

## SOFTWARE DE ALINEAMIENTO DE MÁQUINAS ROTATIVAS

Luis Martínez S.\* y Julio Yenque D.\*

### RESUMEN

El presente artículo trata sobre el alineamiento de máquinas, la corrección de la posición relativa de dos máquinas acopladas y, adicionalmente, describe el desarrollo de un software para simplificar el procedimiento.

**Palabras clave:** Alineamiento de máquinas. Software de alineamiento. Mantenimiento proactivo.

### ABSTRACT

The present article deals with machine alignment and with correcting the relative position of two coupled machines. Furthermore, the development of software for simplifying the procedure is described.

**Key words:** Machine alignment. Alignment software. Proactive maintenance.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se da bastante importancia a todas las filosofías y tecnologías orientadas a aumentar la productividad de las industrias y confiabilidad de las máquinas, con la finalidad de mantener costos reducidos y como consecuencia rentabilidad alta.

Se presentan filosofías de mantenimiento basado en tecnologías preventivas, predictivas y proactivas, llamado mantenimiento basado en la confiabilidad.

Las tecnologías preventivas y predictivas se encuentran desde hace mucho tiempo en uso, pero el mantenimiento se proyectara hacia la excelencia en la medida que toda la maquinaria se encuentre trabajando dentro de las condiciones establecidas para sus parámetros de funcionamiento. Esto es la filosofía del *mantenimiento proactivo*.

El alineamiento de precisión se describe como una de las importantes actividades proactivas. En el ambiente Industrial, el desbalance y el desalineamiento son los factores más importantes que causan la disminución de la vida útil de los elementos, la vibración

excesiva es el agente perjudicial para la vida útil, su reducción a niveles de aceptación resulta en beneficios considerables para la maquinaria esto se logra realizando alineamiento y balanceo de precisión.

Para el correcto alineamiento, existen muchos métodos dentro de los cuales el método del dial invertido, es el más confiable y usado por la gran mayoría de los sistemas de alineamiento en el mercado, por su versatilidad y simpleza.

En el presente artículo se muestra el procedimiento mecánico y matemático, que nos permitirá desarrollar un procedimiento para el software respectivo.

### MÉTODO DEL DIAL INVERTIDO

Es el método más confiable y usado por la gran mayoría de los sistemas de alineamiento en el mercado, por su versatilidad y simpleza. El método del dial invertido consta de los siguientes pasos:

- a. Definición del trabajo.
- b. Máquina móvil-máquina fija.
- c. Orientación del dial.
- d. Toma de lecturas.
- e. Offset vertical.
- f. Offset horizontal.

\* Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Industrial.  
UNMSM  
E-mail: lifi@unmsm.edu.pe

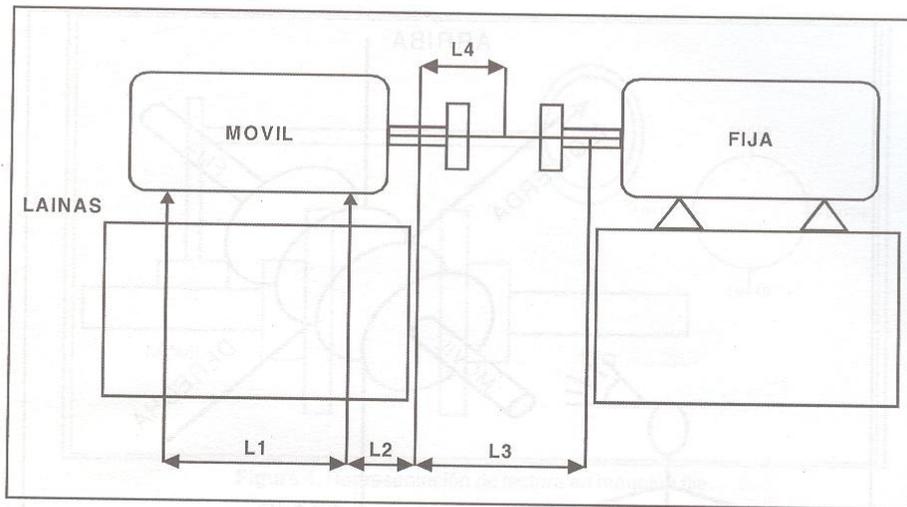


Figura 1. Representación de máquina móvil - máquina fija.

## DEFINICIÓN DEL TRABAJO DE ALINEAMIENTO

Este procedimiento es la división del equipo que se va a alinear en dos máquinas, de las cuales una se considerará máquina fija, y la otra máquina móvil.

## MÁQUINA MÓVIL - MÁQUINA FIJA

Debe definirse en función de las condiciones físicas del sistema a alinear cuál es la máquina fija y cuál es la máquina móvil.

Se define como máquina fija aquella que debe permanecer inmóvil o referente a la cual se alineará el sistema. Y máquina móvil es aquella que deberá moverse para alinearse en función de la posición de la máquina fija.

De acuerdo al gráfico que se muestra en la figura 1 y siguiendo la siguiente nomenclatura:

- L1 = distancia entre los pernos de las patas.
- L2 = distancia entre la pata anterior y la posición de la base del dial.
- L3 = distancia entre la base y el punto de lectura del dial comparado en el otro eje.
- L4 = distancia entre la base y el centro del acoplamiento.

Se define los valores de las tolerancias sobre la base de la velocidad de la máquina. En el cuadro 1 se muestra un cuadro referencial de tolerancias (en unidades métricas).

## ORIENTACIÓN DEL DIAL

Se ha tomado en forma general, y según la figura 2, se tiene lo siguiente:

- a. Las orientaciones: arriba, abajo, derecha e izquierda.
- b. Pueden buscarse otras orientaciones como Norte, Sur, Este u Oeste.
- c. Paisaje fácil de ubicar para reemplazar a los sentidos de orientación.

Cuadro 1. Tabla referencial de tolerancias.

Velocidad (RPM)	Excelente		Aceptable	
	OFFSET	ANGULAR mm/ mts	OFFSSET	ANGULAR mm/ mts
< 500	0.127	1.5	0.1524	2.0
500-1250	0.1016	1.0	0.127	1.5
1250-2000	0.0762	0.5	0.1016	1.0
2000-3500	0.0508	0.3	0.0762	0.5
3500-7000	0.0254	0.25	0.0508	0.3
>7000	0.0127	0.2	0.0254	0.25

## TOMA DE LECTURAS

Se realiza cuatro lecturas en cada máquina tal como sigue:

### a. Lectura en la máquina móvil

- Ubicar la base del dial en la máquina fija y el dial en la móvil, tal como se muestra en la figura 3.
- Ajustar el cero en el punto muerto superior girando la coronilla.

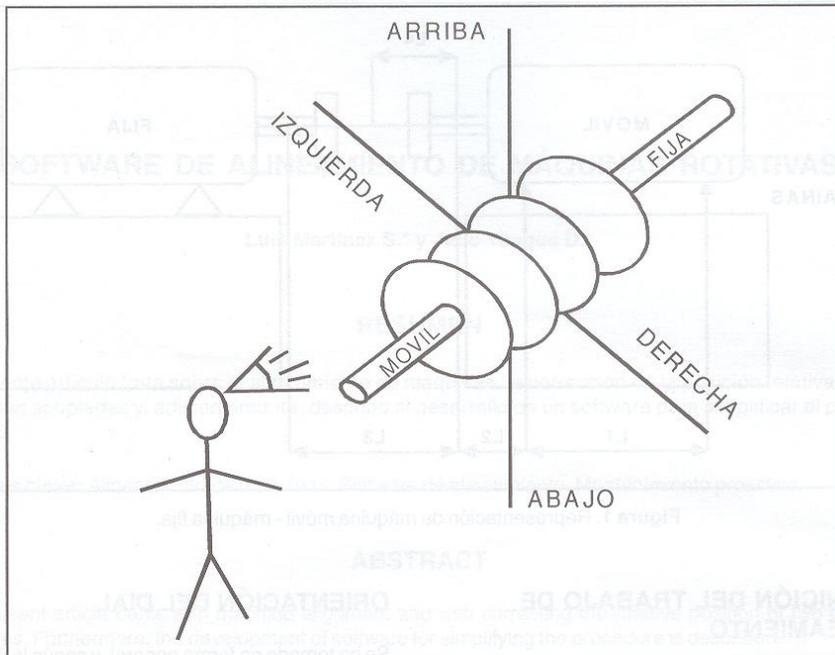


Figura 2. Representación de la orientación del dial

- Girar ambos ejes juntos hasta las posiciones del reloj 3, 6, 9 ( a 90 grados una de la otra) cada una de las cuales coincidirá con las referencias físicas documentadas previamente.

**b. Lectura en la máquina fija**

- Ubicar la base del dial en la máquina móvil y el dial en la fija, tal como se muestra en la figura 4.

- Ajustar el cero en el punto muerto superior girando la coronilla.
- Girar ambos ejes juntos hasta las posiciones del reloj 3, 6, 9 ( a 90 grados una de la otra) cada una de las cuales coincidirá con las referencias físicas documentadas previamente.

**c. Secuencia matemática**

De acuerdo al gráfico y siguiendo la siguiente nomenclatura:

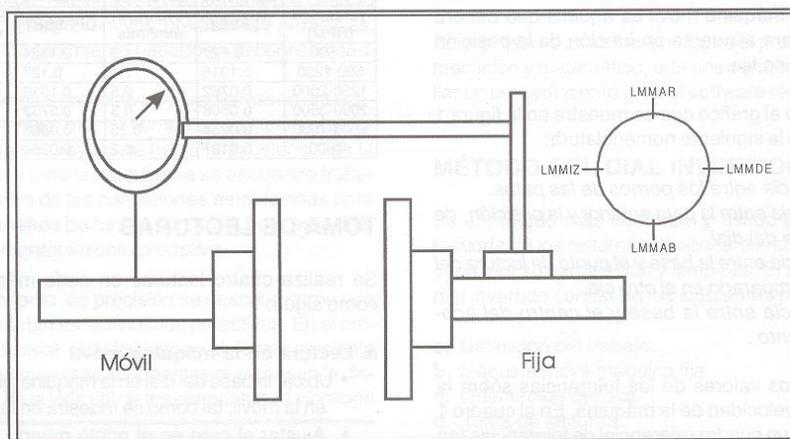


Figura 3. Representación de lectura en máquina móvil.

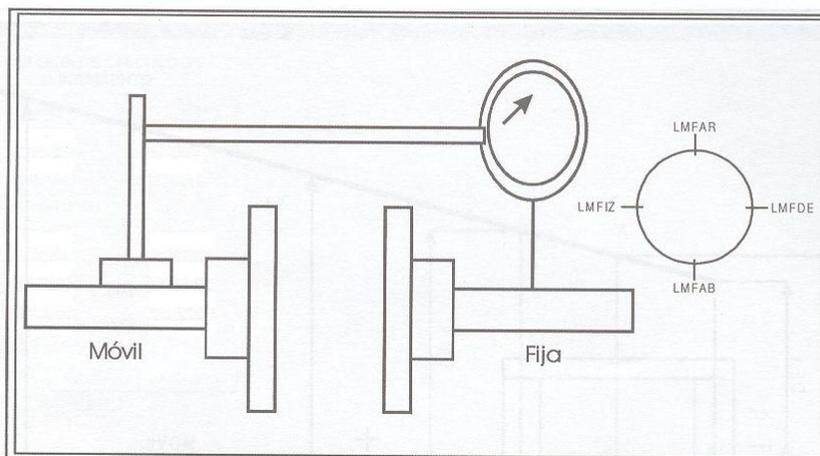


Figura 4. Representación de lectura en máquina fija.

- L1: distancia entre los pernos de las patas.  
 L2: distancia entre la pata anterior y la posición de la base del dial.  
 L3: distancia entre la base y el punto de lectura del dial comparado en el otro eje.  
 L4: distancia entre la base y el centro del acoplamiento.

- LMMAR: lectura máquina móvil arriba.  
 LMMAB: lectura máquina móvil abajo.  
 LMMDE: lectura máquina móvil derecha.  
 LMMIZ: lectura máquina móvil izquierda.  
 LMFAR: lectura máquina fija arriba.  
 LMFAB: lectura máquina fija abajo.  
 LMFDE: lectura máquina fija derecha.  
 LMFIZ: lectura máquina fija izquierda.

**d. Cálculo de los desplazamientos**

Trabaja en dos planos: Vertical y Horizontal

• **Máquina móvil:**

$$DM_v = (LMMAR - LMMAB) / 2$$

$$DF_v = (LMFAR - LMFAB) / 2$$

• **Máquina fija:**

$$DM_h = (LMMDE - LMMIZ) / 2$$

$$DF_h = (LMFDE - LMFIZ) / 2$$

**FÓRMULAS DE DESPLAZAMIENTO**

**Offset vertical**

**a. Cálculo de desalineamiento vertical**

$$OFF_v = \frac{(L3 - L4) \times (DMV + DFV)}{0.01 \times L3} + \frac{(-DFV)}{0.01}$$

**b. Desalineamiento angular vertical**

Sen a V =  $\frac{DMV + DFV}{L3}$  en centésimas de mm/mm

Transformando unidades podemos expresarlo:

Sen a V =  $\frac{DMV + DFV}{L3}$  en mm/m

Ver representación en la figura 5.

**Offset horizontal**

**a. Cálculo de desalineamiento horizontal**

$$OFF_h = \frac{(L3 - L4) \times (DMH + DFH)}{0.01 \times L3} + \frac{(-DFH)}{0.01}$$

**b. Desalineamiento angular horizontal**

Sen a H =  $\frac{DMH + DFH}{L3}$  en mm/m

Ver representación en la figura 6.

Estas fórmulas matemáticas, correspondientes, se llevan a un programa en este caso se ha utilizado Visual Basic y obteniéndose lo que muestran las figuras 7 y 8.

**CONCLUSIONES**

El trabajo de alineamiento de máquinas presenta un procedimiento indicado a un procedimiento de fácil acceso que pueda ser manejado rápido y por cualquier persona.

El tiempo en el caso de estos trabajos es fundamental, porque no se necesitará realizar el procedimiento gráfico para cada una de las tomas de lecturas.

Las nuevas técnicas de alineamiento en especial el de los rayos láser utiliza el mismo procedimiento

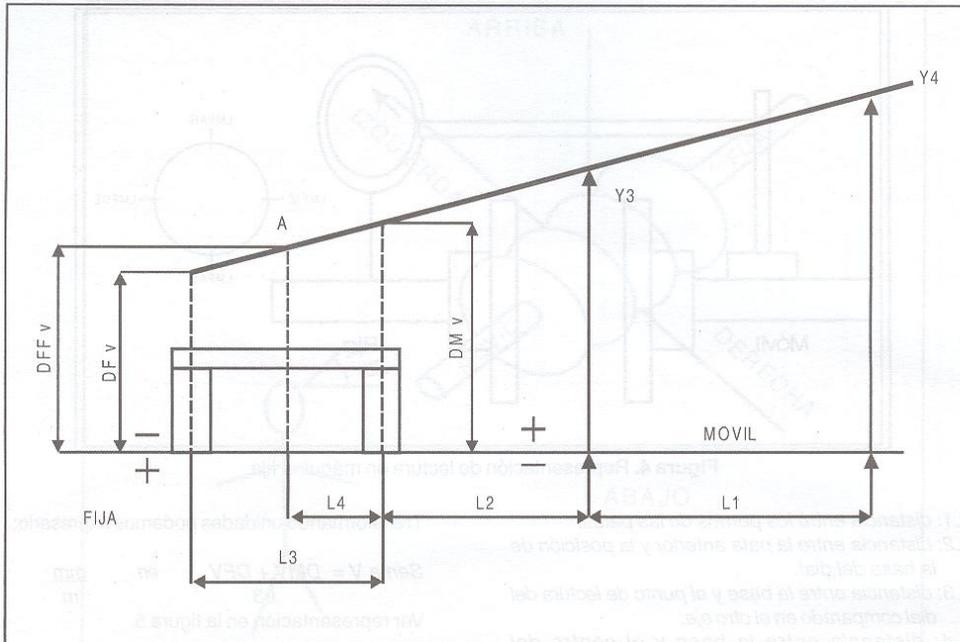


Figura 5. Representación del plano vertical.  
Fuente: Elaboración propia.

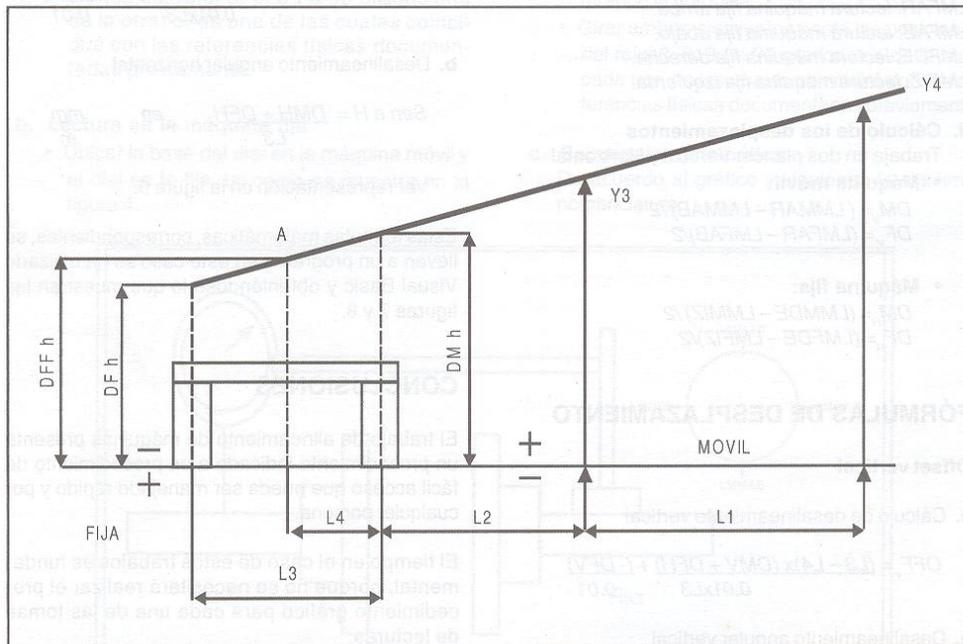


Figura 6. Representación del plano horizontal.  
Fuente: Elaboración propia.

The screenshot shows a window titled "Cálculo de Alineamiento" with the subtitle "SECUENCIA DE CALCULO DE ALINEAMIENTO". It contains two main input sections. The first, "Ingreso de Datos (cm)", has four text boxes labeled L1, L2, L3, and L4. The second, "Lecturas en los Diales (0,01 mm)", has eight text boxes arranged in two columns, labeled LMMAR, LMMAB, LMMDE, LMMZ, LMFAR, LMFAB, LMFDE, and LMFZ. At the bottom of the input area are two buttons: "Procesar Datos" and "Salir". The Windows taskbar at the bottom shows the system tray with the time 08:23 p.m. and the active window title "Cálculo de Alineamiento...".

Figura 7. Pantalla de ingreso de datos.

The screenshot shows a window titled "Resultados Finales" displaying the results of the alignment calculation. The data is organized into four sections: "Desplazamientos" (Machine Movement) with DMV = -30 and DMH = -70; "Máquina Fija" (Fixed Machine) with DFV = 45 and DFH = 15; "Desplazamiento Vertical" (Vertical Displacement) with DFFV = -0.325 and Ser(a)V = 0.813333333333333; and "Desplazamiento Horizontal" (Horizontal Displacement) with DFFH = -0.425 and Ser(a)H = -3.055555555555556. Below these sections, under "Movimientos" (Movements), are "Movimiento Vertical" (Y3 = -3.33333333333333, Y4 = 80) and "Movimiento Horizontal" (Y3 = -167.777777777778, Y4 = 473.333333333333). An "Aceptar" button is located at the bottom of the results area. The Windows taskbar at the bottom shows the system tray with the time 08:27 p.m. and the active window title "Resultados Finales".

Figura 8. Pantalla de salida de datos.



del dial invertido, este tipo de alineamiento incorpora un software, siguiendo el mismo procedimiento matemático.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Asociación Peruana de Mantenimiento (APEMAN). 1996.** Seminario: Técnicas aplicadas de alineamiento de máquinas. Lima-Perú.
2. **International Organization for Standardization, Technical Comité 108. 1974.** Norma internacional ISO 2372 "Severidad Vibracional de Maquinaria". USA.
3. **SKF Condition Monitoring. 1992.** "An Introduction to condition Monitoring". CM 101. USA.
4. **Technical Associates of Charlotte, Inc. 1993.** "Vibration Analsys". USA.