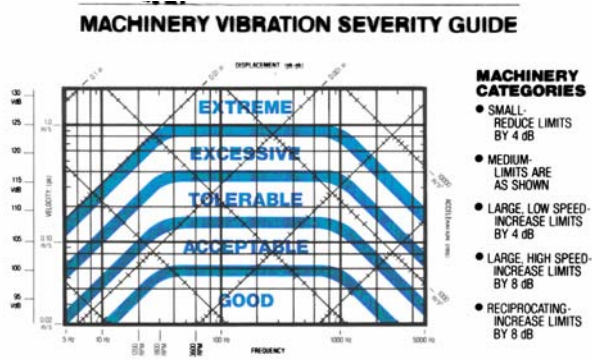


Análisis y selección de datos de vibración mecánica mediante la metodología de una línea base promediada en el soporte lógico ExpertALERT

Ing. William Watts
 DLI Engineering
 Ing. Arquímedes Rodríguez Mata
 Tecvimeca C.A.

D) ¿Por qué los Datos de una línea base promediada son Importantes?

La experiencia ha enseñado a DLI que es poco práctico establecer los criterios independientes de la amplitud para la selección de la vibración mecánica para cada máquina. Generalmente, cada estación de medición produce 4,800 picos espectrales de frecuencias (fuerzas) individuales (800 líneas de la resolución X 2 espectros en sendos rangos de alta y bajas frecuencia X 3 ejes de medición). Las amplitudes espectrales en varias frecuencias tienen criterios diferentes y tienden a variar extensamente para máquinas diferentes figura 1.



RELATIONSHIPS AND CONVERSIONS																														
D = Displacement in (pk-pk)	$D = .318 \frac{V}{f} = .0716 \frac{A}{f^2}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>dB</th> <th>RATIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1.12</td></tr> <tr><td>2</td><td>1.26</td></tr> <tr><td>3</td><td>1.41</td></tr> <tr><td>4</td><td>1.58</td></tr> <tr><td>5</td><td>1.78</td></tr> <tr><td>6</td><td>1.99</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.24</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.50</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.82</td></tr> <tr><td>10</td><td>3.16</td></tr> <tr><td>15</td><td>5.63</td></tr> <tr><td>20</td><td>10.00</td></tr> <tr><td>40</td><td>100.00</td></tr> </tbody> </table>	dB	RATIO	1	1.12	2	1.26	3	1.41	4	1.58	5	1.78	6	1.99	7	2.24	8	2.50	9	2.82	10	3.16	15	5.63	20	10.00	40	100.00
dB	RATIO																													
1	1.12																													
2	1.26																													
3	1.41																													
4	1.58																													
5	1.78																													
6	1.99																													
7	2.24																													
8	2.50																													
9	2.82																													
10	3.16																													
15	5.63																													
20	10.00																													
40	100.00																													
V = Velocity in/s (pk)	$V = .225 \frac{A}{f} = 3.14 f D$																													
A = Acceleration in/s² (rms)	$A = 14.0 f^2 D = 4.44 f V$																													
f = Frequency Hz																														
g = Gravity = 386 in/s²																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>VELOCITY DECIBELS</th> <th>ACCELERATION DECIBELS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ref: 0 VdB = 5.568×10^{-7} in/s (pk)</td> <td>Ref: 0 AdB = 3.861×10^{-4} in/s² (rms)</td> </tr> <tr> <td>VdB = $20 \log_{10} \left(\frac{V \times 10^7}{5.568} \right)$</td> <td>AdB = $20 \log_{10} \left(\frac{A \times 10^4}{3.861} \right)$</td> </tr> <tr> <td>V(pk) = $5.568 \times 10^{(VdB - 140)/20}$</td> <td>A (rms) = $3.861 \times 10^{(AdB - 80)/20}$</td> </tr> </tbody> </table>		VELOCITY DECIBELS	ACCELERATION DECIBELS	Ref: 0 VdB = 5.568×10^{-7} in/s (pk)	Ref: 0 AdB = 3.861×10^{-4} in/s² (rms)	VdB = $20 \log_{10} \left(\frac{V \times 10^7}{5.568} \right)$	AdB = $20 \log_{10} \left(\frac{A \times 10^4}{3.861} \right)$	V(pk) = $5.568 \times 10^{(VdB - 140)/20}$	A (rms) = $3.861 \times 10^{(AdB - 80)/20}$																					
VELOCITY DECIBELS	ACCELERATION DECIBELS																													
Ref: 0 VdB = 5.568×10^{-7} in/s (pk)	Ref: 0 AdB = 3.861×10^{-4} in/s² (rms)																													
VdB = $20 \log_{10} \left(\frac{V \times 10^7}{5.568} \right)$	AdB = $20 \log_{10} \left(\frac{A \times 10^4}{3.861} \right)$																													
V(pk) = $5.568 \times 10^{(VdB - 140)/20}$	A (rms) = $3.861 \times 10^{(AdB - 80)/20}$																													
<p>DLI ENGINEERING CORPORATION 25 YEARS OF MACHINERY CONDITION ANALYSIS</p> <p>253 WINSLOW WAY W. BAINBRIDGE ISLAND, WA 98110 TELEPHONE: (206) 842-7656 FAX: (206) 842-7667 VIBRATION AND ACOUSTIC CONSULTING MACHINERY CONDITION ANALYSIS • VIBRATION INSTRUMENTS</p> <p>© 1988 DLI ENGINEERING CORP.</p>																														

La metodología de DLI para la selección de datos es permitir que los datos reales de la máquina determinen los criterios de la amplitud. Esta metodología es aplicada creando una línea base promedio con los datos espectrales para cada archivo Descriptor de Identificación de Máquina (MID) en la base de datos del soporte lógico (software) ExpertALERT.

Es asignado un archivo descriptor (MID) a cada máquina en un grupo similar de máquinas en cuanto al: Modelo, configuración de los componentes, condiciones operacionales entre otras.

La teoría es que máquinas similares que operan a la misma velocidad y semejantes condiciones operacionales, y que están en una condición mecánica aceptable, producen señales de vibración (firmas) muy parecidas. Un grupo de espectros de vibración (firmas), de máquinas que han sido determinadas mediante la revisión manual de los datos de vibración, que están en una condición relativamente buena, comprenden la línea base espectral promedio. Múltiples grupos de datos o mediciones realizadas sobre los equipos (al menos 3) se promedian para formar la línea base espectral promedio de nuestros equipos. El punto más relevante es analizar la tendencia o desviación de nuestras mediciones espectrales rutinarias con respecto a este espectro promedio (en rojo), por encima o por debajo, ya no solamente comparando con el nivel total de vibración (overall) o una alarma de banda corta con las limitaciones conocidas, figura 2.

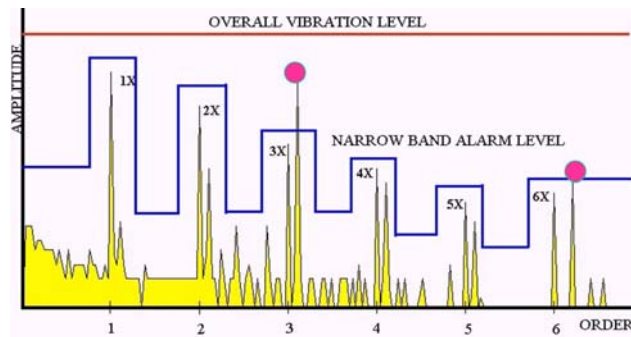


Figura 2a

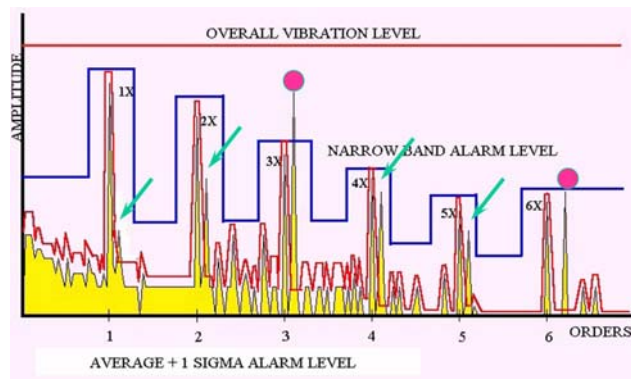


Figura 2b

El siguiente ejemplo se usará para clarificar aún más este concepto de espectro promedio como línea base, ¿como DLI usa múltiples conjuntos de datos de medición? y ¿qué cálculos se hacen para cada una de las 800 líneas de datos en cada espectro de vibración? Considere un solo pico espectral a la frecuencia fundamental de 1XM (1XRPM del motor), el cual es medido en la dirección y posición radial o vertical 1R (posición 1 en dirección radial del motor lado libre MLL). Asuma que el usuario tiene 20 mediciones de vibración promediadas en su espectro base, tomadas de diferentes máquinas con un mismo MID, en tiempo diferentes (por ejemplo, mensual, cada 45 días o trimestral).

En primera instancia, asuma casualmente que el pico en 1XM tiene una amplitud de 105 VdB (0,1 pulg/s) para cada uno de las 20 mediciones en referencia. Entonces la amplitud promedio es 105 VdB (0,1 pulg/s) y la desviación estándar es cero. La desviación estándar es una medida estadística que indica la dispersión (salud) de los valores de la medición, figura 3.

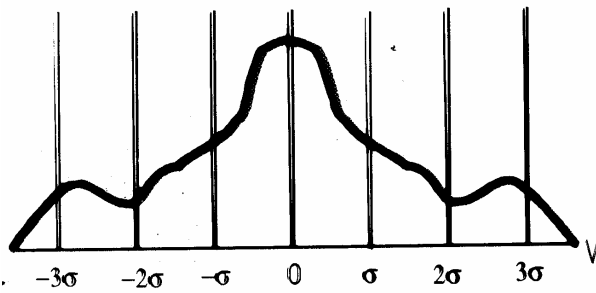


Figura 3a
Máquina Cuestionable

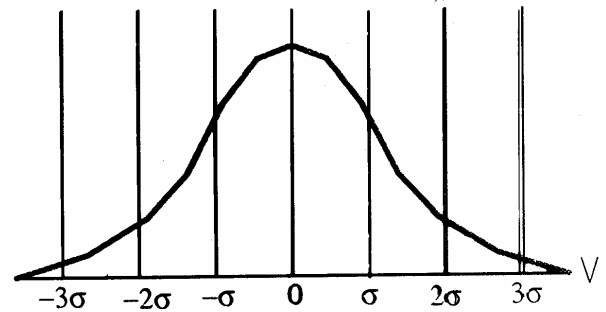


Figura 3b
Máquina Normal

Para nuestro ejemplo el valor promedio más la desviación estándar ($\sigma = \text{sigma} = \text{una desviación estándar}$) = $105 + 0 = 105 \text{ VdB}$ ($0,1 \text{ pulg/s}$).

Por otro lado, asuma ahora que las 20 mediciones tiene amplitudes entre 99 VdB ($0,05 \text{ pulg/s}$) a 111 VdB ($0,2 \text{ pulg/s}$), pero la amplitud promedio es todavía 105 VdB ($0,1 \text{ pulg/s}$). Sin embargo, ahora la desviación estándar (σ , sigma) es 5 VdB debido a la dispersión en los datos. El valor promedio más sigma llega a ser $105 + 5 = 110 \text{ VdB}$ ($0,018 \text{ pulg/s}$). A mayor variación en los valores de vibración promediados en la línea base mayores los valores de vibración promedios + sigma con respecto a los valores del promedio, figura 3.

El concepto de la amplitud promedio + sigma tiene sentido, ya que no es justo comparar una amplitud de medición con un valor de amplitud promedio, si el nivel de la vibración podría ser significativamente más alto aunque normal para esa máquina.

El Sistema de Diagnóstico Automático (ADS) de ExpertALERT depende principalmente de los datos promedio de la línea base en su proceso lógico para producir un diagnóstico de la falla presente. El sistema revisa todas las amplitudes significativas de la vibración en los espectros, en las diferentes frecuencias (en términos de órdenes de la velocidad angular o frecuencia fundamental 1XRPM), y los valora con respecto a su amplitud absoluta, así como también con respecto a la amplitud promedio + sigma.

Nota importante: Sólo porque un pico espectral de vibración exceda el valor promedio + sigma, eso no significa que exista un problema en la máquina. Inclusive el grado más bajo de la severidad del defecto, en otras palabras leve (slight), se presenta generalmente con múltiples picos de la vibración que exceden el valor promedio + sigma en más de 10 % o 20%.

II) ¿Cómo crear una línea base promediada?

El Sistema de Diagnóstico Automático (ADS) de ExpertALERT depende principalmente de los datos promedio de la línea base en su proceso lógico para producir un diagnóstico de la falla presente. El sistema revisa todas las amplitudes significativas de la vibración en los espectros, en las diferentes frecuencias (en términos de órdenes de la velocidad angular o frecuencia fundamental 1XRPM), y los valora con respecto a su amplitud absoluta, así como también con respecto a la amplitud promedio + sigma.

Nota Recordatoria: Antes crear la línea base con los datos promedio, asegúrese que todos los espectros de la medición a incluir sean apropiadamente normalizados en órdenes con respecto a la frecuencia fundamental de la máquina 1XRPM.

Considere tres escenarios básicos con respecto al número de máquinas para un determinado MID. Las siguientes descripciones indican los peores casos, al tratar con las primeras mediciones o datos completos para cada máquina. A medida que las máquinas se miden periódicamente, más datos o información se tiene en cuenta para facilitar el proceso de los promedios.

a) Tres o más máquinas por MID:

Si las máquinas están en áreas diferentes del árbol de la base de datos, vaya a la sección "**EXPERT SISTEM MID's**" esta sección se ubica cerca del final del árbol de la base de datos y abra el MID apropiado para ver todas máquinas del MID problema en un solo lugar.

En el modo de gráfico, utilice el icono Agrega/Reemplaza en el lado izquierdo al final de la fila de iconos de gráfico. Después de reunir un conjunto de datos de medición en cada máquina del MID, seleccione la primera ubicación de la primera máquina. Cambie del modo "Reemplazar" al modo (que es modo por defecto seleccionado) "Agregar". Un pequeño signo más azul aparecerá en la ventana del icono. Luego, seleccione la misma ubicación para cada una de las otras máquinas de una en una. Usted entonces verá los datos espectrales para todas máquinas del MID para esa ubicación sobrepuestas unas sobre otras. Recomendación: Ajusta los colores en el menú de propiedades de gráfico para proporcionar el contraste adecuado entre las diferentes mediciones de las máquinas.

Ahora sea el tiempo de usar el sentido común. No hay una instrucción bien definida para escoger que mediciones que harán una buena línea base promedio. Examine los datos espectrales sobrepuestos, en los rangos de baja y alta de frecuencia. Determine cuáles máquinas muestran espectros similares, y cual sobresale o se diferencia significativamente. Repita este procedimiento para cada ubicación de la medición independientemente. Posteriormente escoja cuál medición va a añadir a la línea base promedio. Sea conservador y el comienzo obviamente añada máquinas sin problemas o normales. Entonces, si necesario, ejecute un informe provisional de ADS en todas las máquinas del MID. Añada más datos en condiciones "ligeramente anormal" para disminuir la sensibilidad del sistema ADS.

b) Dos máquinas por MID:

Esto puede ser el ejemplo clásico del hombre con dos relojes y no sabe que hora es. Si los niveles de la vibración en general, y éstos en frecuencias específicas son notablemente más altos para una máquina que para la otra, entonces usted tiene elementos para juzgar. ¿Una máquina tiene niveles muy bajos y la otra más promedio, o es una máquina promedio y la otra tiene un problema? Si usted simplemente hace una medición la primera medición en la línea base promedio, y no la otra, existe una buena posibilidad de obtener una recomendación reparación al procesar los datos para la otra máquina. Para usar el enfoque menos sensible, si no hay un problema obvio con la máquina con niveles generalmente más altos de vibración, usted puede proseguir y poder añadir esa medición como una segunda medición a la línea base promedio. Esta situación mejorará en la medida que se más adquieran datos y sean añadidos a la línea base promedio.

c) Una máquina por MID:

El caso de una sola máquina es el más difícil de manejar. Uno debe hacer realizar un análisis manual en la primera medición. Si la máquina es un tipo común, entonces sus espectros se pueden comparar visualmente con otras máquinas similares de un MID diferente. Después cierto tiempo, uno debe desarrollar un archivo promedio mental para ciertos tipos generales de máquina. El propósito de establecer una línea base promedio para cada MID, es que cada modelo específico de máquina tiende a tener su propio comportamiento y resonancias, de manera tal que las amplitudes más altas en ciertas frecuencias (órdenes) sea normal para una máquina, pero no para

otro tipo. Tenga presente que en esta situación, una comparación con la línea base promedio es virtualmente lo mismo que comparar con los datos previos.

III) Conservación de la base de Datos

Los procedimientos indicados anteriormente deben ser aplicados hasta que un tamaño estadístico significativo de la muestra sea logrado. Para la flota de portaviones de la armada de los EE.UU., una base de datos que DLI ha estado manteniendo por más de 25 años, se ha escogido históricamente un tamaño de la muestra de la línea base promedio de 24 mediciones. En otras palabras, se ha construido una línea base promedio para cierto MID hasta que existan 24 mediciones en el, entonces se detiene la adición de mediciones. De ese momento en adelante, la línea base promedio es una entidad fija. Teóricamente, a mayor el tamaño de la muestra, menor el efecto de una medición en los cálculos efectuados de la amplitud promedio y la desviación estándar de la muestra.

Los datos de la línea base promedio se pueden modificar fácilmente o pueden ser reconstruidos si los resultados del diagnóstico para un grupo de máquinas similares demuestran ser crónicamente exagerados o subestimados. Por ejemplo asuma que usted tiene 6 mediciones en la línea base promedio para un MID. Los resultados del diagnóstico del sistema ADS producen varios “problema moderado en la frecuencia de engrane” en casos donde usted sabe que el defecto o falla está siendo exagerado por el sistema ADS ya que las amplitudes absolutas de la vibración a la frecuencia de engrane no son tan altas. La solución será agregar uno o dos mediciones que tengan amplitudes mayores en la frecuencia de engrane, y donde el resto de los espectros se presenten relativamente normal. Las mediciones añadidas a la línea base promedio servirán para hacer los resultados del sistema ADS menos sensible a ese diagnóstico mencionado anteriormente. Al procesar nuevamente los datos se reducirán los defectos a leve o los eliminará completamente.

Después de hacer cambios significativos a un grupo de mediciones de la línea base promedio, ya sea agregando nuevas mediciones o reconstruyendo uno viejo, es una buena idea de repetir el proceso de análisis para todas máquinas de ese MID.

En el sistema ExpertALERT, las herramientas o funciones para efectuar los promedios se encuentran al comienzo de la barra de selección de "Expert", localizado entre las opciones de "Gráficos" y "Utilidades". Dentro de este grupo, tres de las selecciones son: "Average current data", "Average data report" y "Erase current average data". La opción "Average data report" no sólo proporciona una lista de las mediciones en la línea base promedio para un MID, sino que también permite la eliminación selectiva de mediciones de la línea base promedio. La opción "Erase current average data" borra todas las mediciones para reconstruir completamente la línea base promedio.

Las prioridades de reparación obtenidas con el sistema ADS correctamente promediado son:

- 1)** Alta (High): Falla extrema (extreme) detectada, parada del equipo ocurrirá en pocos días.
- 2)** Media (Médium): Falla seria (serious) detectada, parada del equipo en semanas.
- 3)** Baja (Low): Falla moderada (moderate) detectada, parada del equipo en meses.