



Métodos de balanceo de rotores en campo

Por :

Euro CASANOVA

Departamento de Mecánica, USB

1



Plan de la exposición

- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (*4 runs*)
- V. Método de los coeficientes de influencia

2



I. Clasificación de los métodos de balanceo

II. Método midiendo amplitud y fase de vibración

III. Método de Den Hartog

IV. Método de Siebert (4 runs)

V. Método de los coeficientes de influencia

Los métodos de balanceo en campo de rotores se pueden clasificar en:

- **Métodos para balancear rotores planos (un solo plano de balanceo)**
 - Método midiendo amplitud y fase de vibración
 - Método midiendo sólo amplitud de vibración
 - Método de Den Hartog (gráfico)
 - Método de Siebert (gráfico)
- **Métodos para balancear rotores en general (dos planos de balanceo)**
 - Método de los coeficientes de influencia



I. Clasificación de los métodos de balanceo

II. Método midiendo amplitud y fase de vibración

III. Método de Den Hartog

IV. Método de Siebert (4 runs)

V. Método de los coeficientes de influencia

Magnitud del problema





- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia

Descripción del método:

- Se mide la vibración original V_0 (amplitud y fase)
- Se marcan las posiciones angulares en el rotor
- Se coloca una masa de prueba $(me)_p$ en un ángulo α_p en el rotor y se mide la vibración resultante V_1 (amplitud y fase)
- Se calcula el valor de V_x (amplitud y fase). V_x representa el efecto neto en vibración producido por la masa de prueba
- Se calcula el valor de la masa correctiva $(me)_0$
- Se calcula el valor del ángulo α_0 donde se debe colocar la masa correctiva

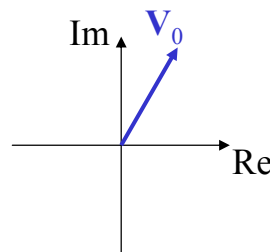
Todas las medidas se hacen @ ω_{ope}



- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia

Cálculos:

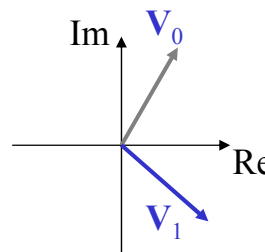
1- Se mide V_0
($|V_0|, \theta_0$)



Valor de desbalance original

$$(me)_0 = (me)_p \frac{|V_0|}{|V_x|}$$

2- Se mide V_1
($|V_1|, \theta_1$)

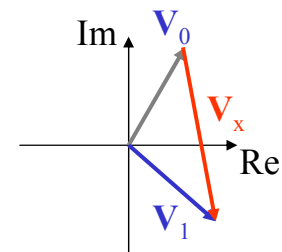


Valor del ángulo original

$$\alpha_p + \phi = \theta_x \quad \alpha_0 + \phi = \theta_0$$

$$\alpha_0 = \theta_0 - \theta_x + \alpha_p$$

3- Se calcula V_x
($|V_x|, \theta_x$)



$$V_x = V_1 - V_0$$

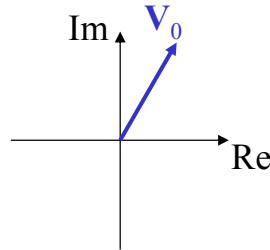
Solución para balancear: colocar $(me)_0$ a $\alpha_0 + 180^\circ$



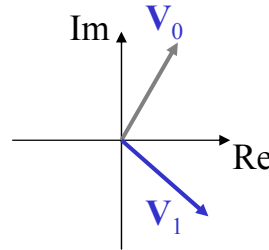
- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia

Cálculos utilizando el coeficiente de influencia

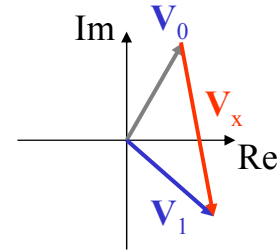
1- Se mide V_0
($|V_0|, \theta_0$)



2- Se mide V_1
($|V_1|, \theta_1$)



3- Se calcula V_x
($|V_x|, \theta_x$)



$$V_x = V_1 - V_0$$

Si w_A ($|w_A|, \theta_A$) produce V_x , entonces $w'_A = \alpha w_A$ producirá αV_x y se desea que: $V_0 + \alpha V_x = 0$ (vibración resultante nula)

$$\alpha V_x = -V_0 \Rightarrow \alpha = -\frac{V_0}{V_x} = -\frac{V_0}{V_1 - V_0}$$

Solución para balancear: colocar $w'_A = \alpha w_A$



- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia

Descripción del método:

- Se mide la vibración original V_0 (amplitud)
- Se marcan las posiciones angulares en el rotor
- Se coloca una masa de prueba (me)_p en un ángulo α_1 en el rotor y se mide la vibración resultante V_1 (amplitud)
- Se retira la masa de prueba (me)_p y se coloca en un ángulo $\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ$ en el rotor y se mide la vibración resultante V_2 (amplitud)
- Se retira la masa de prueba (me)_p y se coloca en cualquier ángulo α_3 , diferente a los anteriores en el rotor y se mide la vibración resultante V_3 (amplitud)
- Se construye el gráfico, se estima la masa correctiva (me)₀ y la posición angular α_0

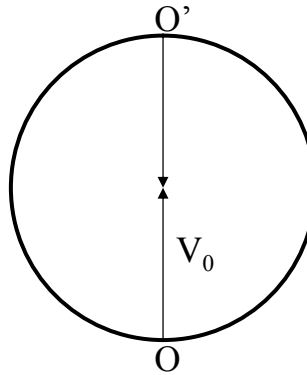
Todas las medidas se hacen @ ω_{ope}



- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia

Paso 1:

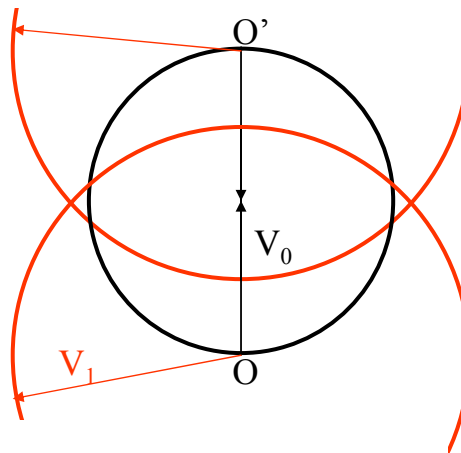
Se hace un circunferencia de radio V_0



- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia

Paso 2:

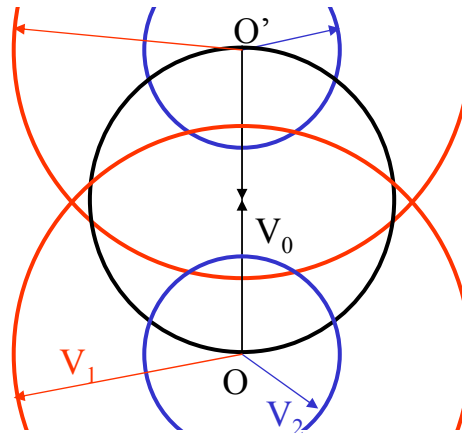
Con origen en O y O' trazo semi-circunferencias de radio V_1





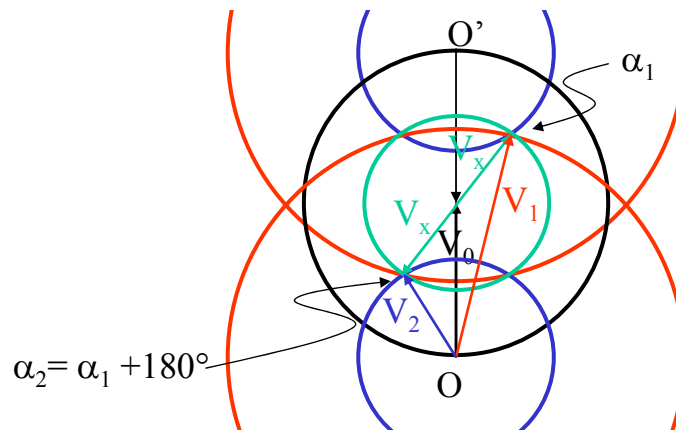
- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia

Paso 3:
 Con origen en O y O' trazo semi-circunferencias de radio V_2



- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia

Paso 4:
 Mido V_x y estimo masa correctiva $(me)_0$



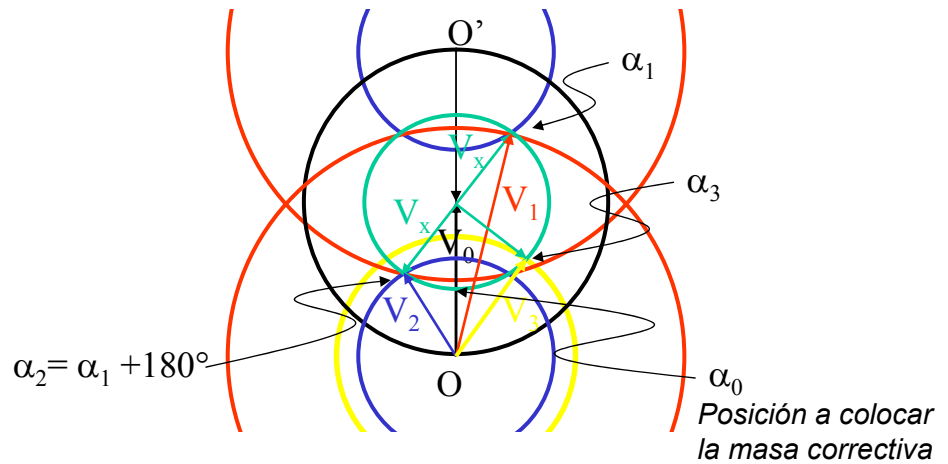
$$(me)_0 = (me)_p \frac{|V_0|}{|V_x|}$$



- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia

Paso 5:

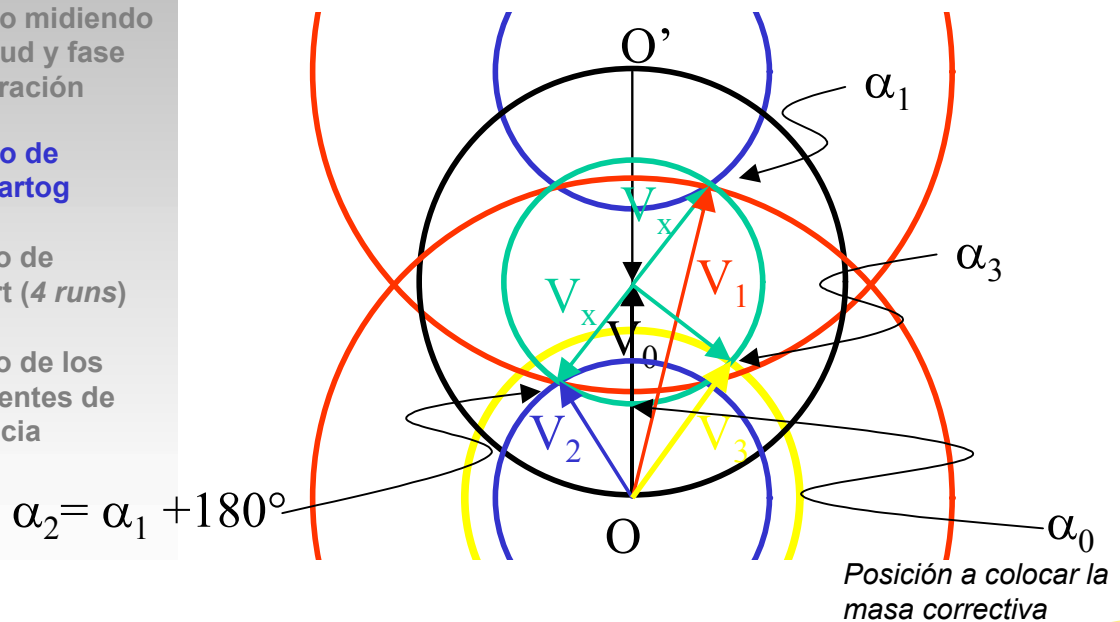
Con centro en O trazo semi-circunferencia de radio V_3 y estimo posición angular de $(me)_0$



Conociendo α_1 , α_2 y α_3 se estima el valor de α_0



- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia





- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)**
- V. Método de los coeficientes de influencia

Descripción del método:

- Se mide la vibración original V_0 (amplitud)
- Se marcan las posiciones angulares en el rotor
- Se coloca una masa de prueba $(me)_p$ en un ángulo α_1 en el rotor y se mide la vibración resultante V_1 (amplitud)
- Se retira la masa de prueba $(me)_p$ y se coloca en un ángulo α_2 , diferente al anterior, en el rotor y se mide la vibración resultante V_2 (amplitud)
- Se retira la masa de prueba $(me)_p$ y se coloca en cualquier ángulo α_3 , diferente a los anteriores, en el rotor y se mide la vibración resultante V_3 (amplitud)
- Se construye el gráfico y se estima la masa correctiva $(me)_0$ y posición angular α_0

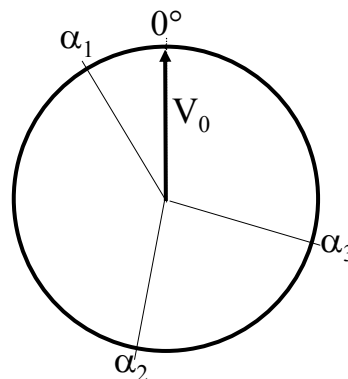
Todas las medidas se hacen @ ω_{ope}



- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)**
- V. Método de los coeficientes de influencia

Paso 1:

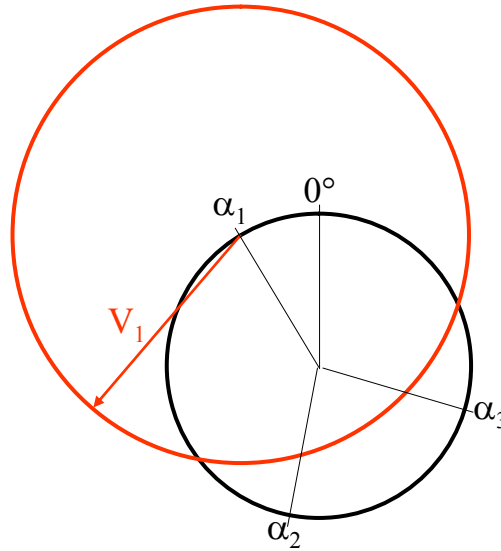
Se hace un circunferencia de radio V_0





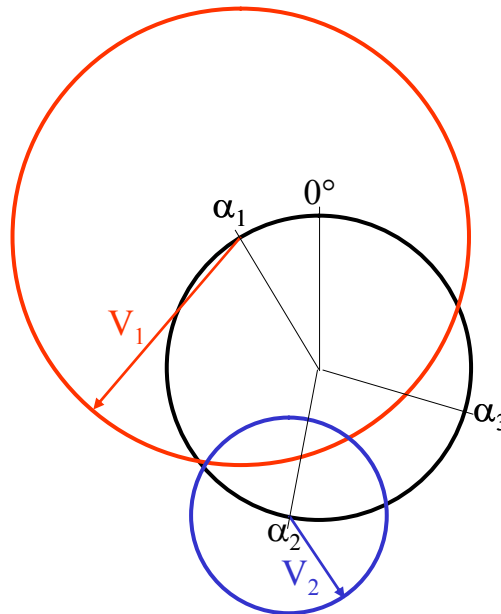
- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)**
- V. Método de los coeficientes de influencia

Paso 2:
Con origen en α_1 trazo circunferencia de radio V_1



- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)**
- V. Método de los coeficientes de influencia

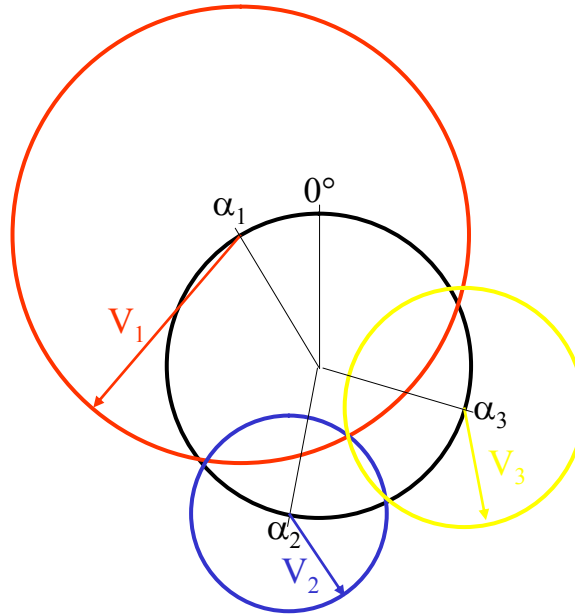
Paso 3:
Con origen en α_2 trazo circunferencias de radio V_2





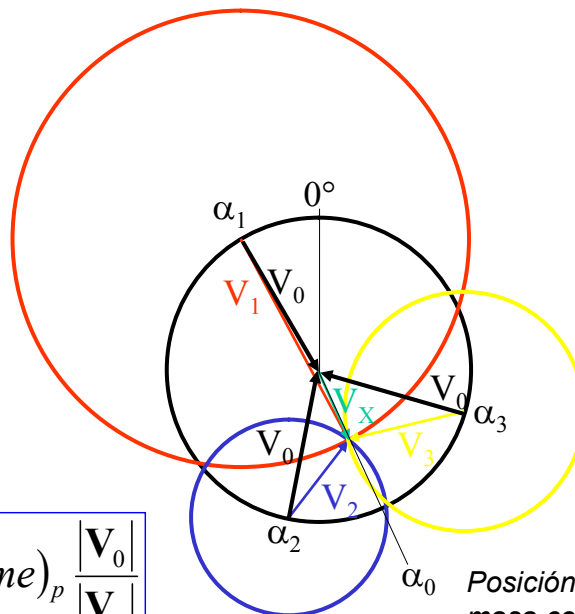
- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia

Paso 4:
Con origen en α_3 trazo circunferencias de radio V_3



- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia

Paso 5:
Mido V_x , estimo masa correctiva $(me)_0$ y ángulo α_0

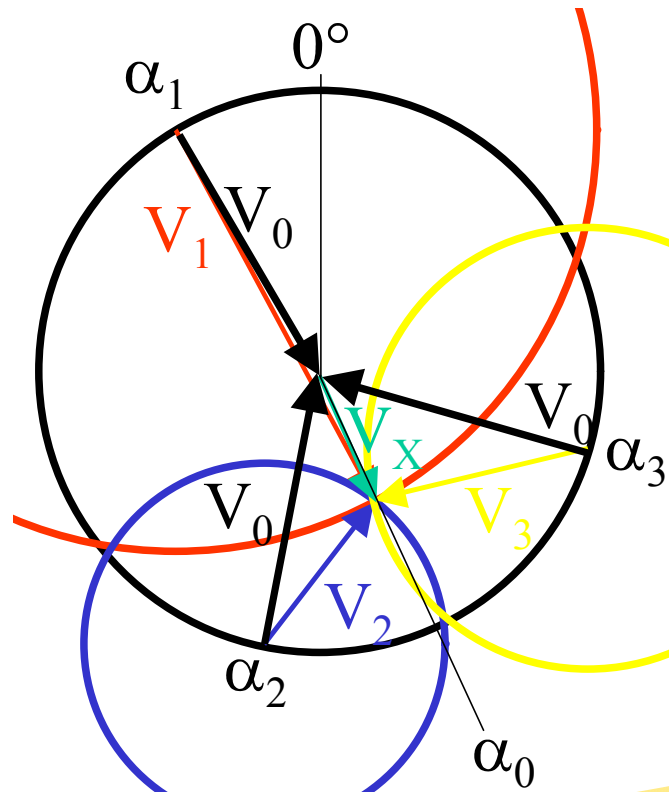


$$(me)_0 = (me)_p \frac{|V_0|}{|V_x|}$$

α_0 Posición a colocar la masa correctiva



- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia



- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia

Descripción del método:

- Se mide la vibración original V_{0A} en el plano **A** y V_{0B} en el plano **B**
- Se marcan las posiciones angulares en ambos planos del rotor
- Se coloca una masa de prueba w_A en el plano **A** y se mide la vibración resultante V_{1A} en el plano **A** y V_{1B} en el plano **B**
- Se retira la masa de prueba w_A
- Se coloca una masa de prueba w_B en el plano **B** y se mide la vibración resultante V_{2A} en el plano **A** y V_{2B} en el plano **B**
- Se retira la masa de prueba w_B
- Se calculan las masas correctivas w'_A y w'_B a colocar en los planos **A** y **B** respectivamente

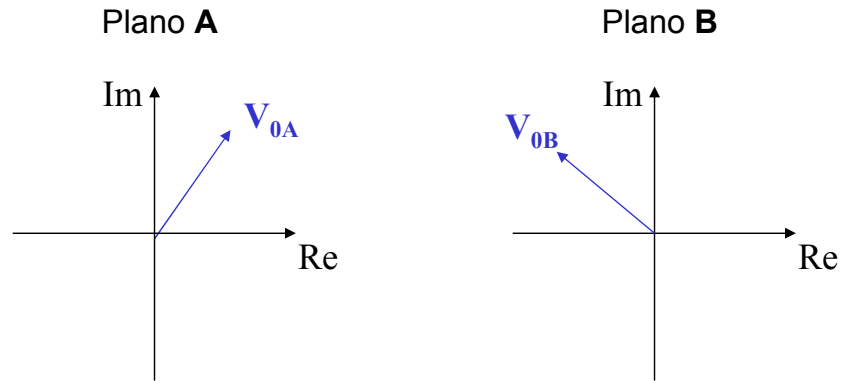
Todas las medidas son de amplitud y fase

Todas las medidas se hacen @ ω_{ope}



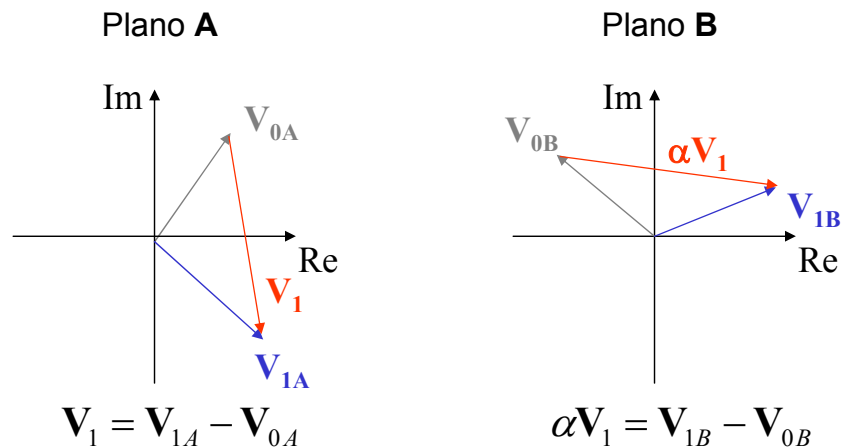
- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia**

1- Se mide vibración original: V_{0A} en el plano A
 V_{0B} en el plano B



- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia**

2- Se coloca w_A en el plano A
y se mide vibración resultante: V_{1A} en el plano A
 V_{1B} en el plano B

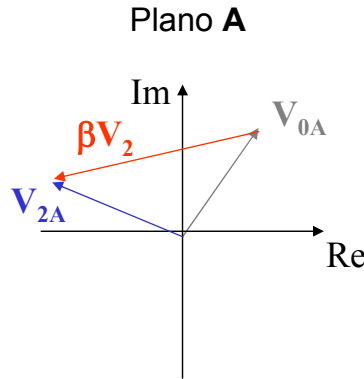


$$\alpha = \frac{V_{1B} - V_{0B}}{V_{1A} - V_{0A}}$$

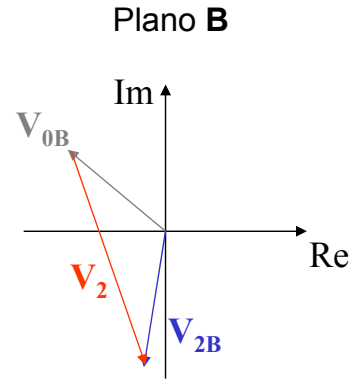


- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia

2- Se coloca w_B en el plano B y se mide vibración resultante: V_{2A} en el plano A
 V_{2B} en el plano B



$$\beta V_2 = V_{2A} - V_{0A}$$



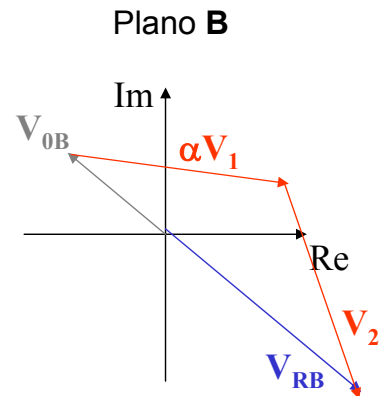
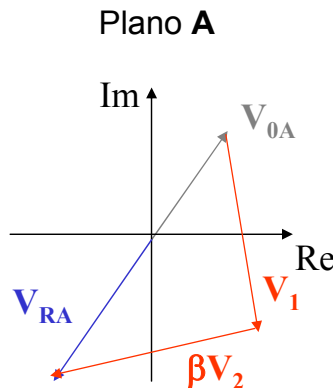
$$V_2 = V_{2B} - V_{0B}$$

$$\beta = \frac{V_{2A} - V_{0A}}{V_{2B} - V_{0B}}$$



- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia

Si se coloca simultáneamente w_A en el plano A y w_B en el plano B se obtiene: V_{RA} en el plano A
 V_{RB} en el plano B

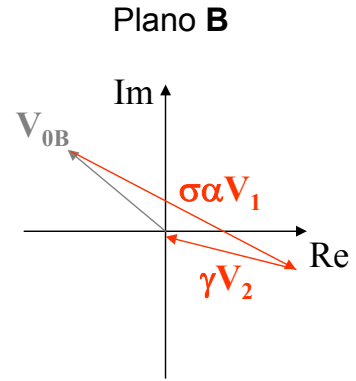
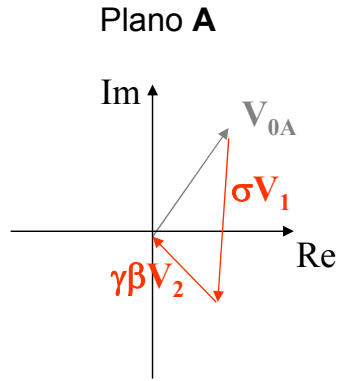


En general, V_{RA} y V_{RB} son diferentes de cero, porque w_A y w_B no son las masas correctivas !



- I. Clasificación de los métodos de balanceo
- II. Método midiendo amplitud y fase de vibración
- III. Método de Den Hartog
- IV. Método de Siebert (4 runs)
- V. Método de los coeficientes de influencia

Solucion: colocar simultaneamente $w'_A = \sigma w_A$ en el plano **A** y $w'_B = \gamma w_B$ en el plano **B** para obtener: $V_{RA} = 0$ en el plano **A**
 $V_{RB} = 0$ en el plano **B**



$$V_{RA} = V_{0A} + \sigma V_1 + \gamma \beta V_2 = 0 \quad V_{RB} = V_{0B} + \sigma \alpha V_1 + \gamma V_2 = 0$$

$$\sigma = \frac{\beta V_{0B} - V_{0A}}{(1 - \alpha \beta) V_1}$$

$$\gamma = \frac{\alpha V_{0A} - V_{0B}}{(1 - \alpha \beta) V_2}$$