

NOTA IMPORTANTE:

La entidad sólo puede hacer uso de esta norma para si misma, por lo que este documento NO puede ser reproducido, ni almacenado, ni transmitido, en forma electrónica, fotocopia, grabación o cualquier otra tecnología, fuera de su propio marco.

ININ/ Oficina Nacional de Normalización

NORMA CUBANA

NC

ISO 7919-2: 2007
(Publicada por la ISO en 2001)

**VIBRACIONES MECÁNICAS—EVALUACIÓN DE LAS VIBRACIONES EN LAS MÁQUINAS A TRAVÉS DE MEDICIONES SOBRE EJES ROTATORIOS—PARTE 2: TURBINAS DE VAPOR Y GENERADORES INSTALADOS SOBRE BASE FIJA CON POTENCIAS SUPERIORES A 50 MW Y VELOCIDADES NORMALES DE OPERACIÓN DE 1 500 r.p.m., 1 800 r.p.m., 3 000 r.p.m. Y 3 600 r.p.m.
(ISO 7919-2: 2001, IDT)**

Mechanical vibration—Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts—Part 2: Steam turbines and generators on fix base with powers above 50 MW and normal operating speeds of 1500 r/min, 1800 r/min, 3000 r/min and 3600 r/min

ICS: 17.160

1. Edición Junio 2007
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana. Cuba. Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

Esta Norma Cubana:

- Consta de los siguientes partes amparadas por el título general: Vibraciones mecánicas de máquinas no reciprocantes – Mediciones sobre ejes rotatorios y criterios de evaluación.

Parte 1: Directrices generales

Parte 2: Turbinas de vapor y generadores instalados sobre base fija con potencias superiores a 50 MW y velocidades normales de operación de 1 500 r.p.m., 1 800 r.p.m., 3 000 r.p.m. y 3 600 r.p.m.

Parte 3: Máquinas industriales acopladas.

Parte 4: Turbinas de gas.

Parte 5: Máquinas en plantas de generación hidroeléctrica y de bombeo.

Esta Parte 2:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 98, Vibraciones y Acústica integrado por las siguientes entidades.

- Ministerio de Educación Superior
- Ministerio de Salud Pública
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
- Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias;
- Ministerio de la Industria Alimenticia; Ministerio del Azúcar
- Ministerio de la Industria Sideromecánica y el Reciclaje,
- Ministerio del Turismo.

- Es una adopción idéntica de la Norma Internacional ISO 7919-2:2001, Vibraciones mecánicas de máquinas no reciprocantes – Mediciones sobre ejes rotatorios y criterios de evaluación- Parte 2: Turbinas de vapor y generadores instalados sobre base fija con potencias superiores a 50 MW y velocidades normales de operación de 1 500 r.p.m., 1 800 r.p.m., 3 000 r.p.m. y 3 600 r.p.m.

© NC, 2007

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E No. 261, Vedado, Ciudad de La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba.

Índice

	Página
Introducción	4
1 Objeto	5
2 Referencias normativas	5
3 Procedimientos de medición	5
4 Criterios de evaluación	6
Anexos	
A Evaluación de límites de zonas (normativo)	14
B Evaluación de los valores de los límites de zonas y holgura en cojinetes (informativo)	15
Bibliografía	16

0 Introducción

La NC-ISO 7919-2 es el documento básico que describe los requerimientos generales para la medición y evaluación de las vibraciones en diferentes tipos de máquinas cuando la medición de las vibraciones se realiza sobre ejes rotatorios. Esta parte de la NC-ISO 7919-2 es aplicable a las turbinas de vapor y los generadores.

Los criterios de evaluación que se presentan están basados en experiencias previas, los que pueden ser utilizados como directrices para evaluar la condición vibratoria de dichas máquinas. Debe reconocerse que estos criterios no forman la única base para juzgar la severidad de la vibración. Para las turbinas de vapor y los generadores, es también práctica común considerar las vibraciones basándose en las mediciones tomadas sobre las partes no rotatorias. Los requerimientos y criterios de evaluación para las mediciones en las partes no rotatorias están reflejados en las normas NC-ISO 10816-1 y NC-ISO 10816-2.

Los procedimientos de evaluación presentados en esta parte de la NC-ISO 7919-2 están basados en mediciones de banda ancha. Sin embargo, es importante resaltar que debido a los avances en la tecnología, el uso de mediciones en banda estrecha o análisis espectrales, está siendo ampliamente difundido, particularmente para propósitos de evaluación de vibración, monitoreo de la condición y diagnóstico. La especificación de los criterios para dichas mediciones está fuera del alcance de esta parte de la NC-ISO 7919-2.

VIBRACIONES MECÁNICAS- EVALUACIÓN DE LAS VIBRACIONES EN LAS MÁQUINAS A TRAVÉS DE MEDICIONES SOBRE EJES ROTATORIOS - PARTE 2: TURBINAS DE VAPOR Y GENERADORES INSTALADOS SOBRE BASE FIJA CON POTENCIAS SUPERIORES A 50 MW Y VELOCIDADES NORMALES DE OPERACIÓN DE 1500 r.p.m., 1800 r.p.m., 3000 r.p.m. Y 3600 r.p.m.

1 Objeto

Esta parte de la NC-ISO 7919 ofrece directrices para aplicar los criterios de evaluación para las vibraciones en ejes, medidas en la dirección radial sobre o cerca de los cojinetes de las turbinas de vapor y los generadores. Estas directrices se presentan en términos de:

- Vibraciones bajo condiciones de operación en estado estacionario.
- Vibración durante la operación transitoria, incluyendo el paso por las velocidades de resonancia, durante la arrancada o la parada.
- Cambios en las vibraciones, los que pueden ocurrir durante la operación normal en estado estacionario.

Los valores numéricos especificados no tienen la intención de servir como base única para la evaluación de la vibración, ya que en general, como se describe en la introducción de la NC-ISO 7919-1, la condición vibratoria de una máquina se evalúa teniendo en consideración tanto la vibración del eje como la vibración estructural asociada (ver NC-ISO 10816-2).

Esta parte de la NC-ISO 7919 es aplicable a las turbinas de vapor y los generadores instalados sobre base fija y velocidad nominal de operación de 1 500 r.p.m., 1 800 r.p.m., 3 000 r.p.m. ó 3 600 r.p.m. y potencia de salida mayor de 50 MW. También se incluyen las turbinas de vapor y/o generadores que están directamente acoplados a una turbina de gas (tales como las empleadas en los ciclos combinados). En estos casos, los criterios de esta parte de la NC-ISO 7919 sólo se aplican a la turbina de vapor y al generador. La evaluación de la vibración en la turbina de gas debe ser analizada en correspondencia con la ISO 7919-4 y la ISO 10816-4.

2 Referencias normativas

Los siguientes documentos de referencia son indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias fechadas, sólo es aplicable la edición citada. Para las referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier enmienda).

NC-ISO 7919-1: 2006, Vibraciones mecánicas de máquinas no reciprocantes – Mediciones sobre ejes rotatorios y criterios de evaluación – Parte 1: Directrices generales.

NC-ISO 10816-2: 2006, Vibraciones mecánicas – Evaluación de las vibraciones en las máquinas a través de mediciones sobre partes no rotatorias – Parte 2: Turbinas de vapor y generadores instalados sobre base fija con potencias superiores a 50 MW y velocidades normales de operación de 1 500 r.p.m., 1 800 r.p.m., 3 000 r.p.m. y 3 600 r.p.m.

3 Procedimientos de medición

Los procedimientos de medición a seguir y la instrumentación a emplear serán los que se describen en la NC-ISO 7919-1.

Inicialmente, la experiencia acerca de las turbinas de vapor y los generadores estaba restringida a la medición de la vibración absoluta del eje utilizando transductores de medición absoluta. Recientemente, a medida que fueron desarrollados los transductores de proximidad, la medición de la vibración relativa del eje se ha hecho más común, pero si se requiere, la vibración absoluta del eje puede ser obtenida combinando vectorialmente la salida de un transductor de proximidad y un transductor sísmico montados en un sitio común, para medir la vibración estructural. Ambos enfoques son en la actualidad de uso común y por tanto las mediciones de la vibración relativa o de la vibración absoluta del eje son igualmente aceptables para los propósitos de esta parte de la NC-ISO 7919.

Para propósitos de monitoreo, el sistema de medición será capaz de cubrir la vibración global hasta una frecuencia correspondiente a no menos de tres veces la velocidad normal de operación. Sin embargo, debe notarse que para propósitos de diagnóstico, pudiera ser deseable cubrir un rango de frecuencias más amplio.

Antes de aumentar la velocidad de las turbinas de vapor y los generadores, pueden efectuarse mediciones del desplazamiento relativo del eje durante el giro lento, para evaluar la cantidad de runout obtenida a baja velocidad, cuando la película de aceite estable en el cojinete ha sido establecida, siendo despreciable el efecto centrífugo (por ejemplo, en una máquina con velocidad nominal de 3 000 r.p.m., puede ser evaluado el runout a una velocidad en el orden de las 200 r.p.m.). Los resultados obtenidos se comparan con los vectores de vibración esperados y pueden ser usados como base para juzgar si el estado de la alineación del eje es satisfactorio; por ejemplo, si está presente una curvatura temporal en el eje o si hay cualquier desalineamiento lateral o angular entre los acoplamientos ("efecto de cigüeñal"). Dichas mediciones normalmente no pueden ser consideradas como para dar una indicación válida del runout del eje bajo condiciones normales de operación ya que pueden ser afectadas, por ejemplo, por arqueaduras temporales, movimientos erráticos del muñón dentro de la holgura del cojinete, movimientos axiales etc.

En particular, se recomienda que la substracción del vector de medición durante rodaje lento, respecto a mediciones de vibración a la velocidad nominal, no debe llevarse a cabo sin considerar los factores anteriores, ya que los resultados pueden proporcionar una interpretación errada de la vibración de la máquina (ver NC-ISO 7919-1)

Si se toman las mediciones durante rodaje lento, es importante asegurarse de que las características de baja frecuencia del sistema de medición son adecuadas.

4 Criterios de Evaluación

4.1 Generalidades

Seguidamente se presentan los criterios para la magnitud de la vibración, los cambios en la magnitud de vibración y los límites operacionales.

La magnitud de la vibración es el valor más alto del desplazamiento pico-pico medido en dos direcciones ortogonales de medición seleccionadas. Los valores presentados son el resultado de la experiencia con máquinas de este tipo y si se le presta la debida atención, se puede esperar una operación aceptable. Si sólo se utiliza una dirección de medición, se debe tener cuidado en asegurarse de que proporcione la información adecuada (ver NC-ISO 7919-1).

Se emplean dos criterios de evaluación para evaluar la vibración en ejes de turbinas de vapor y generadores, medida sobre o cerca de los cojinetes. Un criterio considera la magnitud de la vibración del eje observada en banda ancha; el segundo considera los cambios en la magnitud, independientemente de si ésta aumenta o disminuye.

Se presentan los criterios para condiciones de operación estacionarias a la velocidad nominal y rangos de carga especificados, incluyendo cambios lentos normales en la carga eléctrica del generador. También se proporcionan valores alternativos de magnitudes de vibración para la operación transitoria.

Debe notarse que un juicio global del estado vibratorio de una máquina se realiza frecuentemente sobre la base de la vibración del eje como se definió anteriormente y de las mediciones hechas sobre las partes no rotatorias (ver ISO 10816-1 y NC-ISO 10816-2).

4.2 Criterio I: Magnitud de la vibración

4.2.1 Generalidades

Este criterio está relacionado con la definición de los límites para las magnitudes de la vibración en ejes, consecuentes con cargas dinámicas aceptables en los cojinetes, los márgenes adecuados de holgura radial de la cubierta de la máquina y una transmisión aceptable de la vibración hacia la estructura soporte y la fundación.

4.2.2 Magnitud de la vibración a la velocidad nominal bajo condiciones de operación estacionarias.

4.2.2.1 Generalidades

La máxima magnitud de la vibración del eje observada en cada cojinete, es evaluada contra cuatro zonas de evaluación establecidas según la experiencia internacional.

4.2.2.2 Zonas de evaluación

Se definen las siguientes zonas de evaluación para permitir una evaluación cualitativa de la vibración en el eje de una máquina dada y proporcionar directrices sobre las posibles acciones.

Zona A: Las máquinas recién instaladas normalmente caerían dentro de esta zona.

Zona B: Las máquinas con vibración dentro de esta zona normalmente se consideran aceptables para largos períodos de operación sin restricciones.

Zona C: Las máquinas con vibración dentro de esta zona normalmente se consideran no satisfactorias para largos períodos de operación continua. Generalmente, la máquina puede ser

operada durante un período limitado en esta condición hasta que aparezca una oportunidad adecuada para la acción correctiva.

Zona D: Los valores dentro de esta zona normalmente se consideran suficientemente severos como para causar daño a la máquina.

NOTA Las zonas de evaluación definidas anteriormente son apropiadas para la operación en condiciones estacionarias a la velocidad nominal. El Apartado 4.2.4 proporciona directrices para la operación en estado transitorio.

4.2.2.3 Evaluación de los límites de zona

El Anexo A proporciona los valores recomendados para los límites de zona, tanto para la vibración relativa como para la vibración absoluta del eje. Estos valores, que están basados en la experiencia actual acumulada en este campo de las mediciones de las vibraciones en ejes, no tienen la intención de servir como especificaciones de aceptación, las que estarán sujetas a acuerdo entre el fabricante de la máquina y el cliente. Sin embargo, estos valores proporcionan directrices para asegurar que se eviten deficiencias graves o requerimientos irreales.

En la mayoría de los casos los valores dados en las Tablas A.1 y A.2 son compatibles con el aseguramiento de la operación satisfactoria. Sin embargo, en ciertos casos, características específicas o la experiencia disponible asociada con un tipo de máquina en particular, pueden requerir de diferentes límites de zonas (más bajos o más altos). Como ejemplos de estos casos se tienen los siguientes:

a) Donde se emplean cojinetes con holgura pequeña o para cojinetes construidos con precarga, en los que se reduce la holgura mínima del cojinete, los valores dados en la Tabla A.1 podrían ser mayores que la holgura disponible del cojinete. En tales casos, los valores de los límites de zona necesitarán ser reducidos.

NOTA Esto se aplica sólo si la vibración relativa del eje se mide sobre el pedestal junto al cojinete. El grado en el que deben ser reducidos los valores de los límites de zona variará, dependiendo del tipo de cojinete empleado y de la relación entre la dirección de la medición y la holgura mínima. Por lo tanto, no es posible dar recomendaciones precisas, pero el Anexo B proporciona un ejemplo representativo para un cojinete cilíndrico plano.

b) Para cojinetes ligeramente cargados u otros cojinetes más flexibles, pueden ser necesarios otros criterios basados en el diseño detallado de la máquina.

c) Donde las mediciones de la vibración se realizan lejos de los cojinetes.

d) Para algunos diseños de máquinas, donde el rotor y los cojinetes se apoyan en una estructura de soporte deformable, las magnitudes de la vibración absoluta del eje pudieran ser más altas que para las turbinas de vapor y los generadores que tienen una estructura soporte más rígida. Entonces, sería aceptable incrementar los valores de los límites de zona dados en el Anexo A, sobre la base de una historia demostrada de operación satisfactoria.

En general, cuando se emplean valores más altos para los límites de zona, pudiera ser necesario proporcionar una justificación técnica para confirmar que no estará comprometida la confiabilidad de la máquina al operar con magnitudes de vibración más altas. Esto puede estar basado, por ejemplo, en la experiencia exitosa de operación con máquinas de similar diseño de la estructura y

los apoyos. También pueden tolerarse valores más altos durante los estados transitorios, tales como la arrancada y la parada (ver 4.2.4).

4.2.3 Límites de operación para el estado estacionario

4.2.3.1 Generalidades

Para largos y sostenidos períodos de funcionamiento en estado estacionario, es una práctica común establecer límites operacionales de vibración. Estos límites toman la forma de ALARMAS y DISPAROS.

ALARMAS: Para proporcionar un aviso de que se ha alcanzado un valor de vibración definido o que ha ocurrido un cambio significativo, para el cual puede ser necesaria una acción correctiva. En general, si ocurre una situación de ALARMA, la operación puede continuar durante un período mientras se llevan a cabo las investigaciones para identificar la razón que ocasiona el cambio de la vibración y definir la acción correctiva.

DISPAROS: Para especificar la magnitud de la vibración más allá de la cual la operación de la máquina puede ocasionar daño. Si se excede el valor de DISPARO, se debe adoptar una acción inmediata para reducir la vibración o para detener la máquina.

Pueden especificarse diferentes límites de operación para las diferentes posiciones y direcciones de medición, que reflejen las diferencias en las cargas dinámicas y en la rigidez de los soportes.

4.2.3.2 Establecimiento de ALARMAS

Los valores de ALARMA pueden variar para diferentes máquinas. Los valores escogidos normalmente podrán ser establecidos con relación a un valor de referencia, determinado a partir de la experiencia, para la posición y la dirección de medición de una máquina en particular.

Se recomienda que el valor de ALARMA establecido sea mayor que el valor de referencia en una cantidad igual al 25 % del límite de la zona B/C. Si el valor de referencia es bajo, la ALARMA puede estar por debajo de la zona C.

Donde no esté establecido un valor de referencia (por ejemplo, en una máquina nueva) el establecimiento inicial de la ALARMA debe estar basado en la experiencia con otras máquinas similares, o relativo a valores de aceptación acordados. Después de un período de tiempo, se establecerá un valor de referencia para el estado estacionario, por lo que se debe ajustar la ALARMA establecida según corresponda.

Se recomienda que el valor de ALARMA normalmente no debe exceder de 1,25 veces el límite de la zona B/C.

Si la referencia para el estado estacionario cambia (por ejemplo, después de una revisión de la máquina), debe ajustarse en correspondencia el establecimiento de la ALARMA. Pueden existir diferentes valores de ALARMA para diferentes cojinetes de la máquina, reflejando las diferencias en las cargas dinámicas y en la rigidez de los soportes.

4.2.3.3 Establecimiento de DISPAROS

Los valores de DISPARO generalmente estarán relacionados con la integridad mecánica de la máquina y dependerán de cualquier característica específica de diseño que haya sido introducida para permitirle a la máquina resistir fuerzas dinámicas anormales. Por tanto, los valores empleados generalmente serán los mismos para todas las máquinas de diseño similar y normalmente no estarán relacionados con el valor de referencia para el estado estacionario empleado para establecer las ALARMAS.

Sin embargo, pueden existir diferencias para máquinas de diseños diferentes y no es posible brindar directrices más precisas para valores absolutos de DISPARO. En general, el valor de DISPARO estará dentro de la zona C o D, pero se recomienda que el valor de DISPARO no debe exceder 1,25 veces el límite de la zona C/D.

4.2.4 Magnitud de vibración durante la operación en estados transitorios

4.2.4.1 Generalidades

Los valores de vibración dados en el Anexo A están especificados con respecto a largos períodos de operación de turbinas de vapor y/o generadores en condiciones específicas de operación estacionaria. Pueden tolerarse valores mayores de vibración durante los estados transitorios. Esto incluye tanto la operación transitoria a la velocidad nominal como las arrancadas y las paradas, particularmente al pasar por las zonas de resonancia. Los valores más altos permitidos para la operación transitoria pueden exceder los valores de ALARMA especificados en 4.2.3.

Al igual que ocurre con la vibración en el estado estacionario, cualquier aceptación de valores para casos específicos estará sujeta a acuerdo entre el fabricante de la máquina y el cliente. Sin embargo, las directrices que seguidamente se brindan, deben asegurar que se eviten deficiencias graves o requerimientos irreales.

4.2.4.2 Magnitud de vibración durante la operación transitoria a velocidad nominal

Incluye la operación sin carga luego de la sincronización, carga rápida o cambios en el factor de potencia y cualquier otra condición operacional de duración relativamente corta. Para dichas condiciones transitorias, la magnitud de la vibración normalmente será considerada aceptable con tal de que no exceda el límite de zona C/D.

4.2.4.3 Magnitud de vibración durante la arrancada, la parada y la sobre velocidad

La especificación de los límites de vibración durante la arrancada, la parada y la sobre velocidad puede variar, dependiendo de las características constructivas particulares de la máquina, o de los requerimientos de operación específicos. Por ejemplo, pueden ser aceptables valores más altos de vibración para una unidad sometida a un pequeño número de arrancadas, mientras que pueden aplicarse límites más rigurosos para una unidad que experimenta regularmente cambios de operación y puede estar sujeta a restricciones de tiempo específicas para lograr niveles de salida garantizados. Además, cuando la máquina pasa por velocidades de resonancia durante la arrancada o la parada, la magnitud de vibración estará fuertemente influenciada por el amortiguamiento y la relación de cambio de la velocidad. Por ejemplo, como la relación de cambio de velocidad generalmente es más baja durante la parada que durante la arrancada, los valores mayores de vibración pueden ser experimentados cuando pase a través de la velocidad de

resonancia durante la parada (ver también la Norma Internacional ISO 10814 para más información sobre la sensibilidad de las máquinas al desbalance).

En esta parte de la NC-ISO 7919 sólo es posible proporcionar las directrices generales que pueden usarse, si no existen valores de referencia establecidos para máquinas similares. La directriz es que las vibraciones permisibles del eje que eviten niveles de daños, provienen de la experiencia durante la arrancada, la parada o la sobre velocidad y no deben exceder de las siguientes proporciones:

- a) Para velocidades mayores que 0,9 veces la velocidad normal de funcionamiento: la magnitud de vibración corresponde al límite de zona C/D.
- b) Para velocidades menores que 0,9 veces la velocidad normal de funcionamiento: 1,5 veces la magnitud de la vibración corresponde al límite de zona C/D.

Esta relación se muestra gráficamente en la Figura 1.

Los valores máximos normalmente ocurrirán durante el paso a través de las zonas de resonancia. Para evitar la vibración excesiva se recomienda que, donde sea posible, la vibración debe evaluarse antes de que se alcance la velocidad de resonancia y se compare con los vectores de vibración típicos obtenidos bajo las mismas condiciones durante las anteriores arrancadas satisfactorias. Si se observa cualquier diferencia significativa, puede ser aconsejable tomar alguna acción antes de proceder (por ejemplo, mantener la velocidad hasta que se estabilice la vibración o retorne a los valores anteriores, o llevar a cabo una investigación más detallada o chequear los parámetros operacionales).

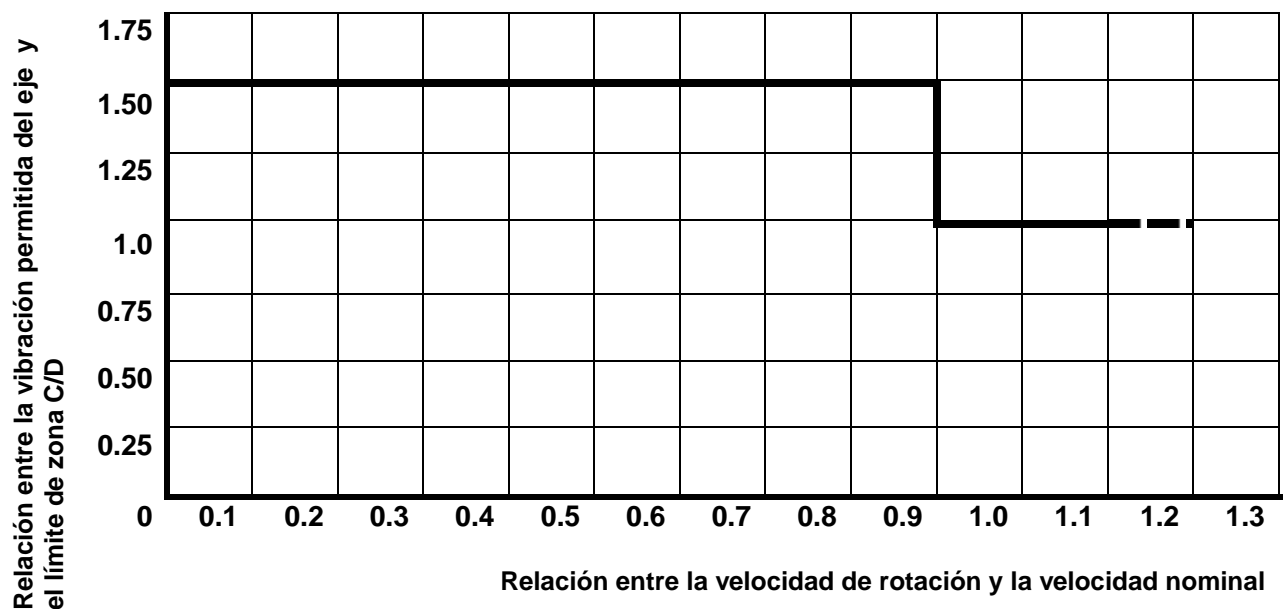


Figura 1 — Vibración del eje permitida durante la arrancada, la parada y la sobre velocidad

Al igual que para el caso de la vibración medida bajo condiciones de operación estacionarias, cualquier valor de ALARMA durante la arrancada, la parada y la sobre velocidad, normalmente debe ser fijado en relación con valores de referencia determinados por la experiencia durante la arrancada, la parada o la sobre velocidad para la máquina en particular. Como se explica en 4.2.2.3, pueden requerirse ajustes convenientes para los cojinetes con una holgura pequeña (ver también el Anexo B).

Se recomienda que el valor de la ALARMA durante la arrancada, la parada y la sobre velocidad debe establecerse por encima del valor de referencia en una cantidad igual al 25 % del límite de zona B/C. En aquellos casos donde no se disponga de datos confiables del valor de referencia, se recomienda que el valor máximo de la ALARMA no sea mayor que los valores dados anteriormente en a) y b).

En la mayoría de los casos no es práctica normal definir el establecimiento de DISPAROS durante la arrancada, la parada y la sobre velocidad. Por ejemplo, si aparecen vibraciones excesivas durante la arrancada, puede ser más apropiado reducir la velocidad que iniciar un DISPARO. Por otra parte, no tiene sentido iniciar un DISPARO por altas vibraciones durante la parada, ya que esto no cambiará la acción (es decir, la parada) que ya ha sido tomada.

4.3 Criterio II: Cambio en la magnitud de la vibración

Este criterio permite una evaluación del cambio en la magnitud de la vibración respecto a un valor de referencia previamente establecido. Puede ocurrir un aumento o un decrecimiento significativo en la magnitud de la vibración del eje que requiera de alguna acción, aunque no haya sido alcanzada la zona C del Criterio I. Tales cambios pueden ser instantáneos o progresivos en el tiempo, y pueden indicar que ha ocurrido un daño o ser una advertencia de un fallo inminente o de alguna u otra irregularidad. El Criterio II se especifica sobre la base del cambio que ocurre en la magnitud de la vibración del eje, bajo condiciones de operación estacionarias.

Cuando se aplica el Criterio II, las mediciones de vibración a ser comparadas deberán ser tomadas en la misma ubicación y orientación del transductor y aproximadamente bajo las mismas condiciones de operación de la máquina. El valor de referencia para este criterio es el típico, reproducible para la vibración normal, conocido desde mediciones previas para condiciones de operación específicas. Si este valor de referencia cambia en una cantidad significativa (típicamente el 25% del límite de la zona B/C), independientemente de si aumenta o disminuye la magnitud de la vibración, se deben tomar acciones para determinar la causa del cambio. Una decisión sobre la acción a realizar, si la hay, deberá adoptarse entonces después de considerar el valor máximo de la vibración y si la máquina se ha estabilizado en una nueva condición.

Es necesario apreciar que un criterio basado en el cambio de la vibración tiene una aplicación limitada, ya que los cambios significativos en la variación de la magnitud y su proporción pueden ocurrir en componentes individuales de frecuencia, pero la importancia de este cambio no está necesariamente reflejada en la señal de banda ancha de la vibración del eje (ver NC-ISO 7919-1). Por ejemplo, la propagación de una grieta en un rotor puede introducir un cambio progresivo en las componentes de la vibración que son múltiplos de la frecuencia de rotación, pero su magnitud puede ser pequeña con relación a la amplitud de la componente a la frecuencia de rotación. Consecuentemente, puede ser difícil identificar los efectos de la propagación de la grieta observando sólo el cambio en la vibración de banda ancha. Por tanto, aunque el monitoreo del cambio de la vibración de banda ancha dará alguna indicación de problemas potenciales, puede ser necesario en ciertas aplicaciones, emplear equipos de medición y análisis que sean capaces

de determinar las tendencias de los cambios del vector que ocurren en componentes de frecuencias individuales de la señal vibratoria. Estos equipos pudieran ser más sofisticados que los usados para el monitoreo de supervisión normal y su uso y aplicación requieren de conocimientos especializados. Por consiguiente, la especificación de criterios detallados para mediciones de este tipo está fuera del alcance de esta parte de la NC-ISO 7919.

4.4 Procedimientos y criterios complementarios

La medición y evaluación de la vibración dada en esta parte de NC-ISO 7919 puede ser complementada o reemplazada por mediciones hechas sobre partes no rotatorias y los criterios aplicables están dados en la NC-ISO 10816-2. Es importante reconocer que no existe una forma sencilla para relacionar la vibración del eje con la vibración de los cojinetes, o viceversa. La diferencia entre las mediciones absolutas y las relativas del eje está relacionada con la vibración del cojinete, pero no sería numéricamente igual a ella, debido a las diferencias en el ángulo de fase. Así, cuando se aplican los criterios de esta parte de la NC-ISO 7919 y los de la NC-ISO 10816-2 para la evaluación de la vibración de la máquina, deben hacerse mediciones independientes en ejes y cojinetes. Si la aplicación de diferentes criterios conduce a evaluaciones diferentes de la severidad de la vibración, generalmente se aplica la clasificación más restrictiva.

4.5 Evaluación basada en la información del vector de la vibración

La evaluación considerada en esta parte de la NC-ISO 7919 está limitada a la vibración de banda ancha sin referirse a las componentes de fase o de frecuencia. En la mayoría de los casos, esto será adecuado para los ensayos de aceptación y para propósitos de monitoreo de la operación.

Sin embargo, para propósitos de monitoreo de la condición a largo plazo y para el diagnóstico, el uso de la información del vector de la vibración es particularmente útil para detectar y definir cambios en el estado dinámico de la máquina. En algunos casos, estos cambios no serán detectables cuando se usen sólo mediciones de vibraciones de banda ancha (ver, por ejemplo, la NC-ISO 7919-1)

La información relacionada con la fase y la frecuencia de la vibración está siendo utilizada cada vez más para propósitos de monitoreo de la condición y de diagnóstico. Sin embargo, la especificación de los criterios para estos casos está fuera del alcance de esta parte de la NC-ISO 7919.

ANEXO A
(Normativo)

Evaluación de zonas límites

En la mayoría de los casos los valores dados en las Tablas A.1 y A.2 consisten en el aseguramiento del funcionamiento satisfactorio. Sin embargo, en ciertos casos, elementos específicos asociados con un tipo de máquina en particular podrían requerir del uso de valores diferentes de la zona límite (ver 4.2.2.3)

Tabla A.1 – Valores recomendados para el desplazamiento máximo relativo del eje en turbinas de vapor y generadores en los límites de zona

Valor Pico a pico en micrómetros

Límites de zona	Frecuencia rotacional del eje, r/min			
	1 500	1 800	3 000	3 600
	Desplazamiento máximo relativo del eje – pico a pico μm			
A/B	100	90	80	75
B/C	200	185	165	150
C/D	320	290	260	240

Tabla A.2 – Valores recomendados para el desplazamiento máximo absoluto del eje en turbinas de vapor y generadores en los límites de zona.

Valor Pico a pico en micrómetros

Límites de zona	Frecuencia rotacional del eje, r/min			
	1 500	1 800	3 000	3 600
	Desplazamiento máximo absoluto del eje – pico a pico. μm			
A/B	120	110	100	90
B/C	240	220	200	180
C/D	385	350	320	290

ANEXO B (Informativo)

Evaluación de los valores de la zona límite y holgura de la chumacera.

Este anexo da un ejemplo de reducción de los valores de la zona límite para permitir una separación / holgura / juego / holgura / juego pequeña en la chumacera.

Asume que el rotor HP de un generador de una turbina de vapor instalado con velocidad nominal de 3000 r/min está soportado en chumaceras planas cilíndricas de 180 mm de diámetro y 0.1 % de holgura. En este caso la holgura diametral de la chumacera será de 180 μm .

De la tabla A.1 los valores pico a pico de la zona límite son:

A/B 80 μm
B/C 165 μm
C/D 260 μm

En este caso el valor B/C es justamente menos que la holgura diametral de la chumacera y el valor C/D está por encima de la holgura de la chumacera. Por lo tanto es recomendable que los valores pico a pico de la zona límite deben ser reducidos como corresponden.

A/B 0.4 veces la holgura de la chumacera = 72 μm
B/C 0.6 veces la holgura de la chumacera = 108 μm
C/D 0.7 veces la holgura de la chumacera = 126 μm

NOTA: El ejemplo anterior se aplica sólo al caso donde la vibración relativa del eje es medida en el pedestal cerca de la chumacera. El grado al cual los valores de la zona límite deben ser reducidos variarán, dependiendo del tipo de chumacera usada y la relación entre la dirección de la medición y la holgura máxima.

Bibliografía

- [1] ISO 7919-3, Mechanical vibration- Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts- Part 3: Coupled industrial machines.
- [2] ISO 7919-4, Mechanical vibration- Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts- Part 4: Gas turbine sets.
- [3] ISO 10814, Mechanical vibration- Susceptibility and sensitivity of machines to unbalance.
- [4] ISO 10816-1, Mechanical vibration- Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts- Part 1: General guidelines.
- [5] ISO 10816-3, Mechanical vibration- Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts- Part 3: Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15 000 r/min when measured in situ.
- [6] ISO 10816-4, Mechanical vibration- Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts- Part 4: Gas turbine driven sets excluding aircraft derivatives.
- [7] ISO 10817-1, Rotating shaft vibration measuring systems- Part 1: Relative and absolute sensing of radial vibration.
- [8] ISO 13373.1, Condition monitoring and diagnostics of machines – Vibration condition monitoring – Part 1: General procedures.