencia a la tracción y compresión del vástago.

Cylinder Number	Cylinder Name	Crank Angle (deg)	Bore (ins)	Rod Length (ins)
1	1L	420.0	8.500	14.000
2	2L	180.0	8.500	14.000
3	3L	660.0	8.500	14.000
4	4L	300.0	8.500	14.000
5	5L	540.0	8.500	14.000
6	6L	60.0	8.500	14.000
7	1R	0.0	8.500	14.000
8	2R	480.0	8.500	14.000
9	3R	240.0	8.500	14.000
10	4R	600.0	8.500	14.000
11	5R	120.0	8.500	14.000
12	6R	360.0	8.500	14.000

Una vez cargada toda la información, organizamos la ruta a seguir, y ya estaremos en condiciones de recolectar la información y posteriormente analizarla.

Esta base de datos creada para el equipo será única para el equipo de forma de poder tener un historial del equipo y poder obtener tendencias de los datos obtenidos.

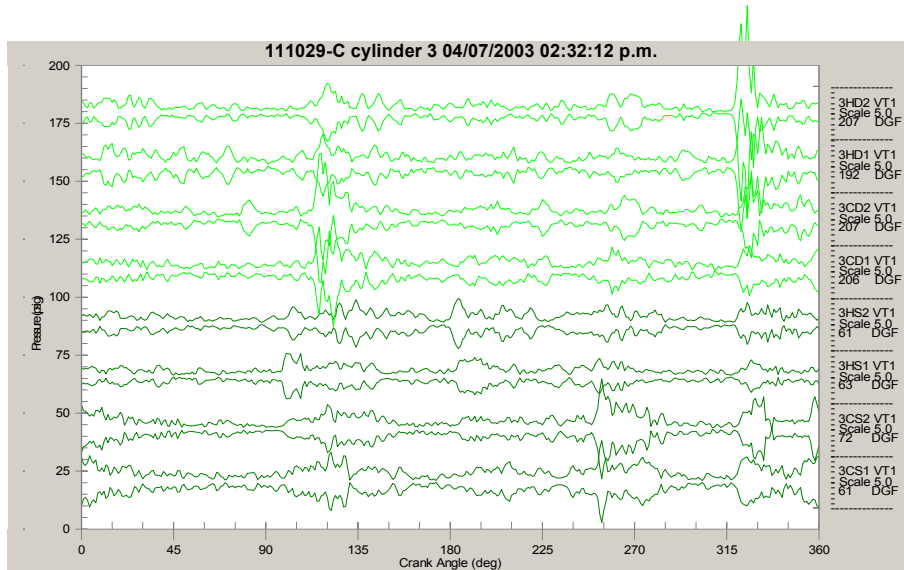
Mediciones

Los diferentes puntos de medición y la selección del tipo de medición será la que nos dará los resultados del análisis. Tomaremos lo siguiente:

Curvas de vibración

Para evaluar condiciones mecánicas, podremos tener conocimiento de:

- Evento de apertura de válvulas, si abren antes o después.
- Condiciones de impacto, de apertura y cierre de válvulas, huelgos en cruceta, en perno de cruceta, golpes de pistón, piezas flojas.

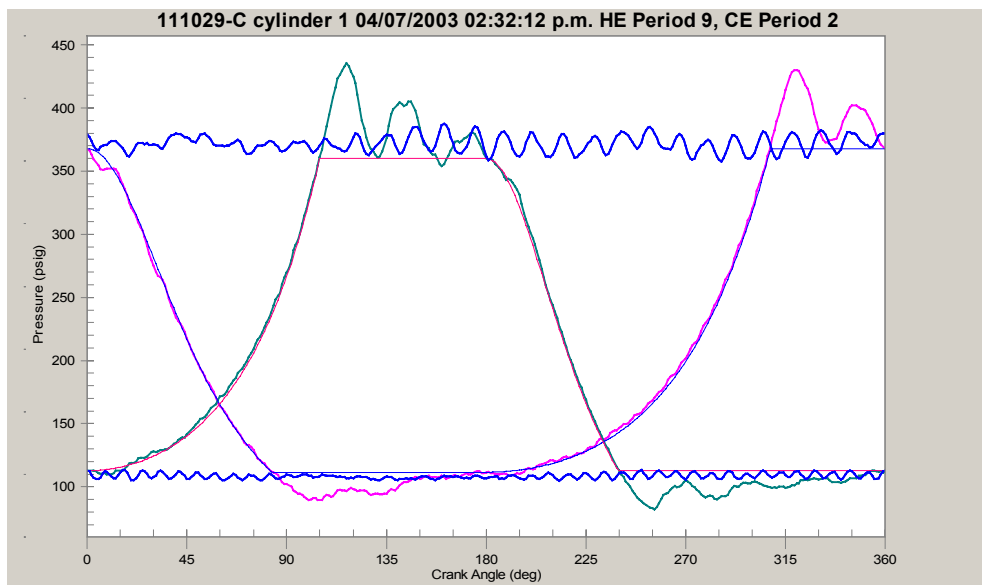


Patrones de vibración en válvulas.

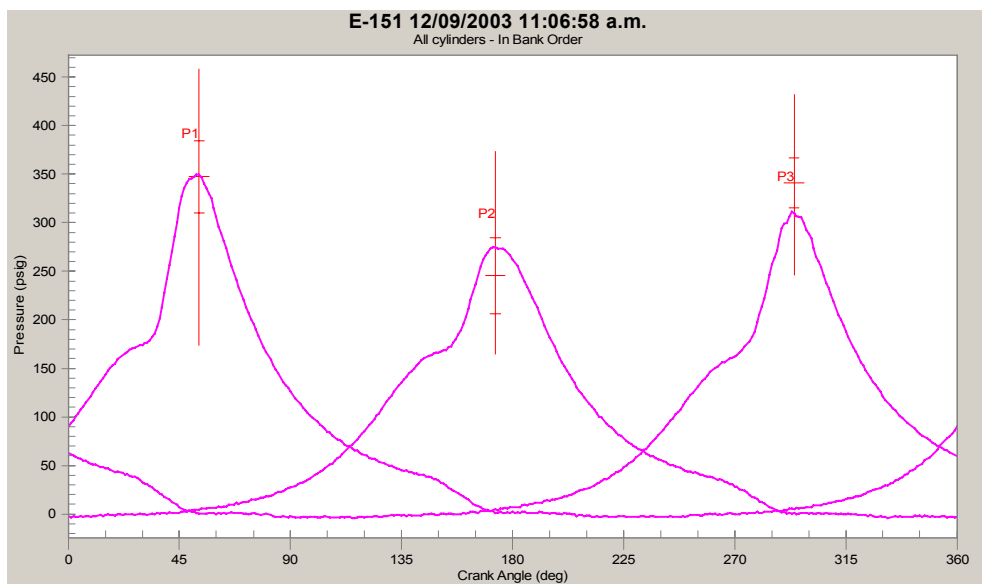
Curvas de Presión

Para evaluar la performance del equipo y condiciones mecánicas, a través de ellas podemos obtener:

- Perdidas por aros de compresión
- Perdidas a través de las válvulas
- Compresión
- Presiones de trabajo
- Identificar Perdidas
- Verificar espacios nocivos
- Verificar carga sobre el vástago
- Obtener los datos de Capacidad
- Potencia consumida o entregada
- Relaciones de compresión.



Patrones de presión en cilindro compresor y botellones correspondientes



Patrones de presión en cilindros motores

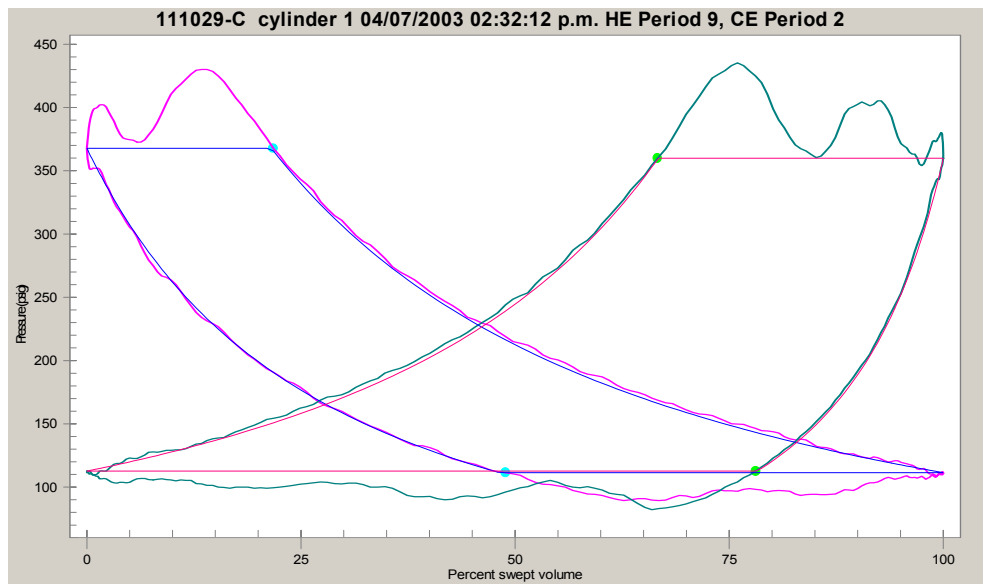


Diagrama Presión – Volumen (Compresor)

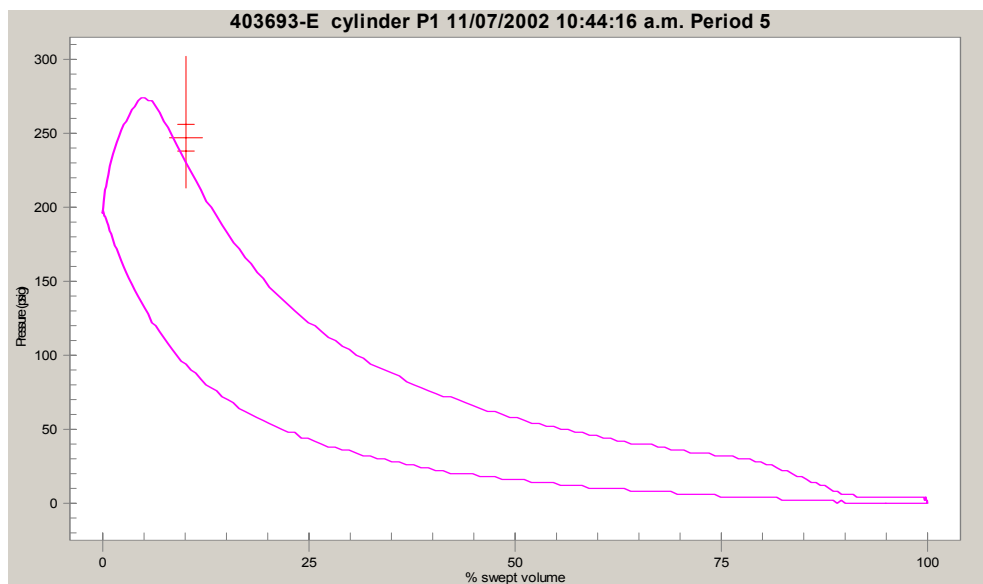
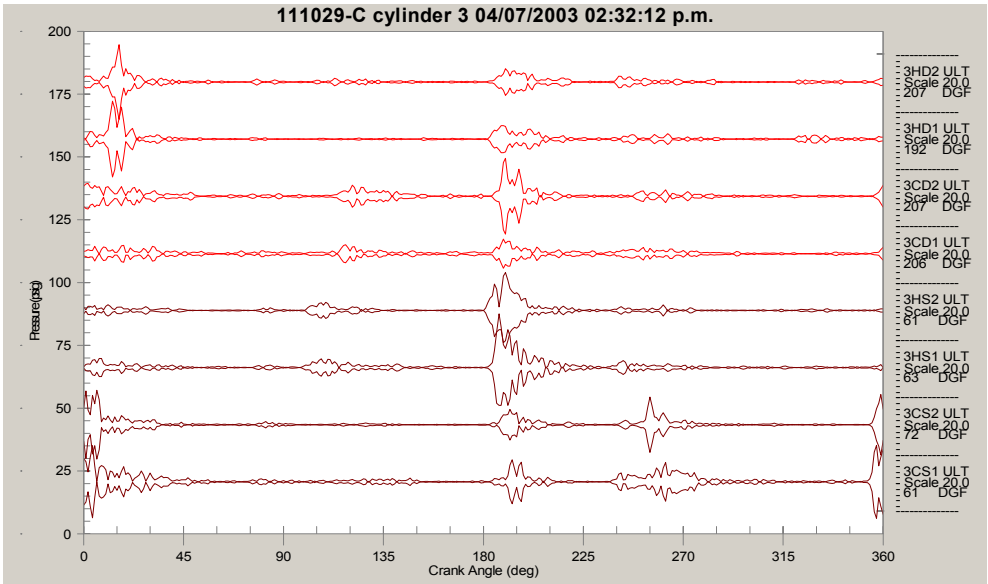


Diagrama Presión – Volumen (Motor)

Curvas de Ultrasonido

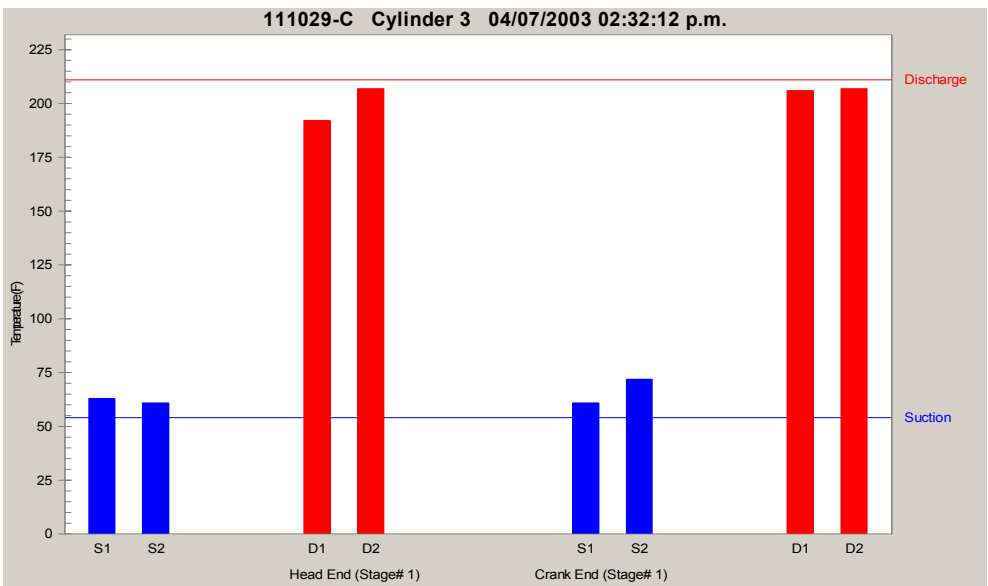
Para evaluar eventos mecánicos, asociados principalmente a pérdidas de gas. Detectamos fugas de gas a través de las válvulas o aros de compresión, fugas en tapas, bridas, empaquetaduras, etc.



Patrones de ultrasonido en válvulas de succión y descarga

Temperaturas

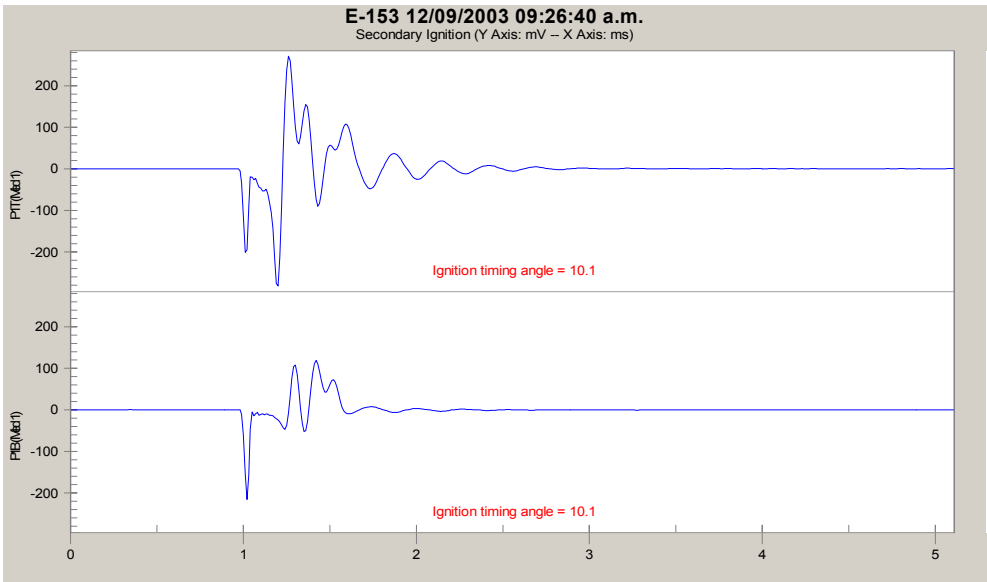
Controlar temperaturas de válvulas, cilindros, múltiples de admisión y escape, temperaturas de etapas, temperaturas de intercambiadores, etc.



Temperaturas en válvulas

Encendido Secundario

Controlar punto de encendido y estado de las bujías, ya que tenemos los valores de duración de la chispa y el voltaje del arco.



Patrones de encendido Secundario de un cilindro con dos bujías

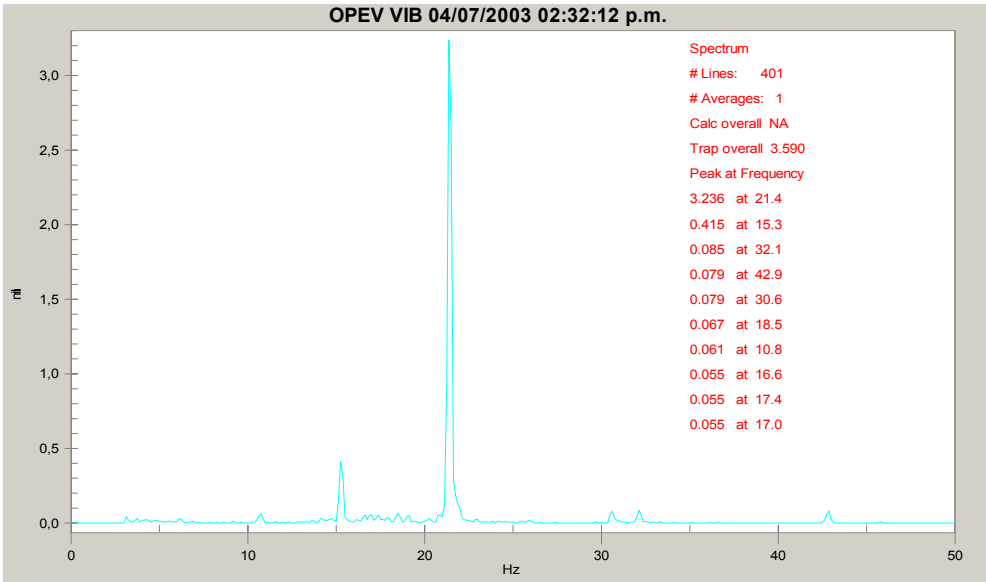
Engine Ignition Secondary Report
UNIVERSAL
EL PALMAR

Unit Name: E-153		Model: DPC-2803		Date: 12/09/2003 09:26:40 a.m.						
Location: MC-153		Unit Mfr: AJAX		Serial No.: 84322						
Attenuation Level: N/A		Marker Correction Angle: 150.0 degrees			Periods Collected: 20					
Cyl	Plug Location	Timing Angle				Signal Level				%
		AVE	DEV	MAX	MIN	AVE	DEV	MAX	MIN	Misfire
P1	bottom spark plug	10.1	0.0	10.1	10.1	3766	188	4390	3428	0
P1	top spark plug	10.1	0.0	10.1	10.1	3537	258	4183	3252	0
P2	bottom spark plug	10.1	0.0	10.1	10.1	2750	36	2845	2691	0
P2	top spark plug	10.1	0.0	10.1	10.1	4381	152	4588	3992	0
P3	bottom spark plug	10.1	0.0	10.1	10.1	4582	212	4991	3943	0
P3	top spark plug	10.1	0.0	10.1	10.1	4705	148	5057	4302	0
Engine:	bottom spark plug	10.1	0.0			3699	145			
	top spark plug	10.1	0.0			4208	186			

Informe de estado del encendido Secundario.

Espectros de Vibración

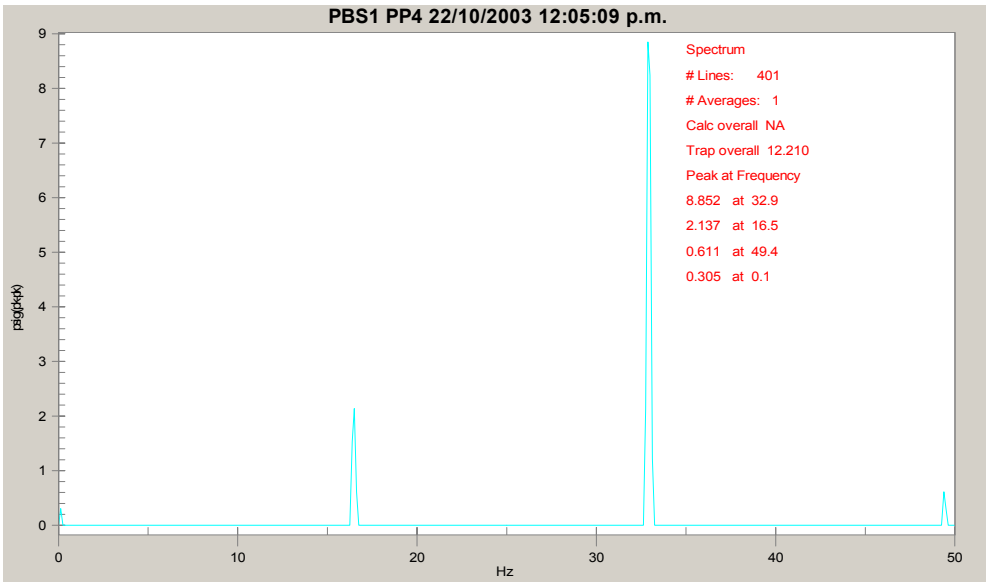
Podemos estudiar espectros de vibración ya sean de desplazamiento, Velocidad o Aceleración de cañerías, estructuras, Cojinetes, etc. Que nos permiten evaluar desgastes en rodamientos, desalineación de equipo, cajas de engranaje, huelgos en cojinetes, estado en motores eléctricos, etc.



Espectro de desplazamiento en el Block de un motor.

Pulsaciones

Podemos obtener valores de los picos de presión en separadores, botellones o cañerías para poder determinar la existencia de pulsaciones.



Pulsaciones en Separador de 1° etapa.

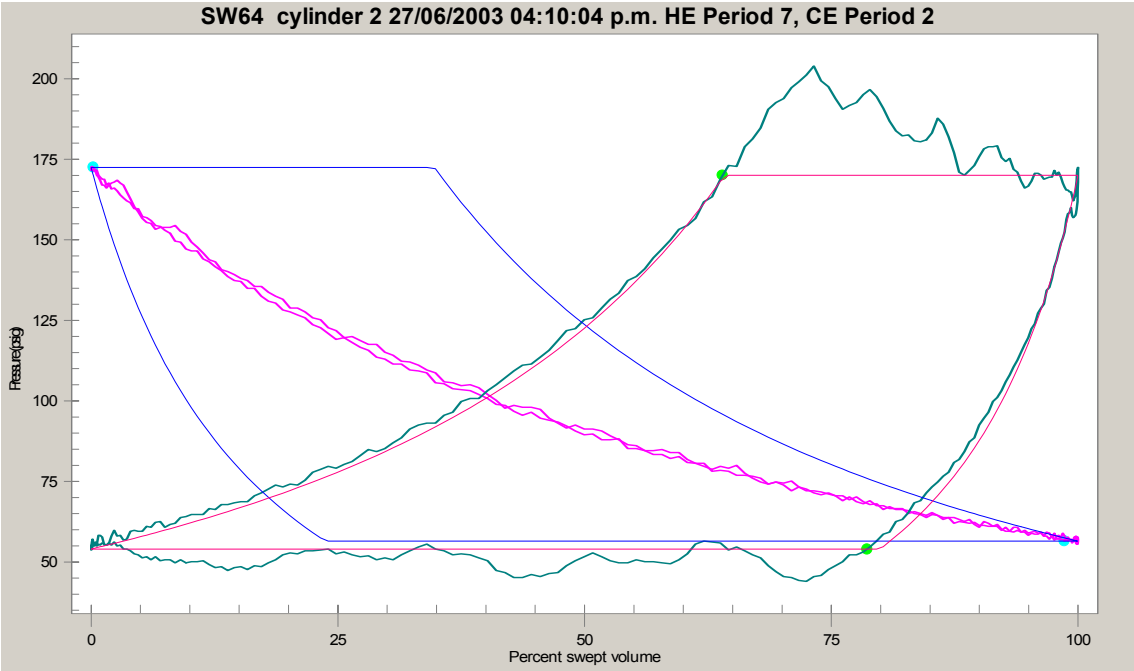
Conclusión

En base a la experiencia adquirida por el uso y empleo de este instrumento, el cual utiliza tecnología de última generación, nos ha ayudado a comprender mejor el funcionamiento y el comportamiento de los equipos analizados, generando menores costos de mantenimiento y brindandonos información necesaria para evaluar el progreso de los mismo, en el tiempo. Los beneficios que se obtienen con un análisis completo usando este tipo de aplicaciones son innumerables, vamos a detallar las más importantes de ellas:

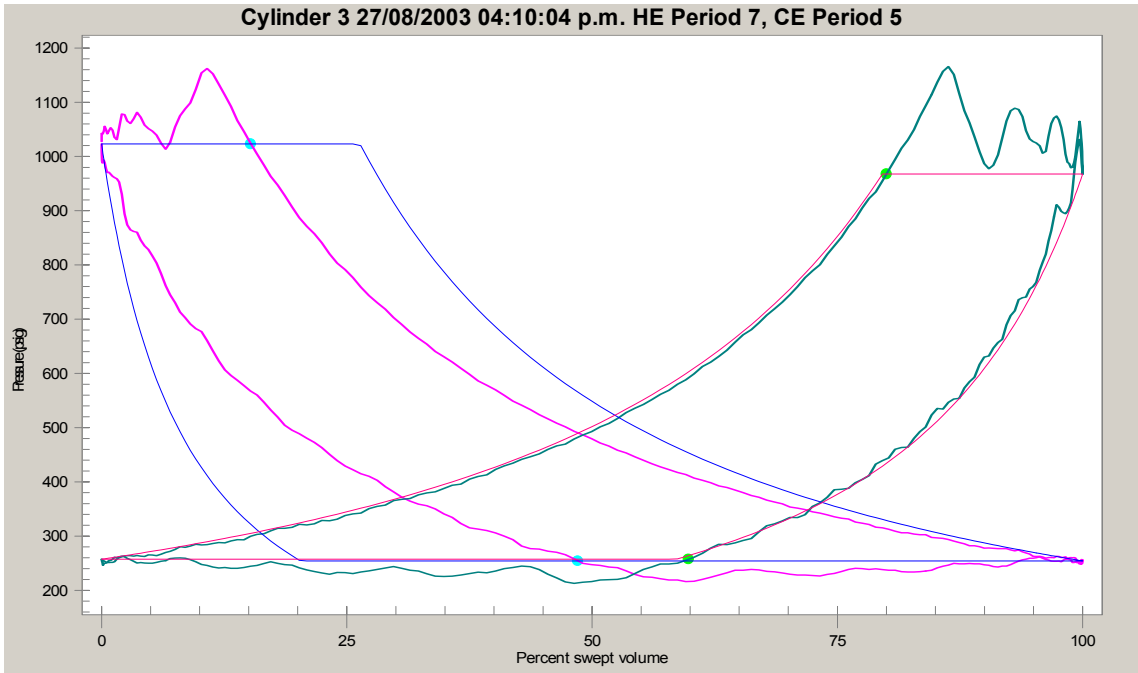
- Reduce los costos de mantenimiento.
- Extiende las horas entre Overhaul.
- Incrementa la confiabilidad de la máquina.
- Proporciona mejoras económicas.
- Reduce los repuestos necesarios.
- Identifica las pérdidas.
- Previene fallas.
- Ayuda a coordinar los planes de mantenimiento.
- Establece datos de tendencia.

Casos

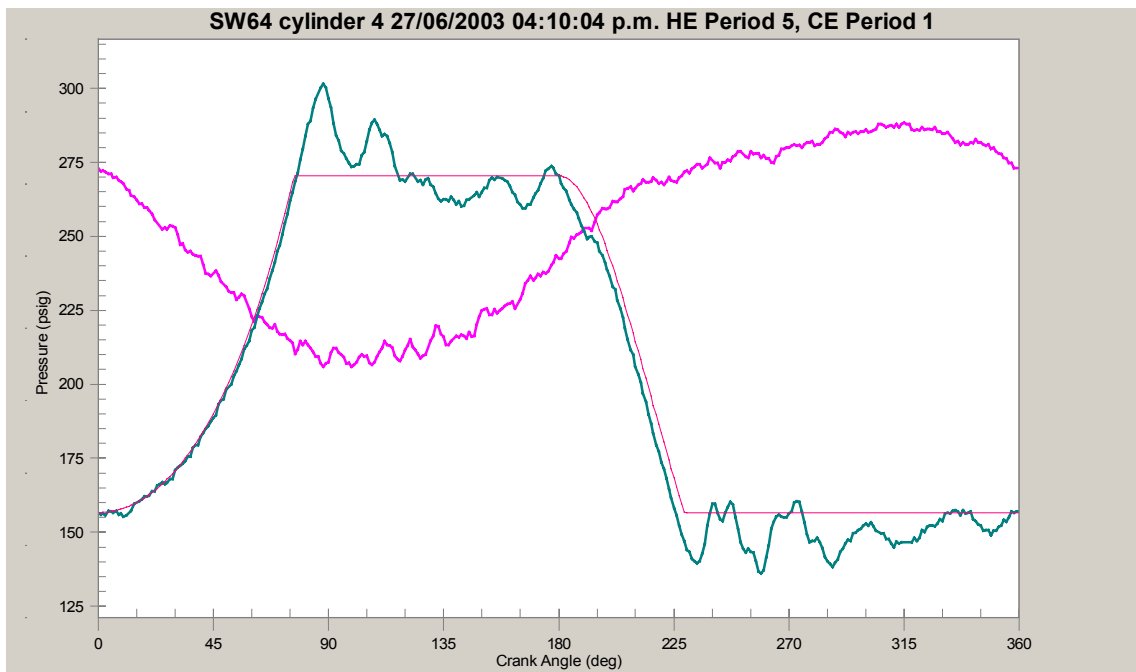
Ejemplos de problemas más comunes



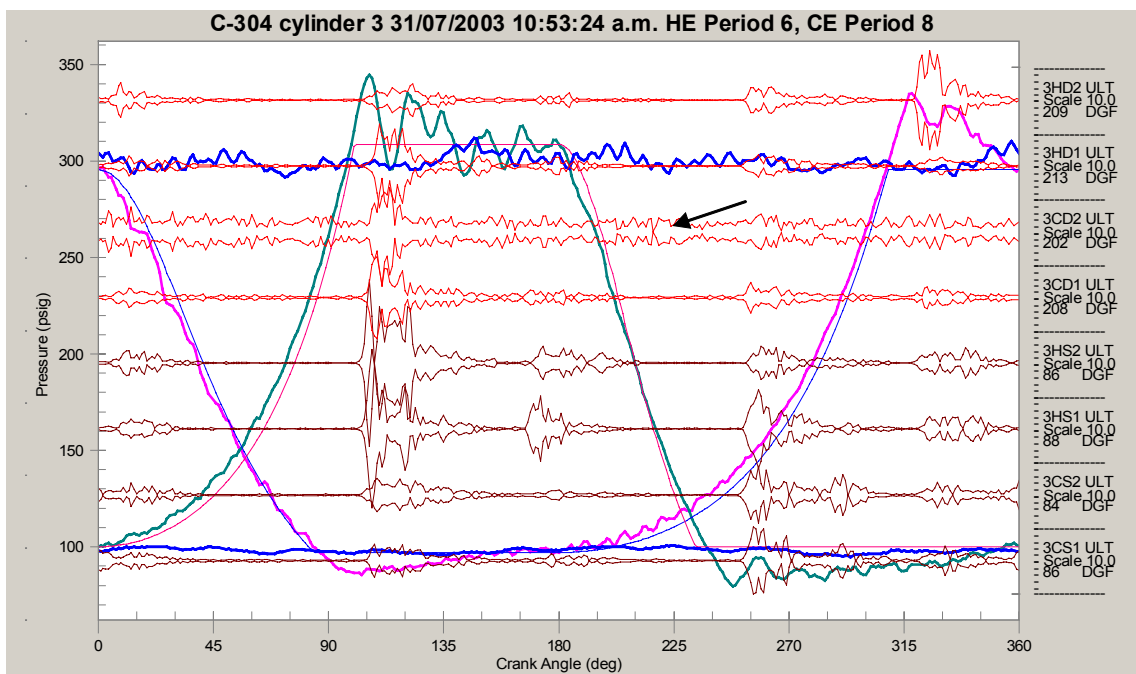
Cilindro con efecto HE descargado.



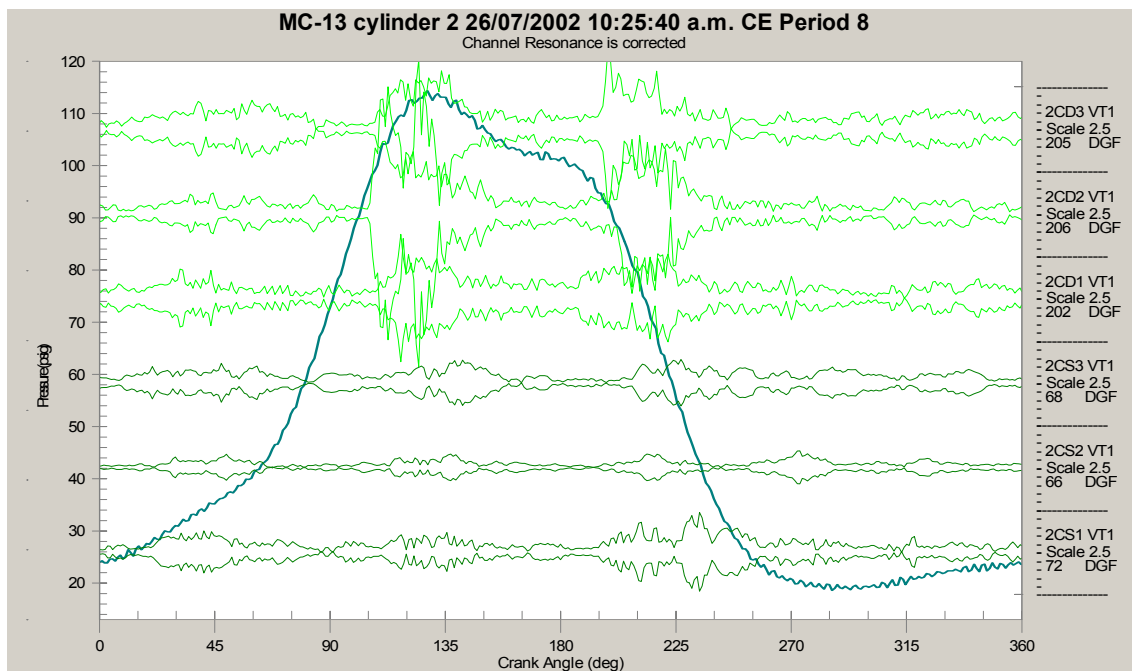
Cilindro con diferencia de espacios nocivos, lo supuesto vs. lo real.



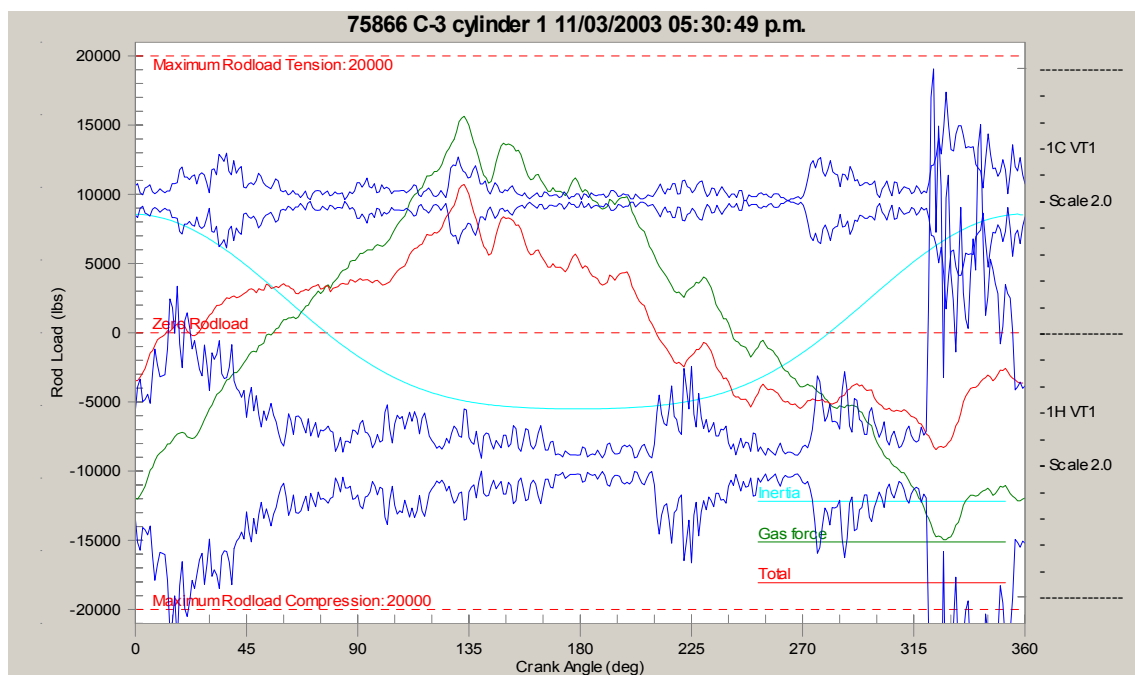
Cilindro con válvula de descarga con Plato roto, como se aprecia en el efecto HE no llega a la presión de succión.



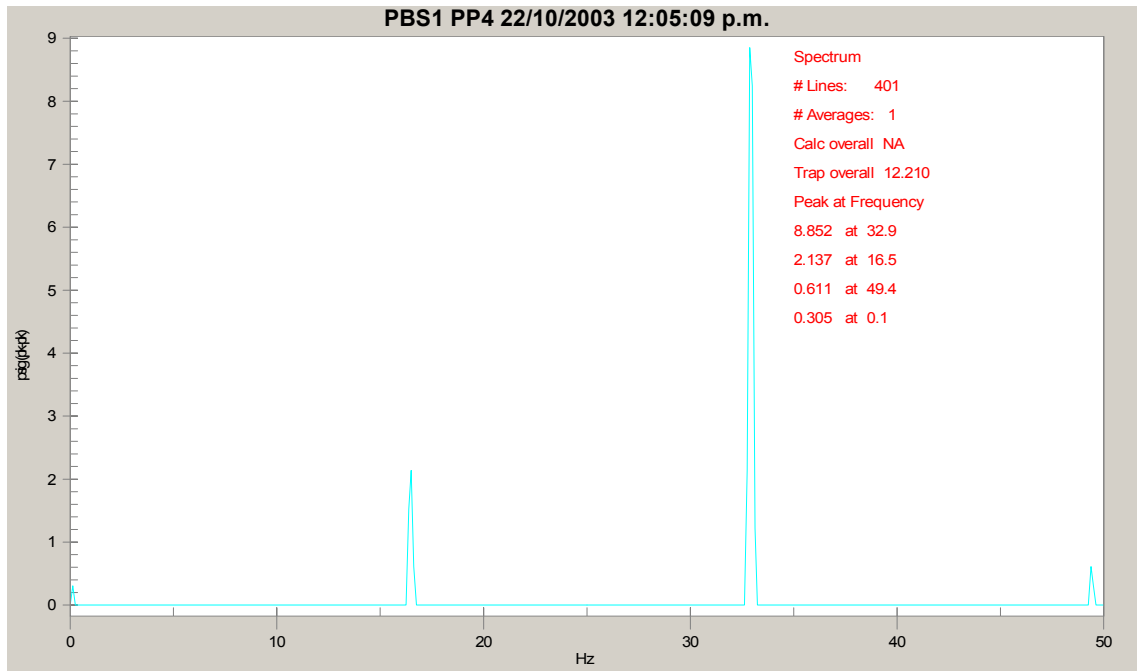
Patrones de ultrasonido sobre válvulas, se puede apreciar la fuga de gas a través de la válvula de descarga CD2



Patrones de vibración en válvulas, se observa altos impactos en válvulas de descarga y una de ellas con doble apertura.



Patrones de vibración en cilindro, presencia de altos impactos lado HE, por problemas de mal mecanizado de la camisa.



Espectro de pulsaciones en separador de Primera etapa.

Bibliografia:

Recip-Trap User's Guide
Basic Compressor Analysis (Azonix-Dynalco)
Intermediate Compressor Analysis (Azonix-Dynalco)

