

FENIX POWER S.A.
“ANÁLISIS VIBRACIONAL AVANZANDO Y ODS – BOMBA TORISHIMA”

INF-SP-202207-ODSANALISIS-REVB
INFORME TÉCNICO-VIBRACIONES REV.B

APROBADO POR:

Elaborado por

Cesar Abanto A.



CESAR ABANTO
CESAR ABANTO AMASIFUEN
ESPECIALISTA PREDICTIVO
SOPRETEM S.A.C.

Cliente

Iván Medrano.

Rev.	Elaborado	Descripción	Fecha
A	C.Gonzalez	Emitido para revisión Interna	25/06/18
B	C.Abanto	Emitido para revisión Interna	26/06/18

COMENTARIOS:

INDICE

I. OBJETIVO DE ESTUDIO	3
II. ANTECEDENTES	3
III. INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA	4
IV. ETAPAS DESARROLLADAS DURANTE EL ESTUDIO	5
V. ANÁLISIS DE VIBRACIÓN & ANÁLISIS DINÁMICO	9
VI. ANÁLISIS DINÁMICO ODS	13
VII. CONCLUSIONES	14
VIII. RECOMENDACIONES	15

I. OBJETIVO DE ESTUDIO

El objetivo de este estudio es analizar el comportamiento dinámico de el conjunto motor bomba Torishima utilizando las técnicas de vibración avanzadas y de análisis por ODS.

Se prestará mucho énfasis en:

- Análisis vibracional multicanal (10 sensores en simultáneo), medición de fases en el punto de máxima amplitud de la respuesta vibracional, procedimiento de balanceo dinámico y finalmente el procedimiento de alineamiento láser.
- Analizar las respuestas dinámicas del sistema, observando si el mismo está trabajando en fase, es decir, si no hay movimientos relativos del sistema o parte de los componentes, utilizando el análisis por (*Operation Deflection Shape - ODS*).

II. ANTECEDENTE:

El conjunto motor bomba Torishima 01, fue sometido a un mantenimiento y cambio de partes rotativas para su funcionamiento optimo contando con la visita del representante técnico de la marca, dejando en condiciones favorables de trabajo con máquina en frio, sin embargo, en la puesta en marcha se detecto un incremento de las amplitudes de las vibraciones a medida que este experimentaba la rampa de ascenso a su trabajo final.

En vista de esta situacion FENIX POWER, decide contratar a SOPRETEMSAC para la inspección y la identificación del problema que ocasiona amplitudes de vibración que imposibilita el trabajo normal de la máquina.

III. INSTRUMENTACION UTILIZADA

Para la toma de los datos experimentales de la máquina y la estructura en el dominio de las frecuencias y tiempo se utilizó la siguiente instrumentación:

- Colector - analizador portátiles de dos canales (Commtest VB). que permitió obtener los espectros FFT junto con los valores globales de la vibración.
- Colector – analizador multicanal (16 canales) TWAVE -L para la captura y procesamiento de espectros y formas de onda en línea, capturando el arranque y sus variaciones en funcionamiento (arranque, trabajo en paralelo y solo) medidas entre los distintos puntos a lo largo de la distribución realizada por el analista.
- Colector – analizador 9174 – 9230 NATIONAL INSTRUMENTS para la captura y procesamiento de la respuesta en frecuencia y de las fases relativas entre los distintos puntos donde se tomaron las mediciones (ODS).
- Para la toma de lecturas del análisis ODS, se ha empleado el software de análisis COHERENCIA – ODS de Clear Motion Systems, como método para evaluar la respuesta del espectro cruzado (fase), con respecto a la referencia.
- Para el análisis ODS, se han empleado dos acelerómetros piezoeléctricos CTC del tipo industrial, uno de los cuales se fija en forma permanente a un punto del mecanismo de transmisión (canal 1), y el otro se va desplazando por la estructura para obtener los espectros cruzados y las fases relativas de todos los puntos medidos (canal 2).
- Diez acelerómetros piezoeléctrico del tipo industrial (CTC), para obtener las lecturas de los espectros de frecuencia y de la señal de tiempo.
- Softwares Clear Motion Systems daq – ODS.
- Software Multicanal para análisis de los espectros FFT de las señales de vibración.

IV. ETAPAS DESARROLLADAS DURANTE EL ESTUDIO

1. Etapas del trabajo

El proyecto se dividió en dos fases principales:

- En la primera, el comportamiento dinámico del sistema fue estudiado basándose en la técnica de vibración mecánica convencional,
- En la segunda etapa se realizó un análisis por ODS para determinar los modos operacionales del sistema relacionando las frecuencias con los modos de operación.

El diagrama presentado en la Figura 1, a continuación, muestra un esquema representativo de las etapas desarrolladas durante del estudio del conjunto motor – bomba Torishima, a través del análisis por ODS.

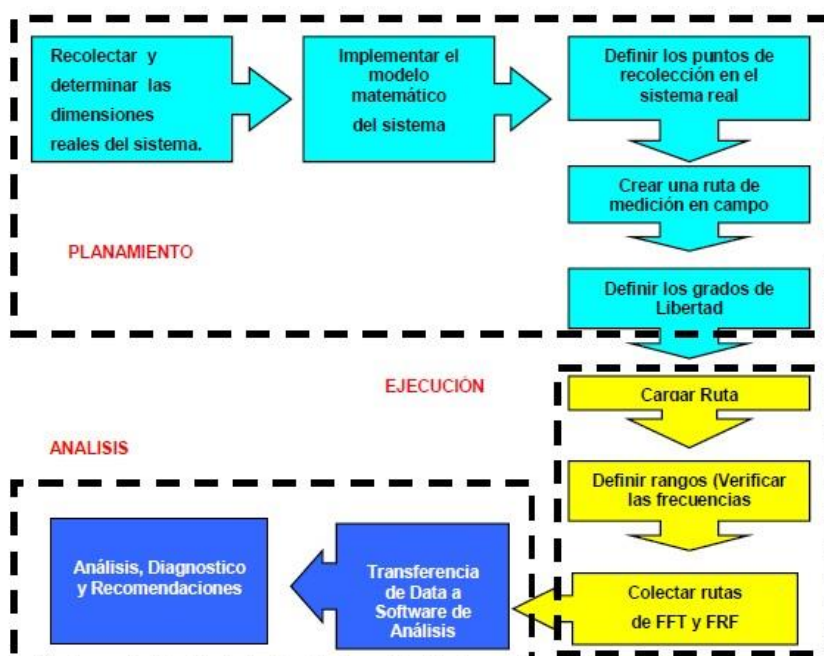
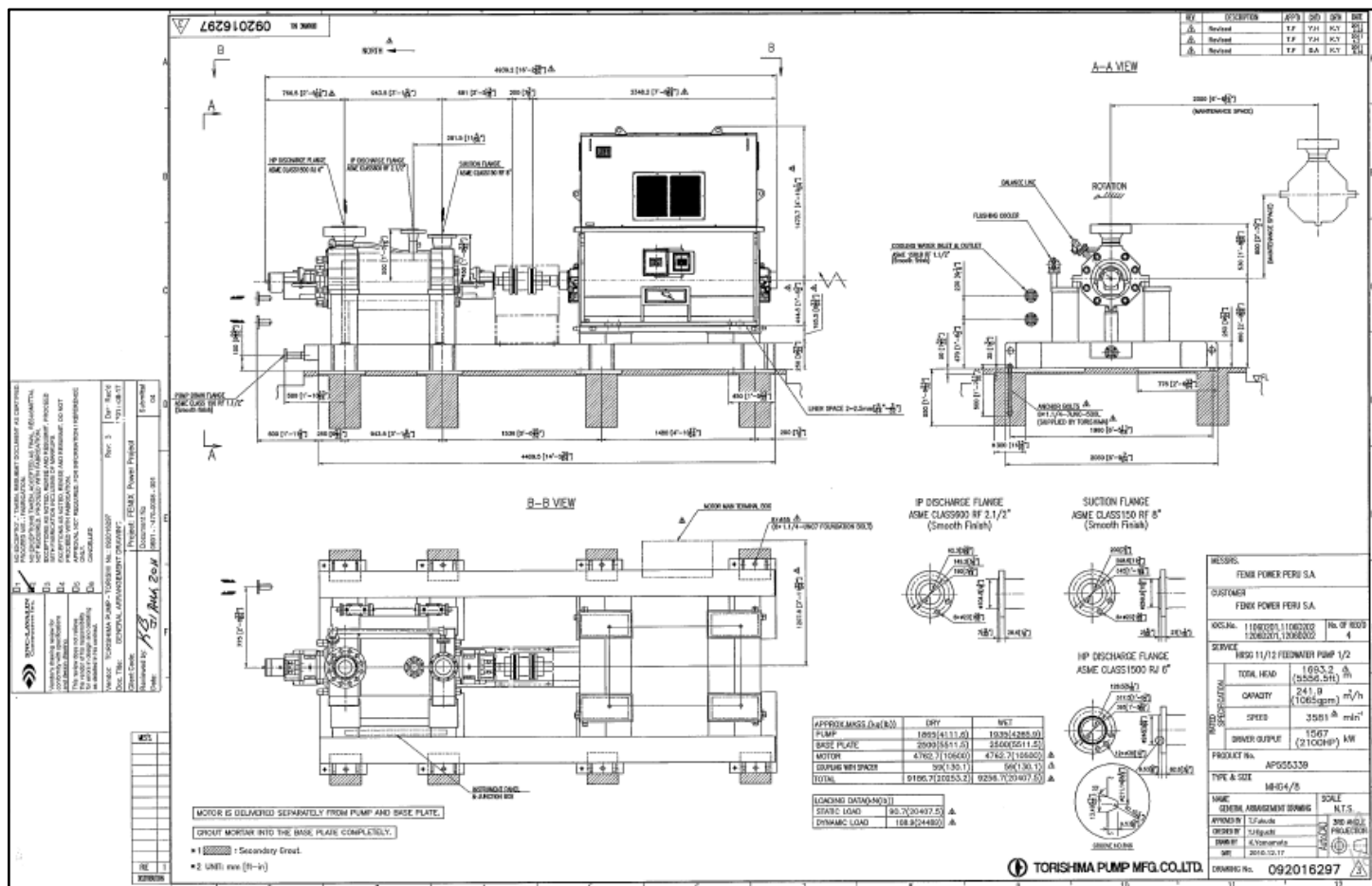


Figura 1 - Cronograma de las actividades realizadas durante el análisis por ODS

A continuación, se describen cada una de las etapas especificadas en el diagrama presentado en la Figura 1.

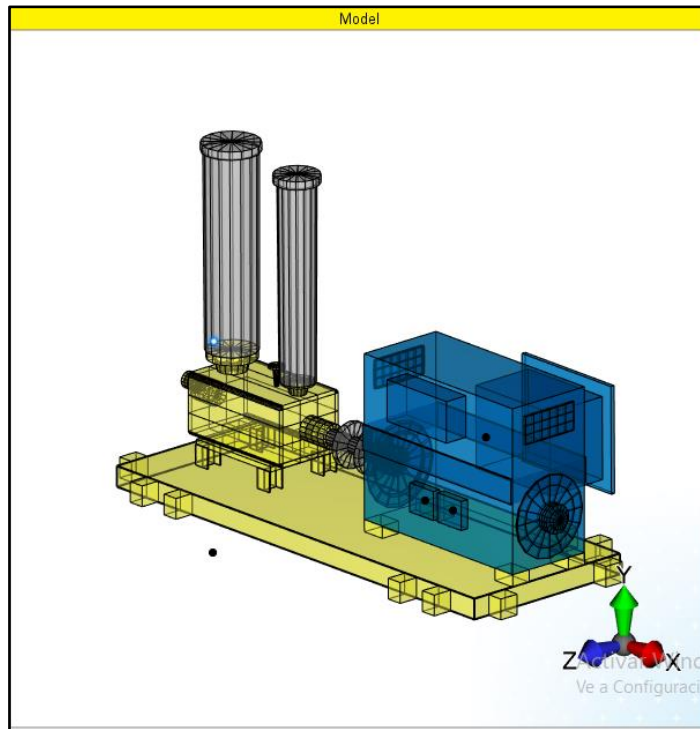
1.1 Determinación de las dimensiones del objeto de estudio

Las dimensiones se determinaron de acuerdo a las informaciones otorgadas por Fenix Power, tal como lo muestra la Figura 2. El desarrollo del proyecto se basó en los diseños enviados, mediciones de verificación realizadas por SOPRETEM SAC y en las fotos del sistema.



1.2 Crear estructura – Modelo matemático

El modelo matemático se desarrolló en el programa Clear Motion Systems basado en los planos otorgados por Fenix Power. Todas las dimensiones del modelo matemático siguen las dimensiones referenciales. La Figura 3 muestra el modelo matemático creado y utilizado en el análisis por ODS realizado en este estudio.



1.3 Definir los puntos de medición y los grados de libertad

Las direcciones y mediciones x, y & z son consideradas como los grados de libertad del sistema y son definidas como direcciones de acuerdo con lo que se desea identificar en el sistema. En el análisis por ODS se realizaron mediciones en las tres direcciones x, y & z para cada punto medido, así se adquirieron todos los movimientos relativos que existen en la estructura. La Figura 4 presenta las definiciones de los puntos definidos para el sistema analizado.

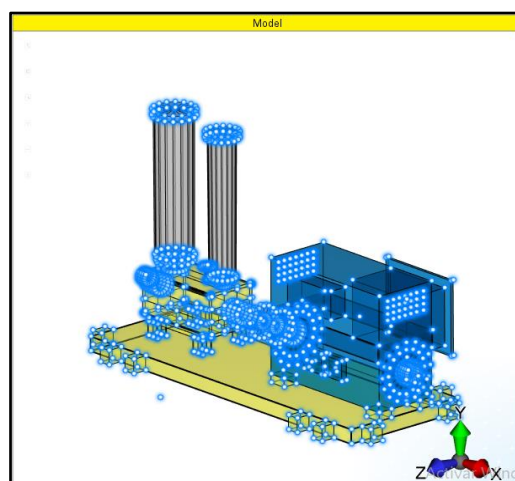


Figura 4 – Definición de los puntos y direcciones de medición para cada punto seleccionado en el sistema.

1.4 Definición de la ruta seleccionada para el modelo en estudio

La ruta utilizada se llevó a cabo teniendo en consideración los puntos de fijación de los componentes del sistema (Motor, Bomba, estructuras y bases). Los puntos de la ruta siempre fueron medidos en las regiones de contorno y empalme entre los componentes. De esta manera, se garantiza que todos los movimientos relativos existentes entre los componentes fueran identificados.

Se construyó una malla con 1345 puntos en el sistema, cada punto contiene tres grados de libertad en las direcciones x, y & z;

- Se realizaron en total: 120 mediciones de espectros cruzados FFT¹ y 106 mediciones de COHERENCIA. Total de mediciones: 120 + 106 = 226
- El conjunto completo (Motor, Bomba, Estructura y Bases) posee 4536 puntos, éstos fueron interpolados con relación a los 120 puntos medidos por una función de cuarto grado del tipo $(aX_4 + bX_3 + cX_2 \dots)$.

El modelo del sistema construido se analizó a través del software de análisis dinámico Clear Motion Systems y recibió vectores que determinan las direcciones de los movimientos del sistema en los puntos de medición (grados de libertad x, y & z). Este modelo posee los detalles que son de gran importancia para el análisis dinámico, como el motor, bomba, estructura y tuberías del tren de maquina.

El objetivo principal del análisis por ODS es observar el movimiento absoluto del sistema en funcionamiento y verificar las respuestas del sistema, observando si el mismo está trabajando en fase; es decir, si no existen movimientos relativos entre puntos en direcciones contrarias. Esos movimientos se definen por la relación entre amplitud y fase de todos los puntos medidos de la estructura. Una vez que se describe la metodología utilizada en el análisis por ODS, se presentarán los datos en cada etapa del análisis y se comenzará por el análisis de vibración convencional.

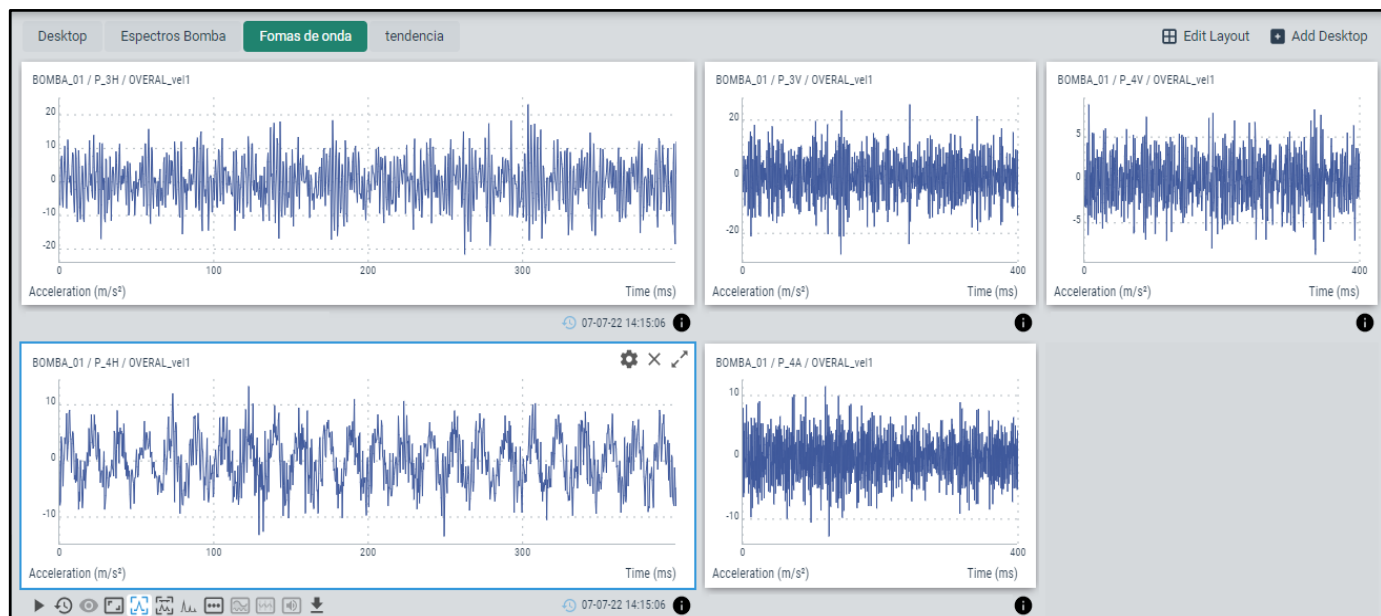
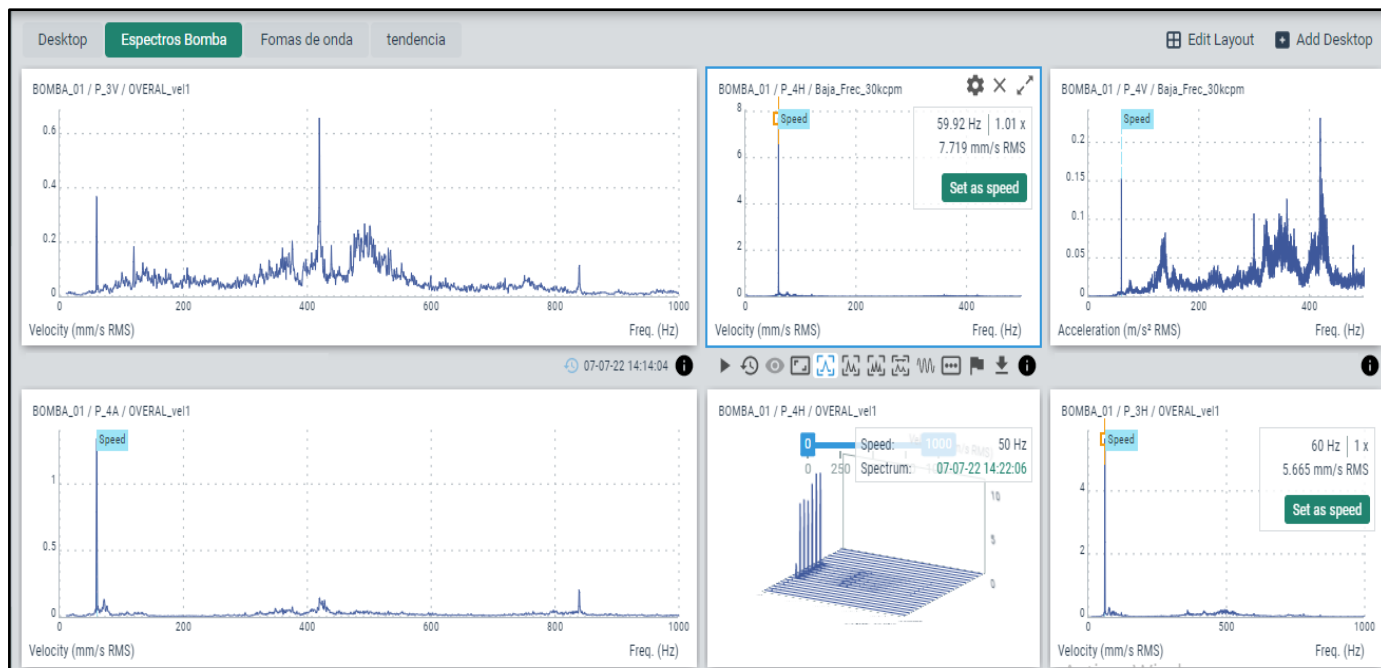
¹ Fast Fourier Transform (Transforma Rapida de Fourier)

² Frequency Response Function (Funcion de Respuesta de Frecuencia)

V. ANÁLISIS DE VIBRACIÓN & ANÁLISIS DINÁMICO

En el siguiente cuadro de amplitud vibracional se muestra los valores globales obtenidos del sistema.

Se observa que la mayor amplitud de vibraciones se concentran en la posición horizontal, del lado libre de la bomba, usandose este además como punto de referencia para la realización del ODS.



Ocurrencias:

1. Alineamiento del conjunto motor - bomba en frío y caliente dejándose en valores óptimos de antes de la puesta en marcha. (realizado por el personal de Fenix Power).



Alineamiento en frío.

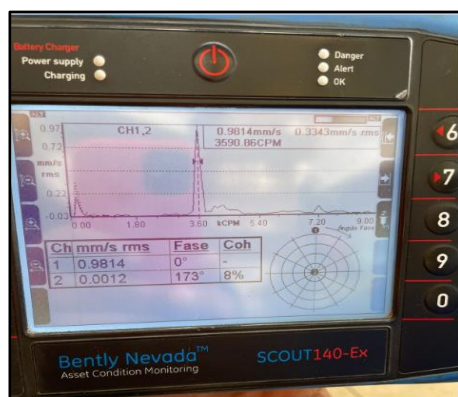


Alineamiento en caliente.

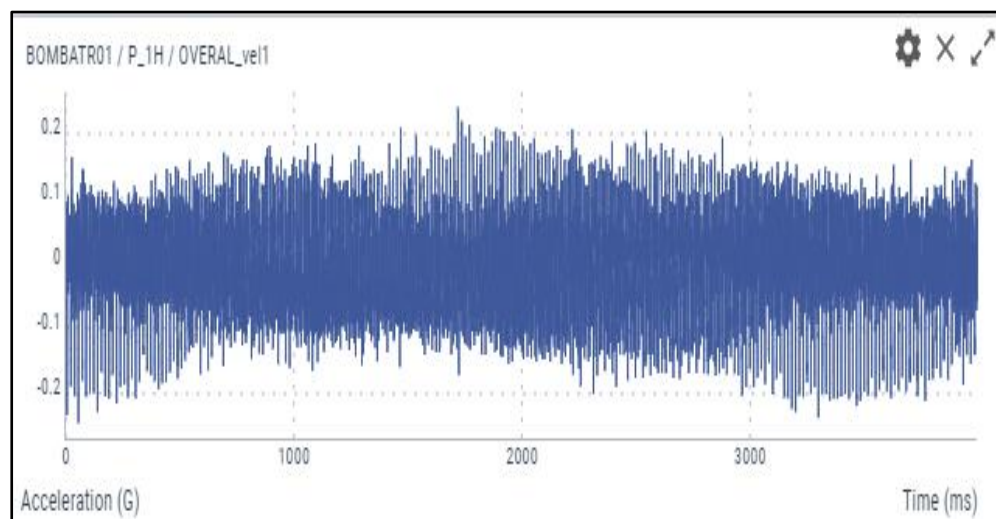
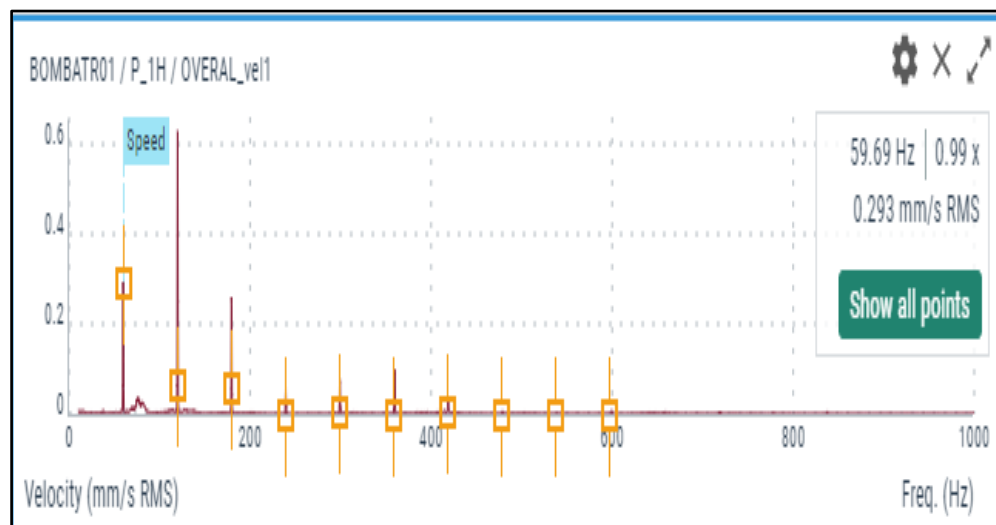
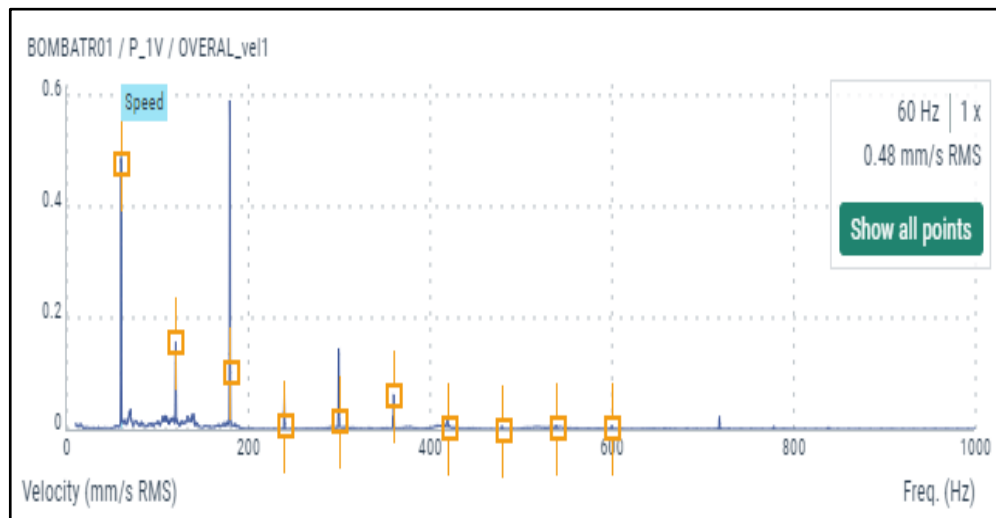
2. Se procedió a la colocación de la instrumentación a lo largo del sistema a inspeccionar.



3. Una vez la máquina puesta en marcha, se procedio a tomar lecturas en el punto 4A (lado libre de la bomba encontrándose una diferencias de fase de casi 180 grados, indicandonos que el movimiento del eje no es uniforme dentro de su alojamiento, es decir hay un desplazamiento en el sentido axial, este movimiento toma sentido en la animación del ODS.



4. Espectros FFT y formas de Ondas de motor electrico muestran un patrón característico de desalineación, sin embargo, las amplitudes de la vibración evaluandolo contra el estandar ISO, son muy bajas. Este es un aspecto importante a tomar en consideración, puesto que, ya muestra un problema asociado con el eje.

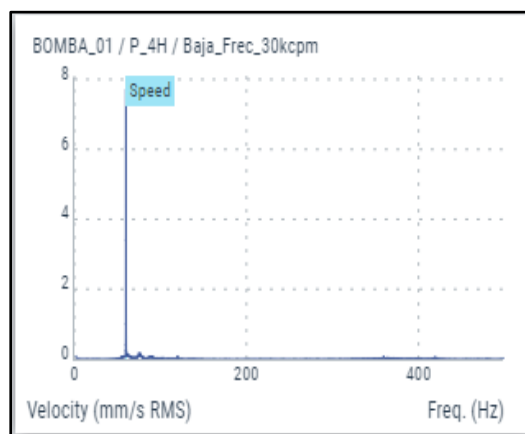
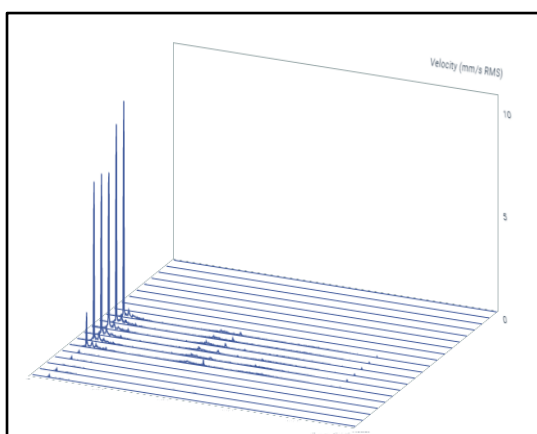
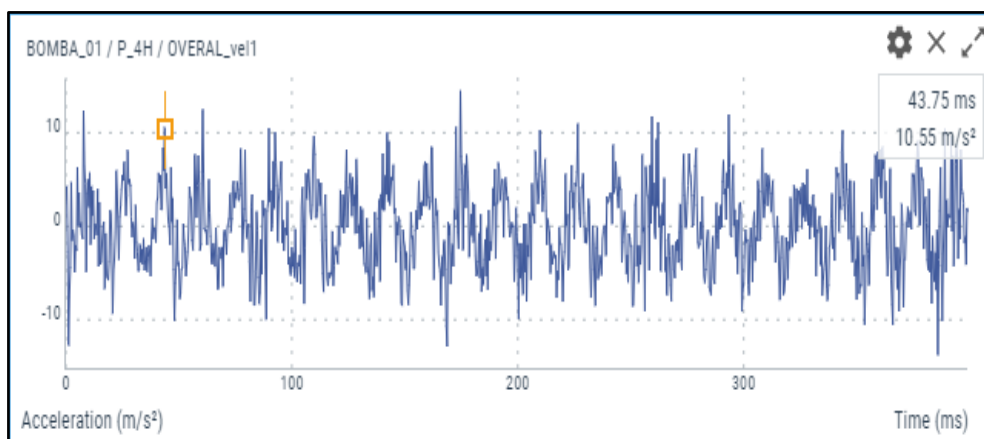
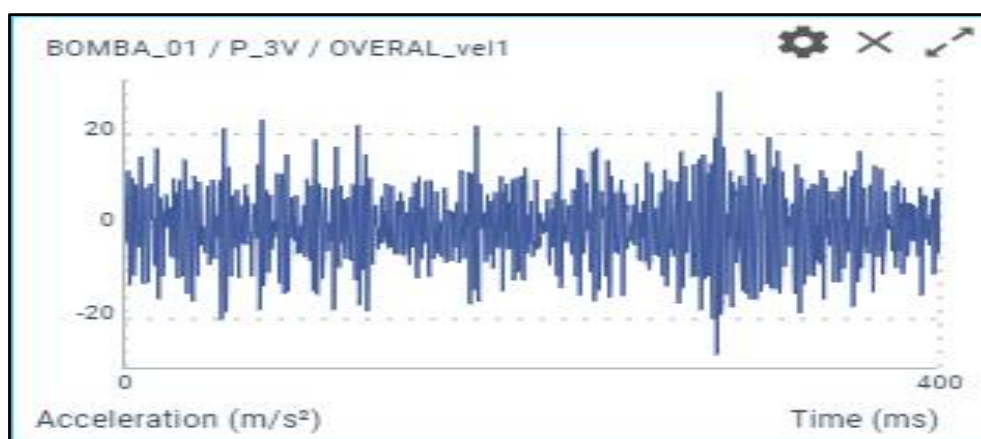


5. Espectros FFT y formas de onda tomados en simultaneo en la bomba muestran características específicas relacionadas a 2 eventos particulares:

la presencia de la componente síncrona ó 1X la cual puede venir de dos aspectos, el primero corresponde a fuerzas de desbalance y el segundo a cambios de rigidez. Entonces en este caso no se ve evidencia de desbalance ya que el equipo junto con arrancar tiene baja vibración, por lo tanto, el cambio de rigidez durante la operación la causa principal del incremento de esta componente.

Por otro lado, se observan patrones característicos de inestabilidades hidráulicas las cuales no son las principales, pero su presencia incrementa el nivel global de vibración, entonces:

- Problemas con el fluido.
- Problemas de impactos dentro del propio sistema con un periodo de 0.0168 seg, en frecuencia a 59.52 hz (1x).

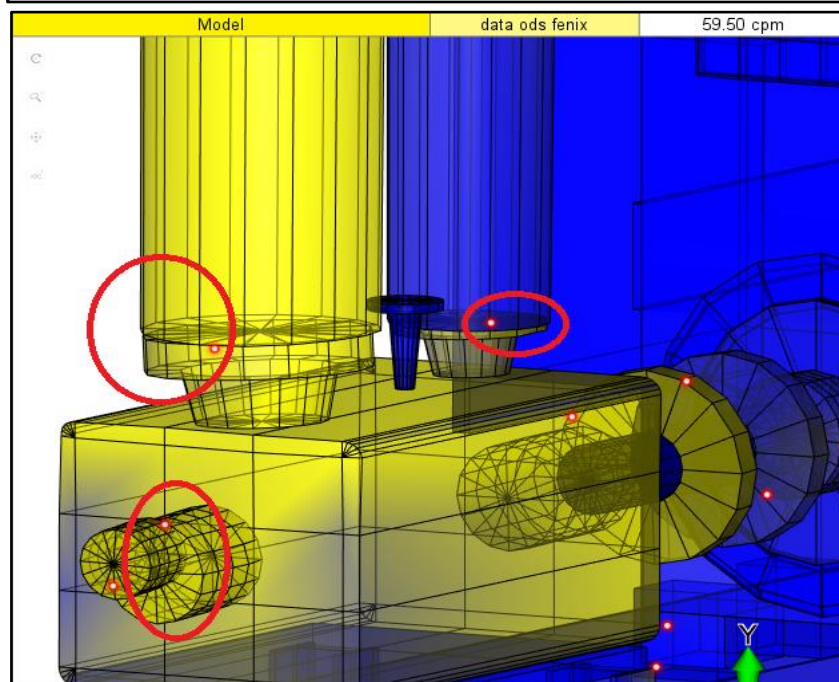
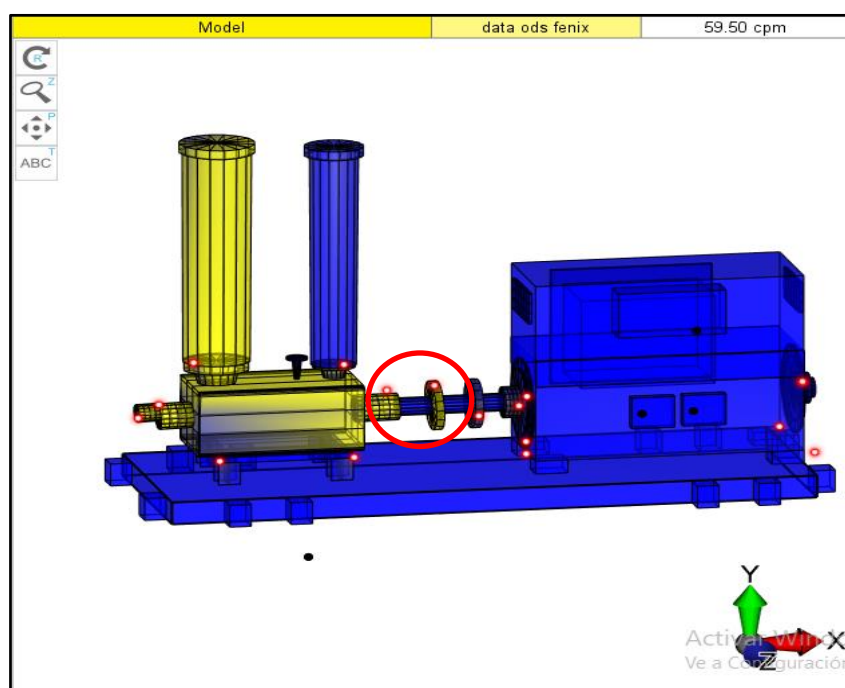


VI. ANÁLISIS DINAMICO

El análisis ODS se realizo teniendo como lugar de estudio principal:

a. Motor – Bomba:

Las imágenes del ODS pertenecen al motor y bomba, el movimiento fue generado en la frecuencia fundamental 3571 CPM o 59.52 Hz (**Frecuencia dominante**) presentan niveles de desfases entre la bomba y las tuberías, además, esto genera un estado aparente de desalineación, por esa razón encontramos 1x, 2x y 3x en los espectros del motor electrico. La flexión en la tubería de descarga (lado libre) el cual presenta un movimiento importante generando tenciones precisamente en el punto de más alta vibración. Esto se complementa con lo ya expuesto en el apartado IV donde se evidencia la afectación de la bomba por un cambio de su rigidez



➤ Link de descarga videos:

https://drive.google.com/drive/folders/1r3ZW3YM9sr1kV-M703tUC4kqxqT_jyBk?usp=sharing

VI. CONCLUSIONES

- Se realizaron pruebas de fase en el punto 4A, tratando de ubicar el comportamiento dinámico del eje, lograndose identificar que existe un desfase de 180 grados, que deja claro que existe una distorsión en la carcasa a medida que este va tomando temperatura de trabajo, es evidente ese fenomeno en la silumacion del ODS.
- El movimiento visual en el ODS del motor eléctrico, bomba y tuberías, corrobora que no existe alguna condicion que pudiera perturbar al motor eléctrico, sin embargo, espectros del motor muestran armonicos relacionados a desalineación, siendo esto un efecto producto de la deformacion termica en la bomba y tuberías. Se identifican problemas de movimientos no sincronos en la bomba y tuberías que afectan a la carcasa haciendo que existan problemas en las cajas y tensiones en medida que este va creciendo termicamente, por esta razón los espectros muestran 1x como problema fundamental y amplitudes severas en el horizontal punto 3H y 4H respectivamente.
- Se realizaron las verificaciones del centro magnético del motor con máquina desacoplada para la eliminación de errores que pudieran perturbar la alineación y sus tolerancias, encontrandose las medidas dentro del estandar.
- Se realizaron las verificaciones del centro mecánico de la bomba con máquina desacoplada usando reloj comparador para la eliminación de errores que pudieran perturbar la alineación.
- Se realizo el alineamiento en caliente dejandose dentro de los rangos aceptables según el estandar ISO.
- Se realizo pruebas de balanceo dinámico en los puntos 3H y 4H encontrandose ambos puntos de apoyo en fase pero con amplitudes filtradas al 1x elevadas siendo el punto mas alto 8 mm/seg RMS.

VII. RECOMENDACIONES

- Desacoplar tuberías y verificar el desviación recomendada por el API 686. (se adjunta información).
- Verificar las juntas, montaje de las tuberías y spring hunger, según: API 686 sección 3 – “Machinery Specific Piping Installation Design”.
- Realizar una inspección a los elementos internos de la bomba a fin de identificar el estado del difusor de salida del fluido, esto ayudaría entender si existe alguna distorsión del ángulo al momento de descarga.
- Si después de hacer correcciones y eliminar las tensiones de tubería el problema persiste, se recomienda realizar una alineación de las cajas de la bomba ya que fue evidente durante la prueba la presencia de fase a 180° la cual bien puede estar influenciada por la tensión de tuberías y/o un armado deficiente de la bomba.
- Se recomienda la colocación de absorbedores de tensión de tuberías y también juntas flexibles para absorber toda la dilatación térmica de la tubería y se eliminen esas precargas en la bomba.
- Se recomienda un estudio hidráulico para evaluar el punto de operación de la bomba, su NPSH y determinar si se encuentra operando alejada de sus condiciones de diseño.
- Se recomienda medición de la unidad operativa a fin de ver el comportamiento de una máquina con condición estable.