



## Examen de Certificación en Análisis de Vibraciones, “Hojas de Ecuaciones”

Idioma: Español  
Unidades Consuetudinarias de los Estados Unidos  
Rev: 2023-07-18

### **Introducción:**

Las siguientes páginas contienen una colección de ecuaciones, conversiones, otra información relacionada con la vibración y una hoja de respuestas de estilo "burbuja" de instrucción / ejemplo. Esta información se ha recopilado principalmente para ayudar a los examinados durante los exámenes de certificación basados en la norma ISO 18436-2 del Vibration Institute y también puede tener valor como referencia.

Más allá del ejemplo de la hoja de respuestas de estilo "burbuja" en la última página, estas "Hojas de ecuaciones" pueden o no contener información útil para los examinados en el nivel de Categoría I de VA, sin embargo, deberían resultar más útiles en categorías de VA superiores.

Estas "Hojas de ecuación" si se reciben como parte de un paquete de examen de certificación DEBEN permanecer con el paquete y se deben colocar en el sobre del examen completo junto con el examen, las hojas de ecuación y la hoja de respuestas de burbuja.

Estas "Hojas de ecuación", si se reciben como parte de un curso de capacitación del Instituto de vibración o se descargan del sitio web del Instituto de vibración, se pueden utilizar libremente. sin embargo, es posible que NO estén presentes, que no estén en su posesión ni que se utilicen durante un examen de certificación del Instituto de vibración.

Las siguientes hojas incluyen:

- Efectivo
- Mociones
- Frecuencias
- Procesamiento de la señal
- Hoja de respuestas de estilo de "burbuja" de instrucción / ejemplo

# Análisis de vibración de las ecuaciones de categoría I y II

## FUERZAS

### Desbalance de masa

$$F = Me \left( \frac{2\pi N}{60} \right)^2$$

$$M = W/g$$

W = peso del rotor o peso de balanceo, libras (lbf)

e = excentricidad del rotor o radio de colocación de peso de balanceo, pulgadas (in)

g = constante gravitacional, 386.1 in/s<sup>2</sup>

N = rpm

### Fuerzas elásticas

$$F = kx$$

k = rigidez del resorte, lbf/in

x = deflexión relativa, in

### Fuerzas de amortiguamiento

$$F = C\dot{x}$$

C = coeficiente de amortiguamiento, lbf s / in

$\dot{x}$  = velocidad relativa

### Fuerzas inerciales

$$F = M\ddot{x}$$

M = masa, lbf s<sup>2</sup>/in

$\ddot{x}$  = aceleración, in/s<sup>2</sup>

## MOVIMIENTO

### Velocity (in/s)

$$V = D(2\pi f)$$

D = desplazamiento cero a pico, in

f = frecuencia, ciclos/segundo (cps)

$\pi$  = 3.1416

## Aceleración

$$A = V(2\pi f)$$

$$A = \text{aceleración, in/s}^2$$

$$1 g = 386.1 \text{ in/s}^2$$

## FRECUENCIAS

### Frecuencias de rodamientos

$$\text{FTF} = \frac{\Omega}{2} \left[ 1 - \frac{B}{P} \cos \varphi \right]$$

$$\text{BPFI} = \frac{N\Omega}{2} \left[ 1 + \frac{B}{P} \cos \varphi \right]$$

$$\text{BPFO} = \frac{N\Omega}{2} \left[ 1 - \frac{B}{P} \cos \varphi \right]$$

$$\text{BSF} = \frac{\Omega P}{2B} \left[ 1 - \left( \frac{B}{P} \right)^2 \cos^2 \varphi \right]$$

Frecuencias de rodamiento aproximadas (pista externa estacionaria):

$$\text{FTF} = 0.41 \times \text{rpm}$$

$$\text{BPFI} = 0.59 \times N \times \text{rpm}$$

$$\text{BPFO} = 0.41 \times N \times \text{rpm}$$

$$\text{BSF} = 0.17 \times N \times \text{rpm}$$

FTF = frecuencia fundamental del tren

$\varphi$  = ángulo de contacto

BPFI = frecuencia defecto pista interna

$\Omega$  = velocidad rotación del eje

BPFO = frecuencia defecto pista externa

N = número de elementos rodantes

BSF = frecuencia defecto bolas

P = diámetro medio (de jaula)

rpm = velocidad rotación del eje

B = diámetro de bola o rodillo

Las unidades de las frecuencias de defectos de rodamiento son las mismas en las que se exprese la velocidad de giro de la máquina

**REGLAS DE DEDO PARA LAS FRECUENCIAS DE LOS RODAMIENTOS**  
(solamente para ser empleadas para determinar el ancho de banda espectral)

$$\text{BPFO} = 0.41 \times \text{rpm} \times N$$

$$\text{BPFI} = 0.59 \times \text{rpm} \times N$$

$$\text{FTF} = 0.41 \times \text{rpm}$$

$$\text{BSF} = 0.22 \times \text{rpm} \times N$$

**Frecuencia natural**

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$k = \text{rigidez, lbf/in}$$

$$m = \text{W/g}$$

$$W = \text{peso, lbf}$$

$$g = \text{constante gravitacional, } 386.1 \text{ in/s}^2$$

$$f_n = \text{frecuencia natural de un sistema de un grado de libertad, Hz}$$

**Frecuencia de rodillos**

$$f = \frac{V}{5\pi D}$$

$$V = \text{velocidad periférica o tangencial, ft/min (pies / minuto)}$$

$$D = \text{diámetro del rodillo, in (pulgadas)}$$

$$f = \text{frequency, Hz}$$

# PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL

## Gama dinámica

$$\text{dB} = 20 \log \frac{V_m}{V_r}$$

$$\frac{V_m}{V_r} = 10^{\frac{\text{dB}}{20}}$$

$V_m$  = voltaje medido

$V_r$  = referencia de voltaje

dB = decibeles

## RMS

Valor pico = 1.414 x Valor rms (solo para señales senoidales)

**RESOLUCIÓN ESPECTRAL** =  $2 \times f_{\text{max}} \times \text{factor de ventana} / \text{número de líneas}$

Factor de ventana = 1.0 para uniforme o rectangular  
1.5 para Hanning;  
3.8 para Flat Top

## TIEMPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS (TAD)

TAD = Número de líneas /  $f_{\text{max}}$

## ANCHOS DE BANDA PRE-ESTABLECIDOS (EN COLECTORES)

Velocidad de operación = 10 x rpm

Rodamientos antifricción = 10 x BPF

Cojinetes hidrodinámicos = 10 x rpm

Paso de álabes o aspas = 3 x No. aspas x rpm

Eléctricos = 3 x 2 x frecuencia de línea

Engranajes = 3 x frecuencia engranaje



# Instructivo / Ejemplo de hoja de respuestas tipo "Burbuja"



**DATE OF BIRTH**

Month	Day	Year
JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC	12 15 18	

**ID. NUMBER**

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

**IMPORTANT**

← ERASE COMPLETELY TO CHANGE →

• EXAMPLE: 1 2 3 4 5  
A B C D E

• ERASE COMPLETELY TO CHANGE

**GENERAL PURPOSE**

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

**LAST NAME**

JOHNSON

**FIRST NAME**

JAMES

**MI**

L

**CODES**

5218

**Apellidos (primeros 12 caracteres)**

**Nombre (primeros 8 caracteres)**

**Inicial del segundo nombre (en blanco si no existe)**

**"CODIGOS" del encabezado superior izquierdo del examen.**

**Todas las casillas deben llenarse con los caracteres alfa-numéricos y "marcas" de acuerdo a las instrucciones de manera que la información arriba indicada y las respuestas a las preguntas puedan leerse con exactitud para la calificación.**

**Como ejemplo, las respuestas para las preguntas 1 a 7 se han marcado llenando el rectángulo apropiado.**

1 - A 5 - C  
2 - B 6 - B  
3 - C 7 - A  
4 - D

**En caso de ser necesario, las casillas para las preguntas 101 a 250 se localizan en el reverso de la hoja.**

QUESTIONS 101 THROUGH 250 CONTINUED ON THE OTHER SIDE