Capitulo 5
Análisis numérico

Este sistema no puede darnos resultados de manera analítica por que no son lineales, por eso los vamos a obtener mediante métodos numéricos para así poder llegar a un resultado aproximado. Esto será con la ayuda de la computadora.

$$\tau = \omega t \tag{5.1}$$

$$\frac{dx}{dt} = \omega \frac{dx}{d\tau} \tag{5.2}$$

$$\frac{d^2x}{d^2t^2} = \omega^2 \frac{d^2x}{d\tau^2} \tag{5.3}$$

La aplicación del método numérico será mediante la simulación del sistema empleando MATLAB, ya que no existe algún método para resolver las ecuaciones diferenciales no lineales del sistema. La ventaja de usar este software, es que es muy potente que nos permite emplear herramientas para facilitarnos los cálculos y así poder ahorrarnos tiempo al momento de simular.

También, nos proporciona una facilidad para poder cambiar las variables del sistema para así poder obtener resultados con diferentes condiciones de trabajo a los que estará sometido el sistema para así obtener un resultado óptimo.

5.1 Parámetros de la simulación

Los parámetros que se utilizaron en la simulación fueron los siguientes:
La masa de las esferas es la siguiente: m=0.15 [kg], 0.23 [kg] y 0.30 [kg] para todos los casos; el radio R=0.15 [m] para todos los casos; c_i=c_j=cal=0.05 [kg/s] se usara para el disco que se encuentra a l/2 del eje del rotor, el 0.062 [kg/s] y 0.072 [kg/s] se usara para el disco situado a l/3 del eje; mR=m*R; Me=0.05 [kgm] y 0.06 [kgm]; Md=0.0 [kgm^2]; om=100 [rad/s]; EI=1650 [Nm^2]; ϕd=20 [mm]; E=210 [GPa].

5.2 Representación esquemática de los resultados de la simulación

Para poder obtener los resultados de las diferentes pruebas efectuadas al rotor será necesario hacer uso de métodos numéricos mediante MATLAB. Se usara el método de Runge-Kutt y la biblioteca del MATLAB la **ode 2.3** y la **ode 4.4.**

Se analizaran cuatro tipos de casos, estos con diez variantes:

1. El rotor ubicado a la mitad del eje con Me=0.05 kgm, m=0.15 kg, 0.23 kg y 0.30 kg; y Cal=0.05, y caso se le ira variando la distancia de manera equivalente en los tambores con los elementos libres, empezando lo más cerca del rotor hasta llegar a los soportes (rodamientos), la posición inicial de las esferas de 0° y -57.3°.

2. El rotor ubicado a la mitad del eje con Me=0.06 kgm, m=0.15 kg, 0.23 kg y 0.30 kg; y Cal=0.05, y caso se le ira variando la distancia de manera equivalente en los tambores con los elementos libres, empezando lo más cerca del rotor hasta llegar a los soportes (rodamientos) la posición inicial de las esferas de 0° y -57.3°.
   .
3. El rotor ubicado a l/3 del eje con Me=0.05 kgm, m=0.15 kg, 0.23 kg y 0.30 kg; y Cal=0.065, y caso se le ira variando la distancia de manera equivalente en ambos lados de los tambores con los elementos libres, empezando lo más cerca del rotor hasta llegar a los soportes (rodamientos) la posición inicial de las esferas de 57.3° y -57.3°.

4. El rotor ubicado a l/3 del eje con Me=0.06 kgm, m=0.15 kg, 0.23 kg y 0.30 kg; y Cal=0.072, y caso se le ira variando la distancia de manera equivalente en ambos lados de los tambores con los elementos libres, empezando lo más cerca del rotor hasta llegar a los soportes (rodamientos) la posición inicial de las esferas de 57.3° y -57.3°.

En esta simulación se está despreciando el desbalance dinámico en el rotor.

Se tuvo que cambiar el tiempo t al tiempo τ. Vease la ecuación 5.1.

Para calcular el desbalanceo residual se empleo la siguiente formula

$$\Delta|Me| = Me + mR[\cos\alpha_{1f} + \cos\alpha_{2f} + \cos\alpha_{3f} + \cos\alpha_{4f}] \quad (5.4)$$

Donde α_{1f}, α_{2f}, α_{3f} y α_{4f} son las posiciones finales que adoptan respectivamente las esferas 1,2,3 y 4.

5.3 Resultados de la simulación

En la simulación se analizaron los 4 casos con sus diferentes variantes en el posicionamiento de los tambores. Para validar el sistema simulado y para obtener que condición en cada caso sea la que disminuyo a mayor escala el desbalance estático.

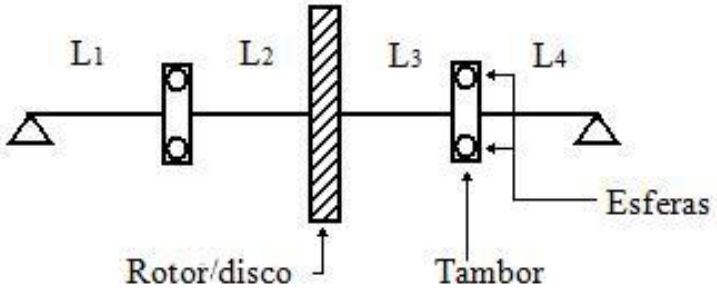

Fig. 5.1 Muestra los componentes del rotor.

5.3.1 Disco ubicado a distancia media del eje

CASO 1

Me=0.05 kgmm=0.15 kg

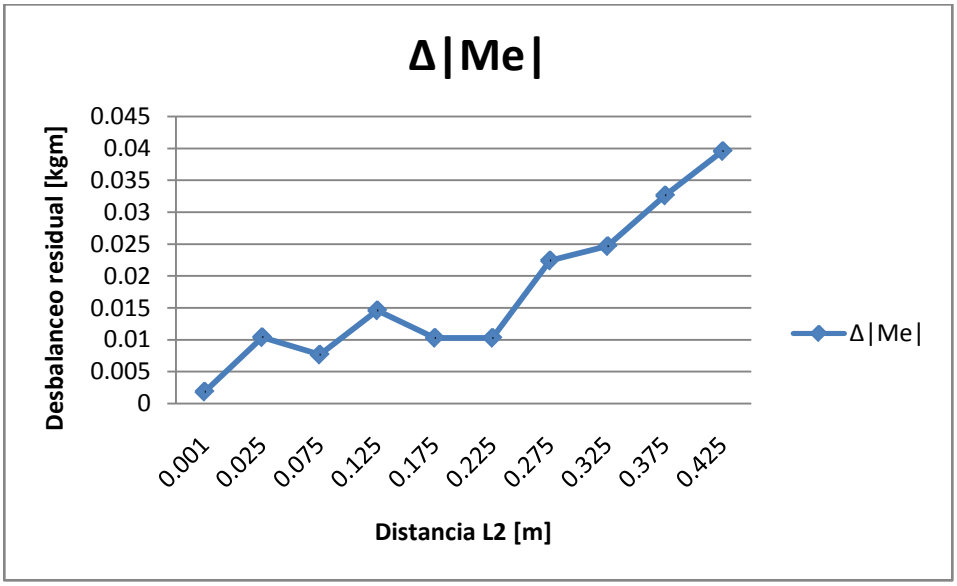

Figura 5.2 Muestra la grafica del desbalanceo estático residual.

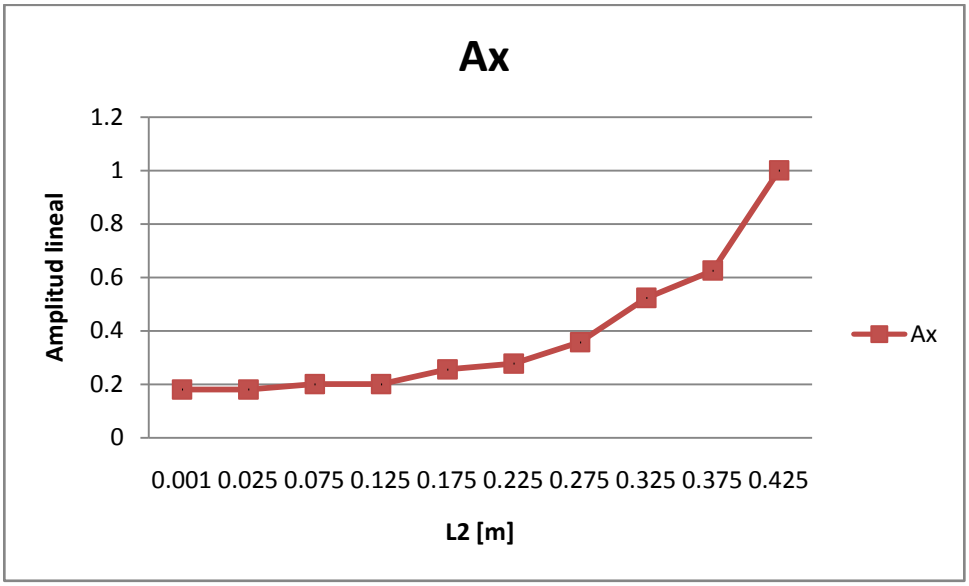

Figura 5.3 Muestra la grafica de amplitudes lineales residuales.

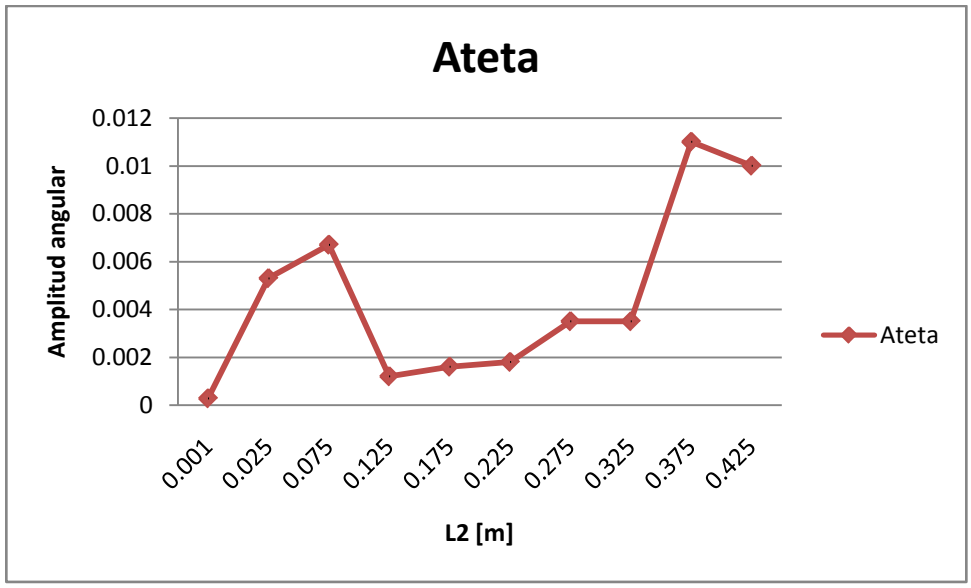

Figura 5.4 Muestra la grafica de las amplitudes angulares residuales del rotor.

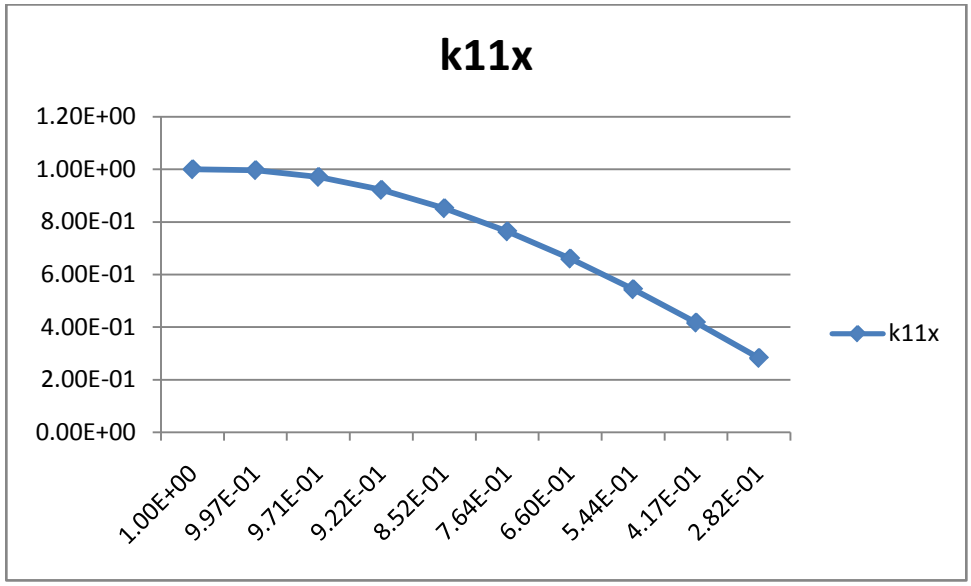

Figura 5.5 Coeficiente de transferencia de fuerza del tambor al plano del disco.

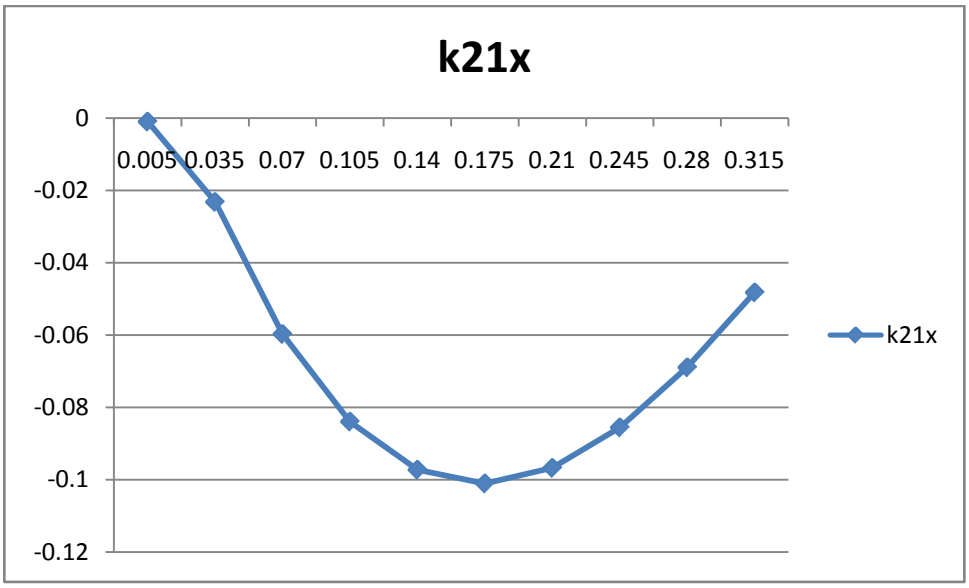

Figura 5.6 Coeficiente de influencia del tambor sobre el ángulo del disco.

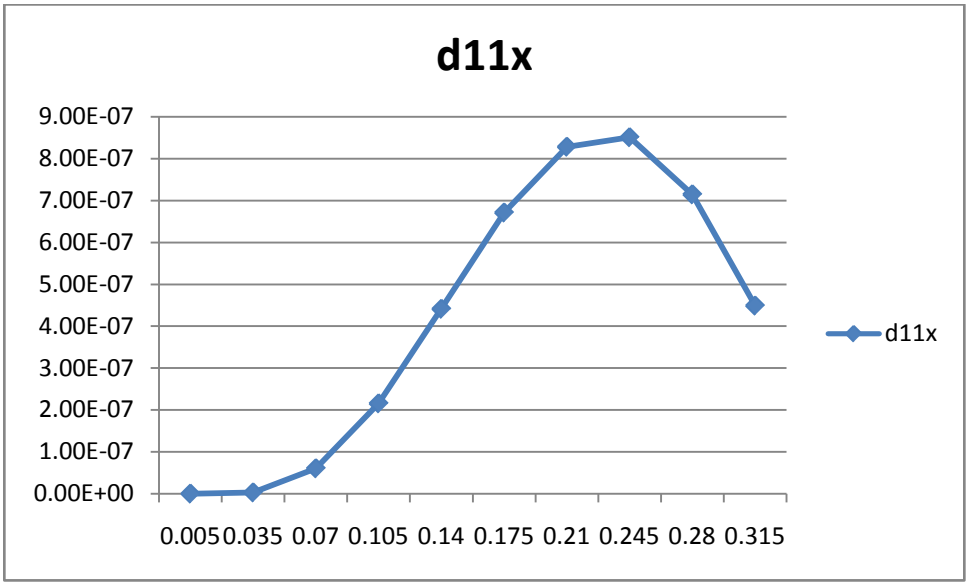

Figura 5.7 Coeficiente del rotor, desplazamiento y fuerza, que influyen en el desplazamiento del tambor.

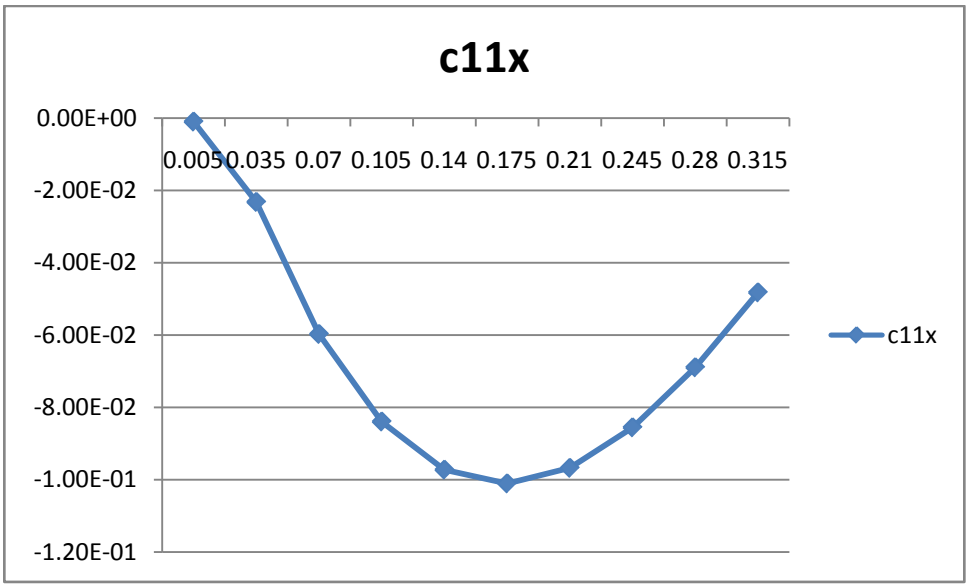

Figura 5.8 Coeficiente de influencia de rotación del disco con respecto el desplazamiento del tambor.

L2=0.425 m

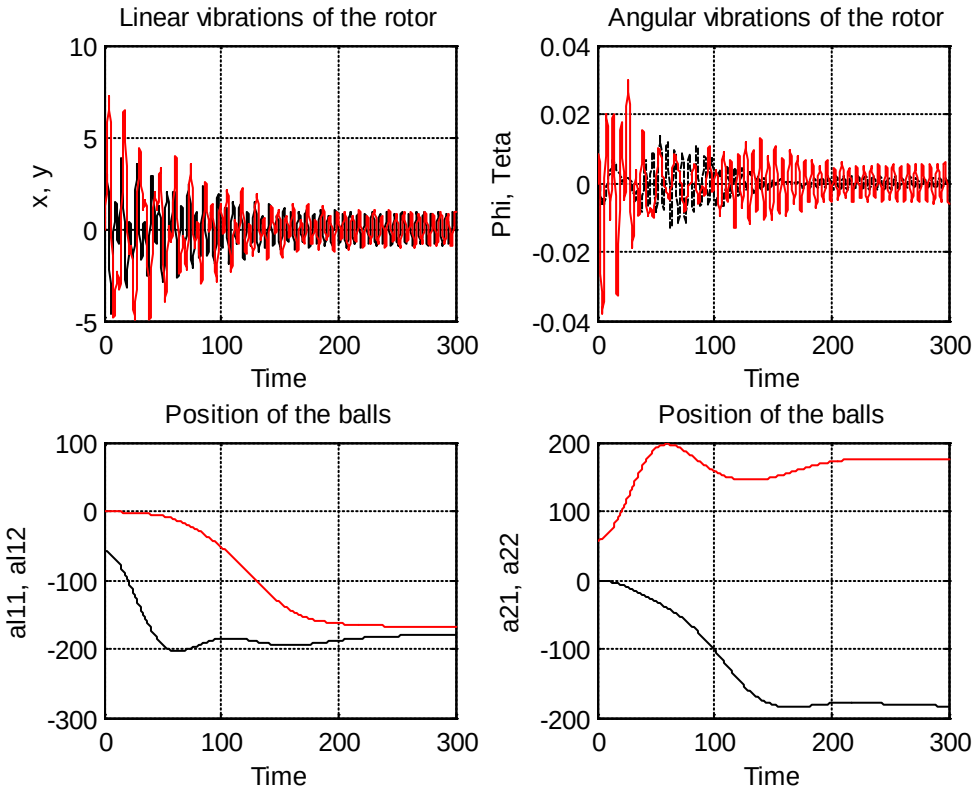

Figura 5.9 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

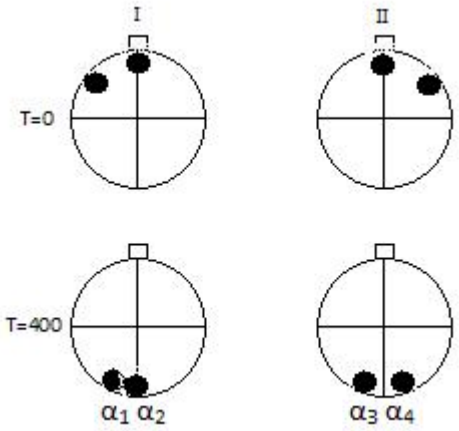

Figura 5.10 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-53.84° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-170° α_2=-175° α_3=-180° α_4=180°

L2=0.375 m

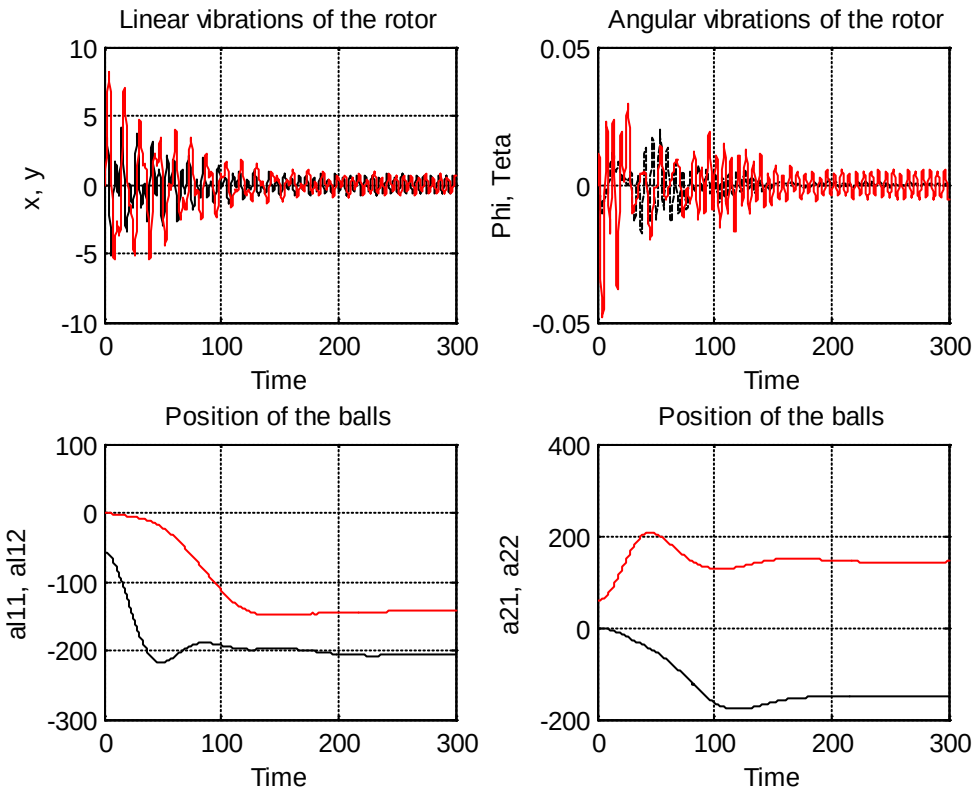

Figura 5.11 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

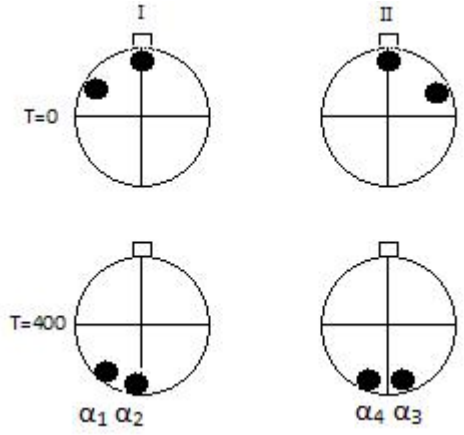

Figura 5.12 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-140° α_2=-205° α_3=-180° α_4=180°

L2=0.325 m

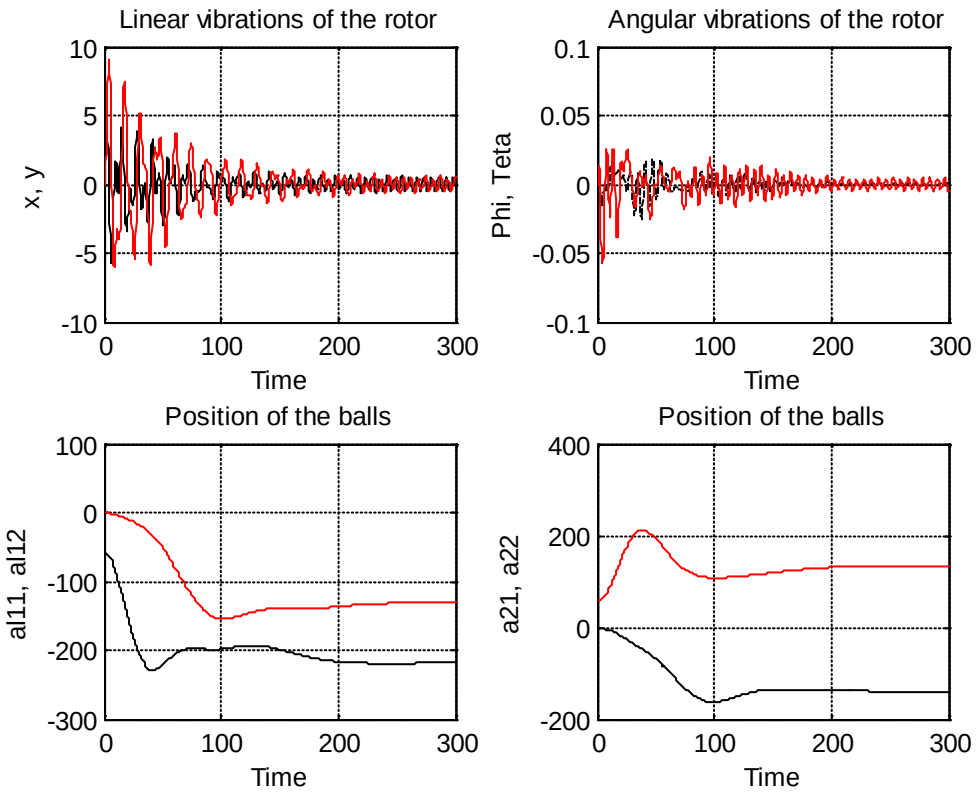

Figura 5.13 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

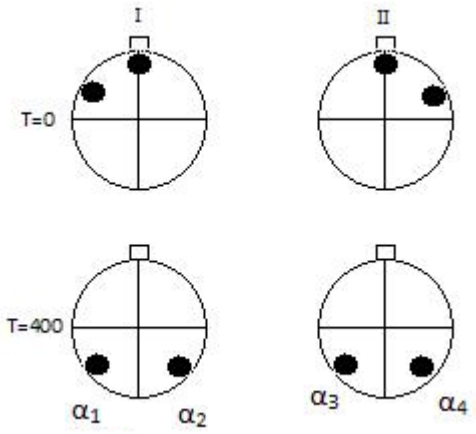

Figura 5.14 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.81°

T=400

α_1=-125° α_2=-210° α_3=-160° α_4=160°

L2=0.275 m

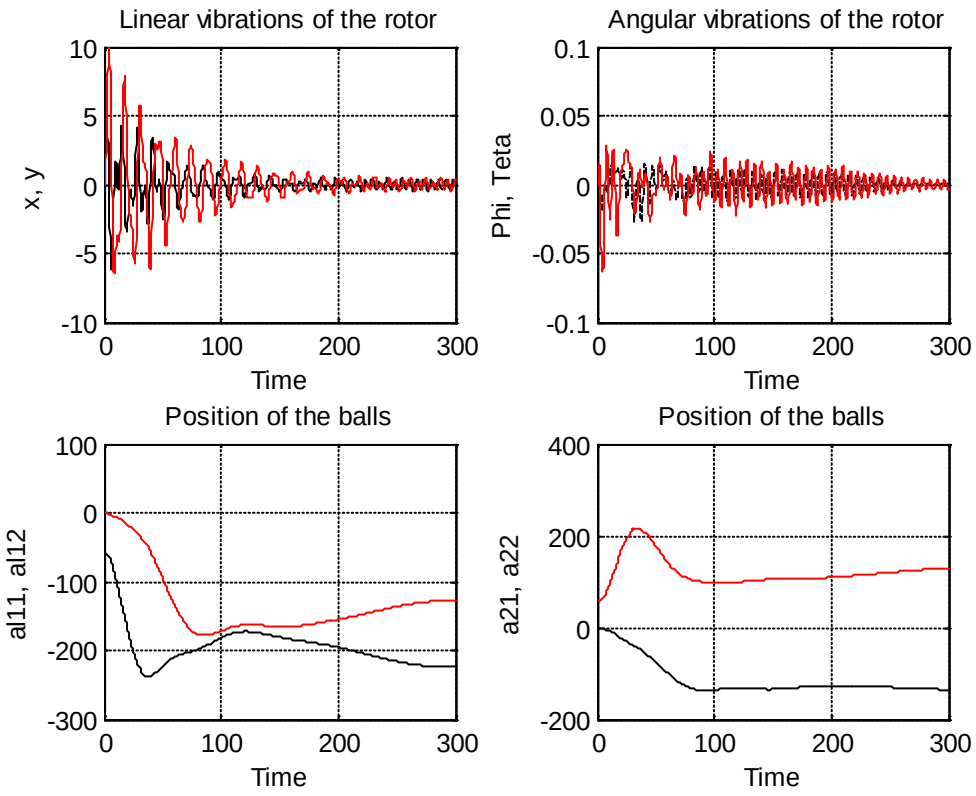

Figura 5.15 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

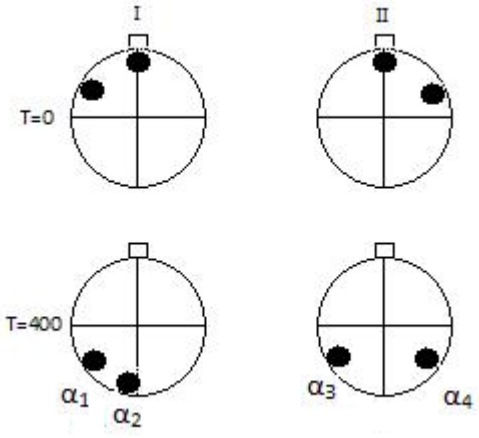

Figura 5.16 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.25°

T=400

α_1=-125° α_2=-220° α_3=-160° α_4=160°

L2=0.225 m

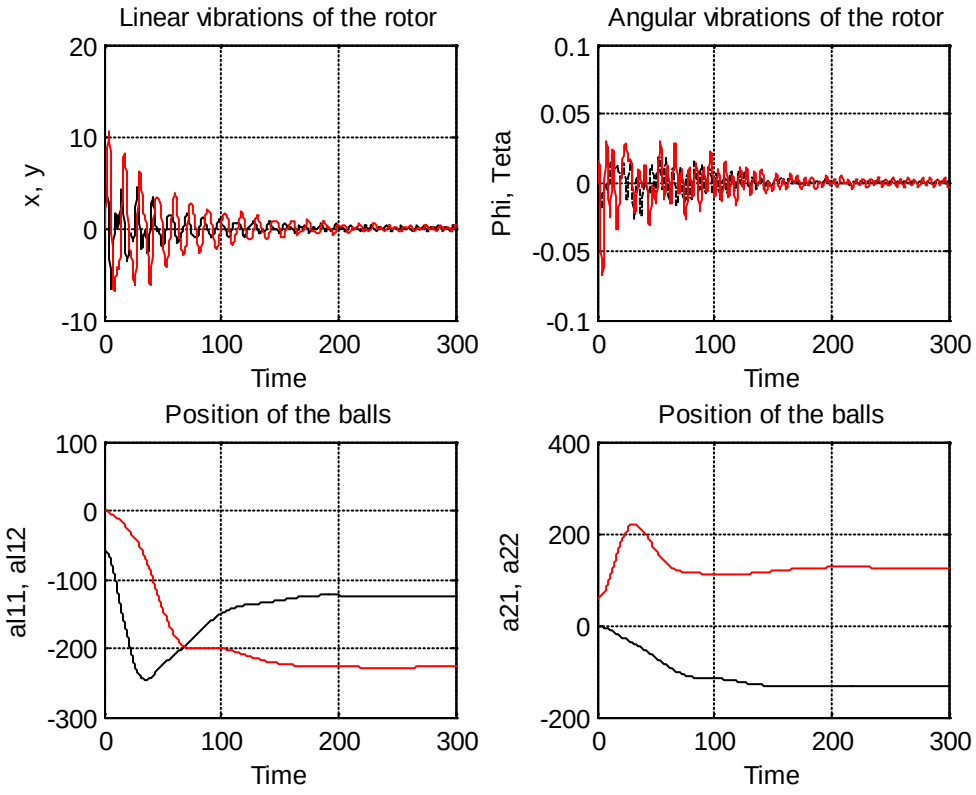

Figura 5.17 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

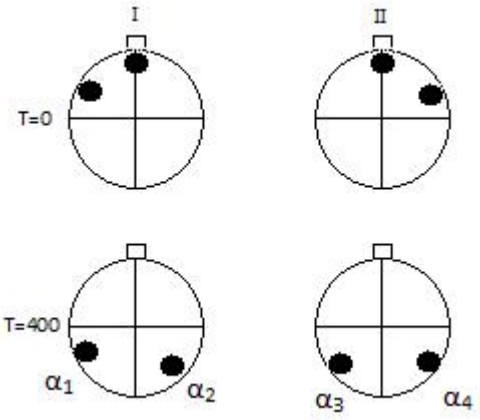

Figura 5.18 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.47°

T=400

α_1=-120° α_2=-225° α_3=-135° α_4=135°

L2=0.175 m

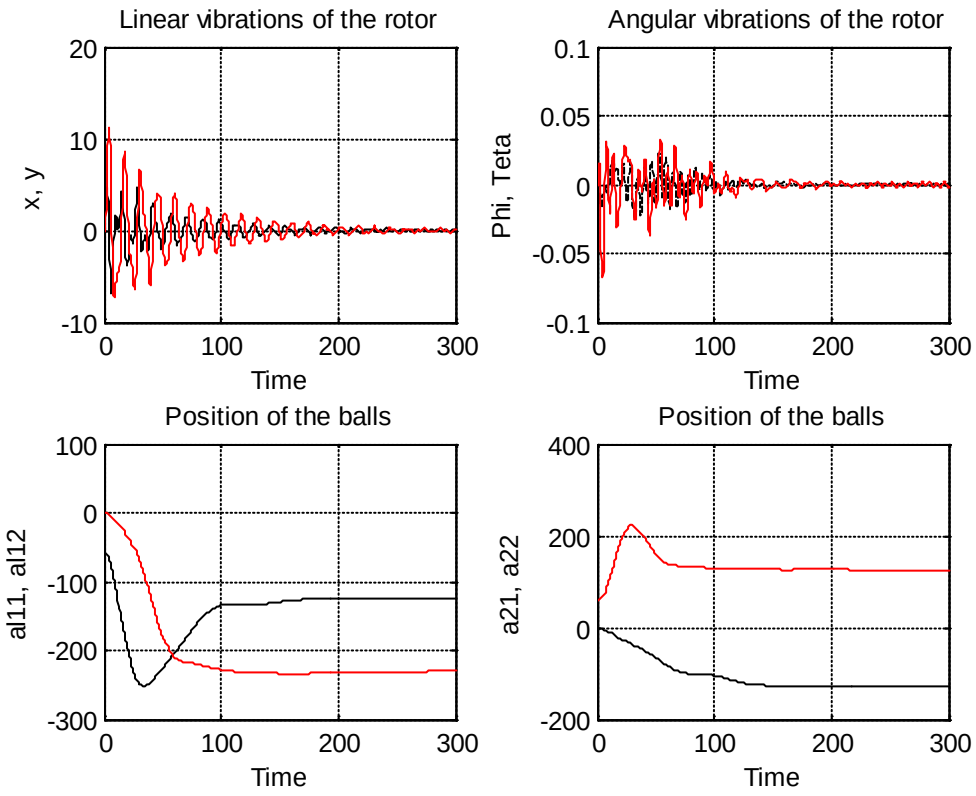

Figura 5.19 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

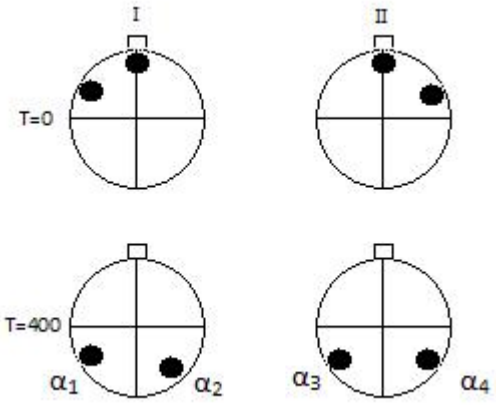

Figura 5.20 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.47°

T=400

α_1=-120° α_2=-220° α_3=-135° α_4=135°

L2=0.125 m

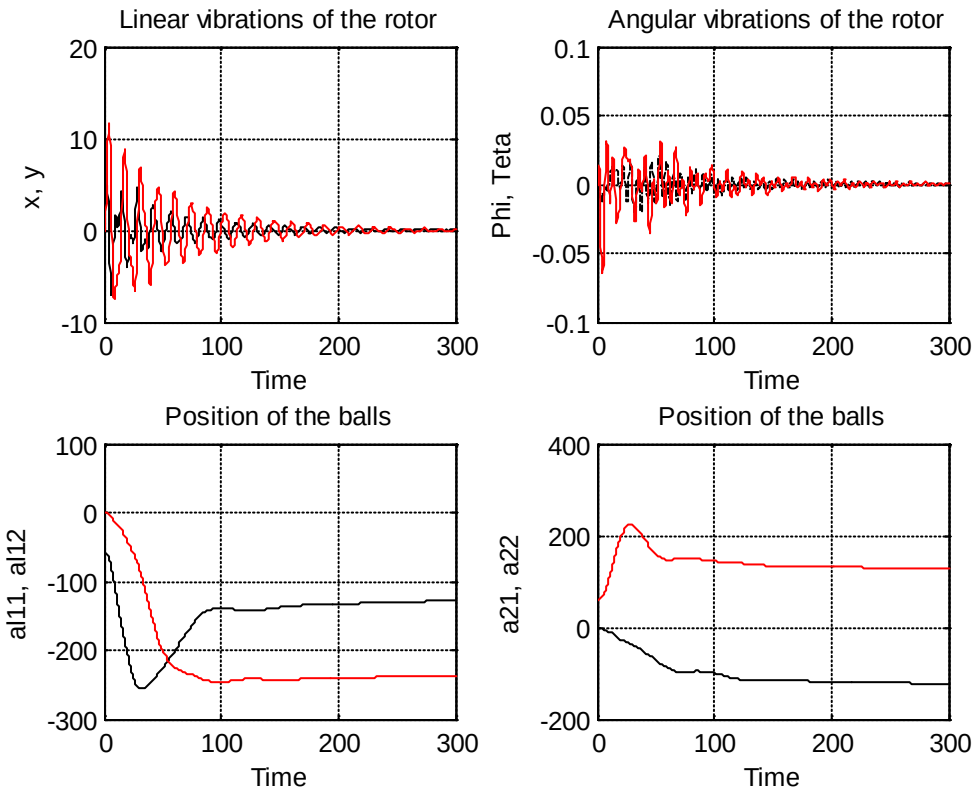

Figura 5.21 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

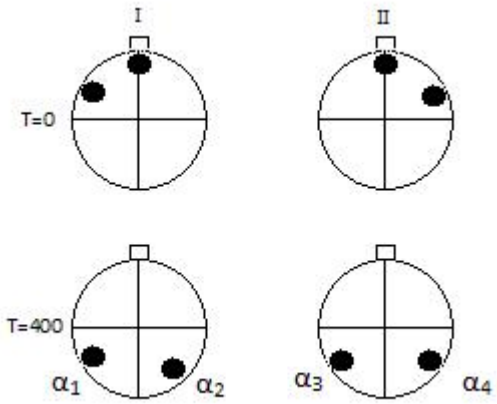

Figura 5.22 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=61.53° α_3=0° α_4=54.11°

T=400

α_1=-125° α_2=-220° α_3=-140° α_4=140°

L2=0.075 m

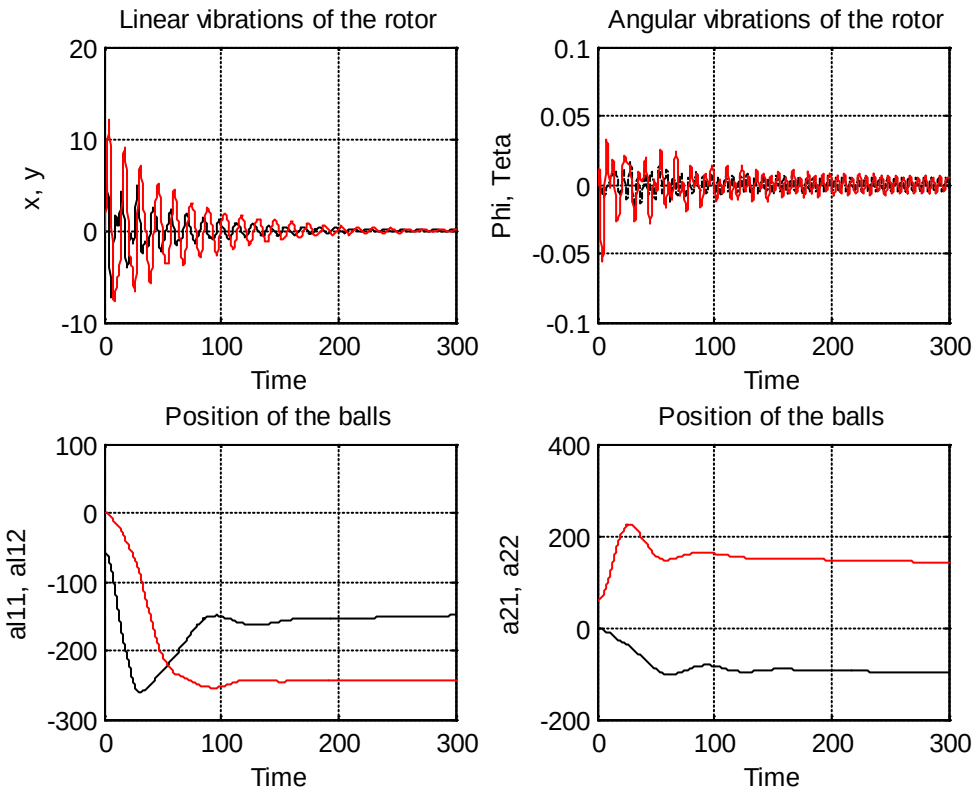

Figura 5.23 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

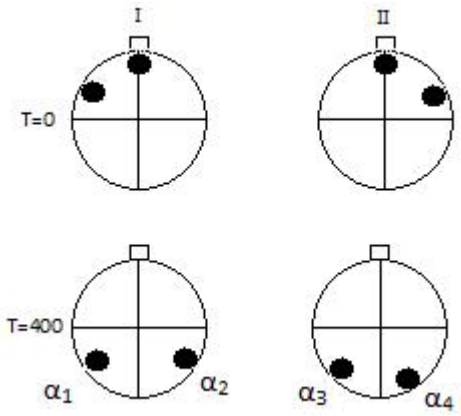

Figura 5.24 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-150° α_2=-250° α_3=140° α_4=-100°

L2=0.025 m

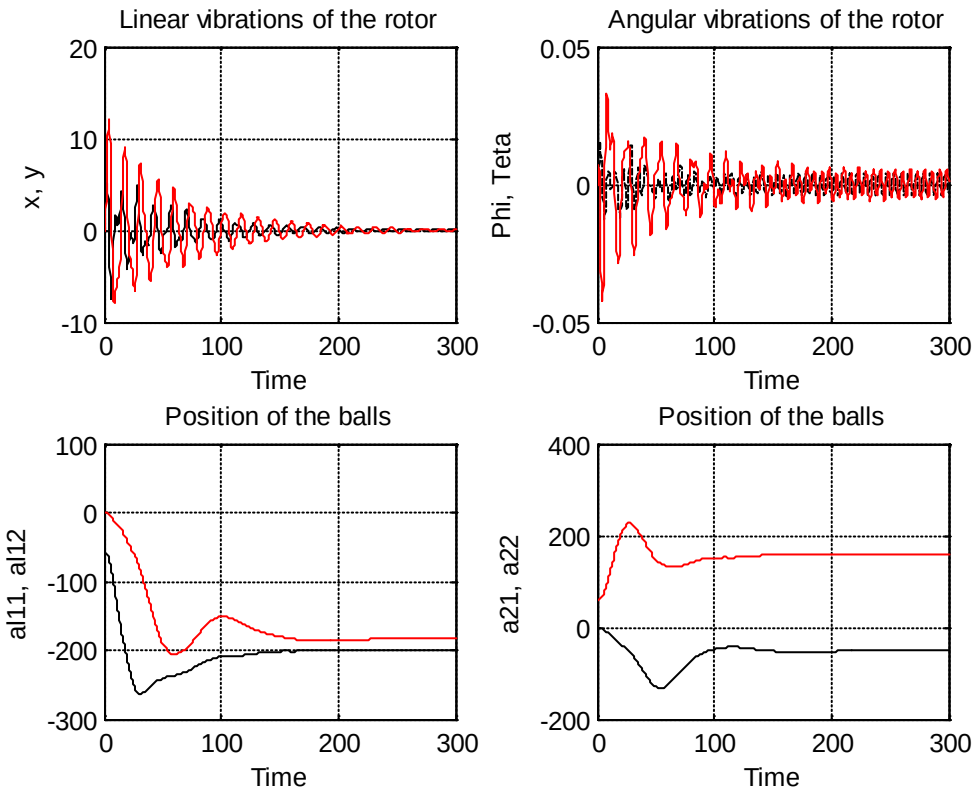

Figura 5.25 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

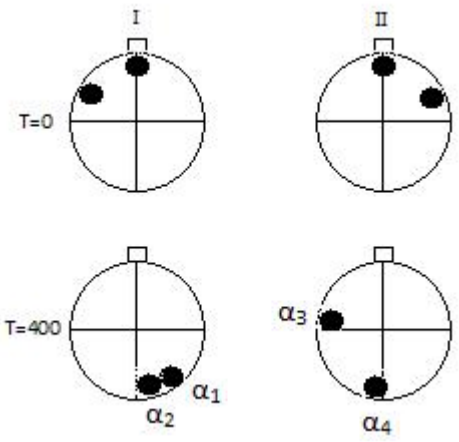

Figura 5.26 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.28°

T=400

α_1=-180° α_2=-200° α_3=-90° α_4=170°

L2=0.001 m

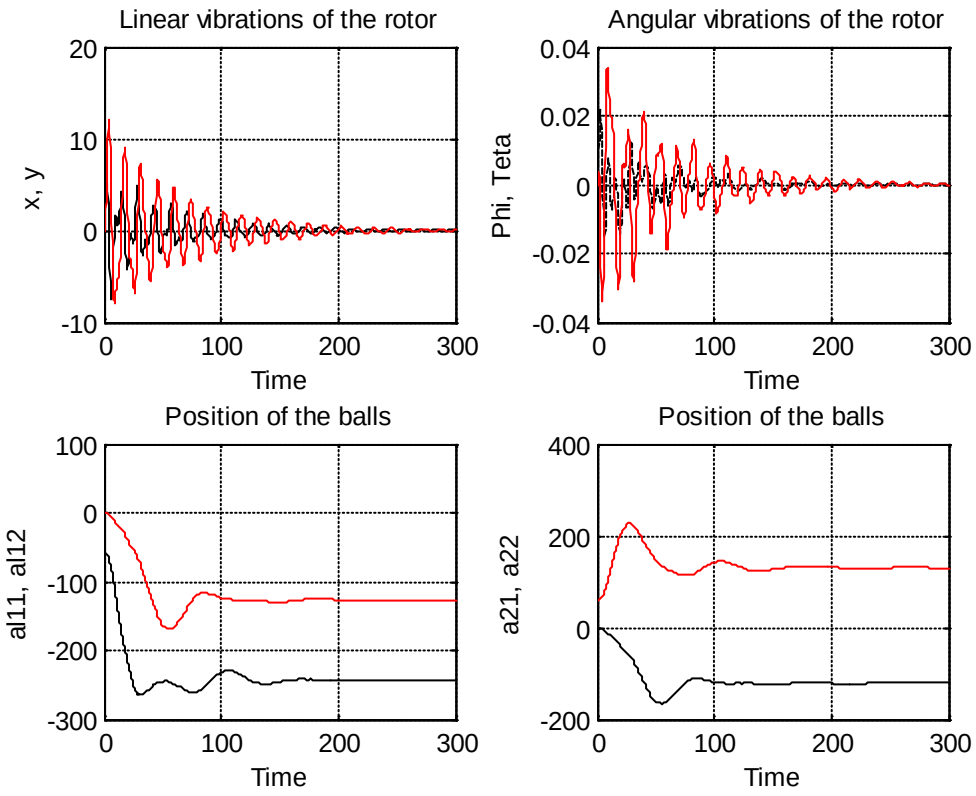

Figura 5.27 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

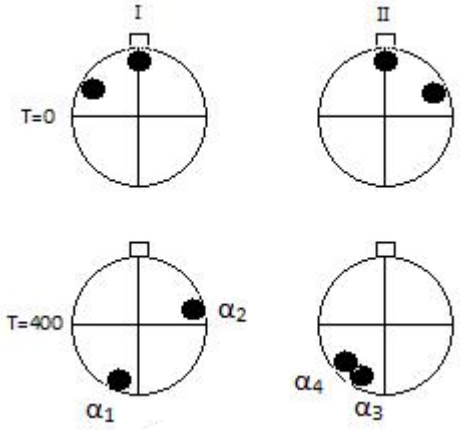

Figura 5.28 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=61.52° α_3=0° α_4=58.28°

T=400

α_1=-125° α_2=-245° α_3=-120° α_4=130°

CASO 2

Me=0.05 kgmm=0.23 kg

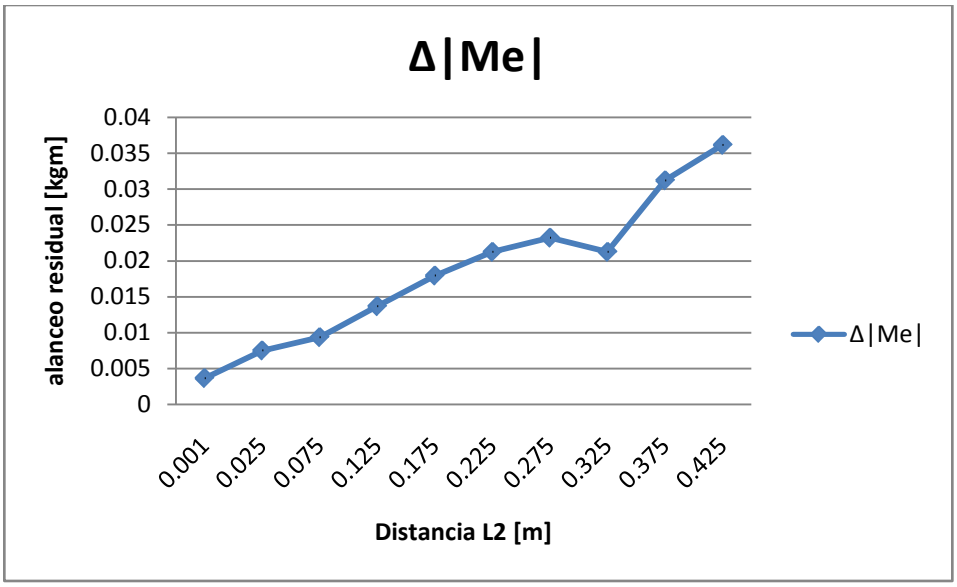

Figura 5.29 Muestra la grafica del desbalanceo estático residual.

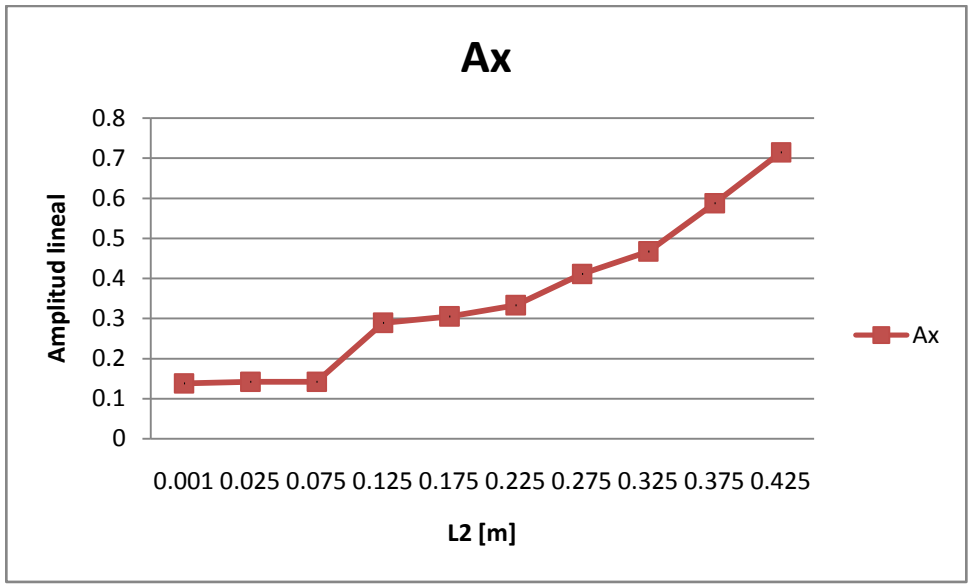

Figura 5.30 Muestra la grafica de amplitudes lineales residuales.

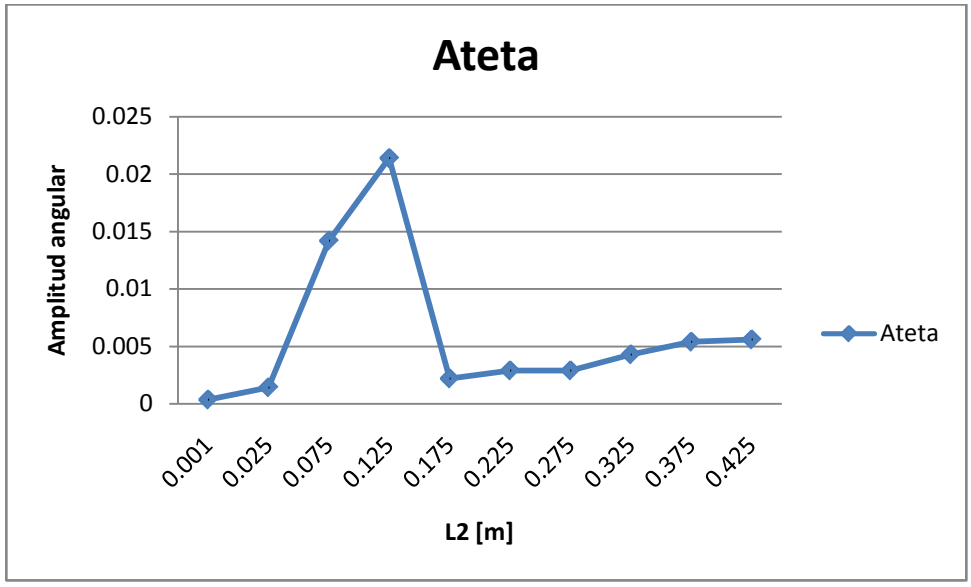

Figura 5.31 Muestra la grafica de las amplitudes angulares residuales del rotor.

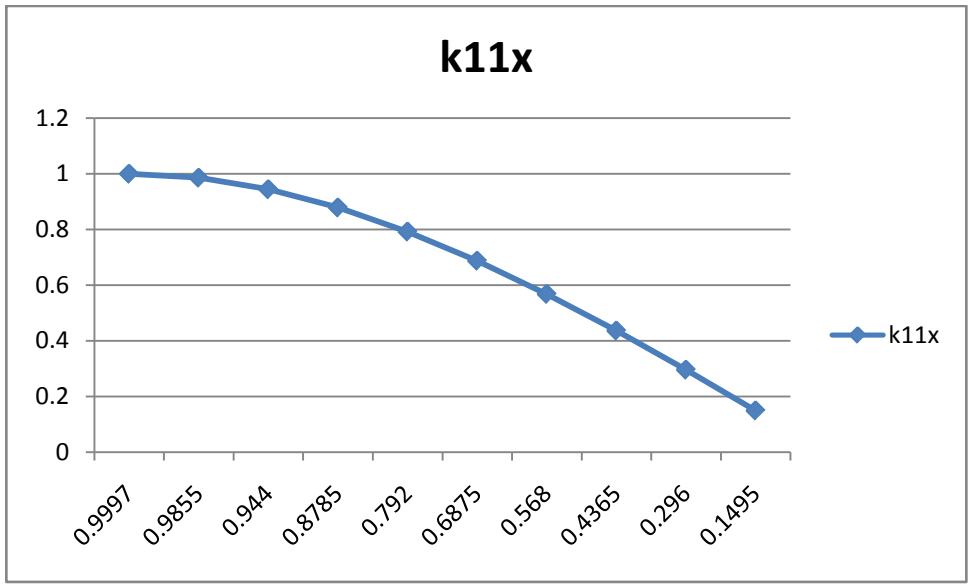

Figura 5.32 Coeficiente de transferencia de fuerza del tambor al plano del disco.

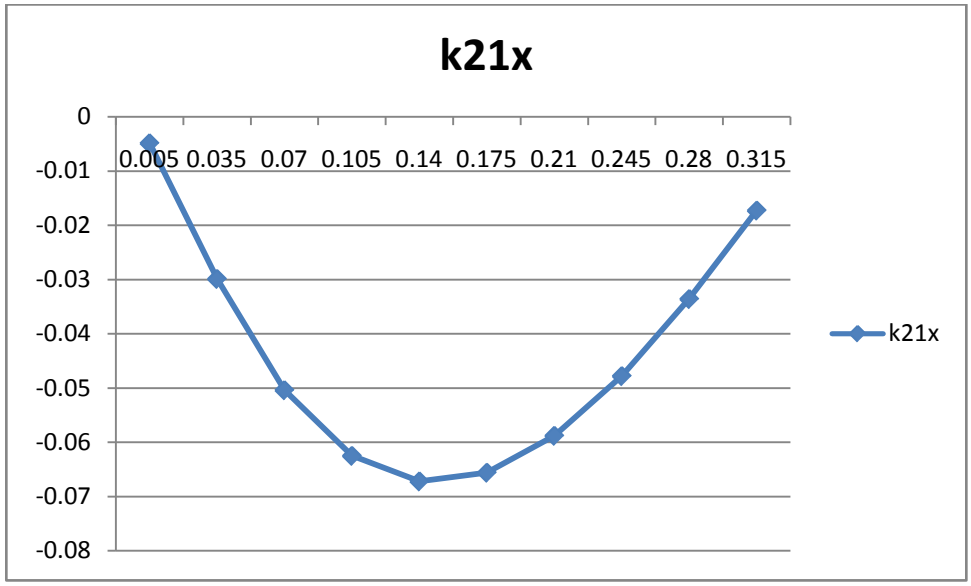

Figura 5.33 Coeficiente de influencia del tambor sobre el ángulo del disco.

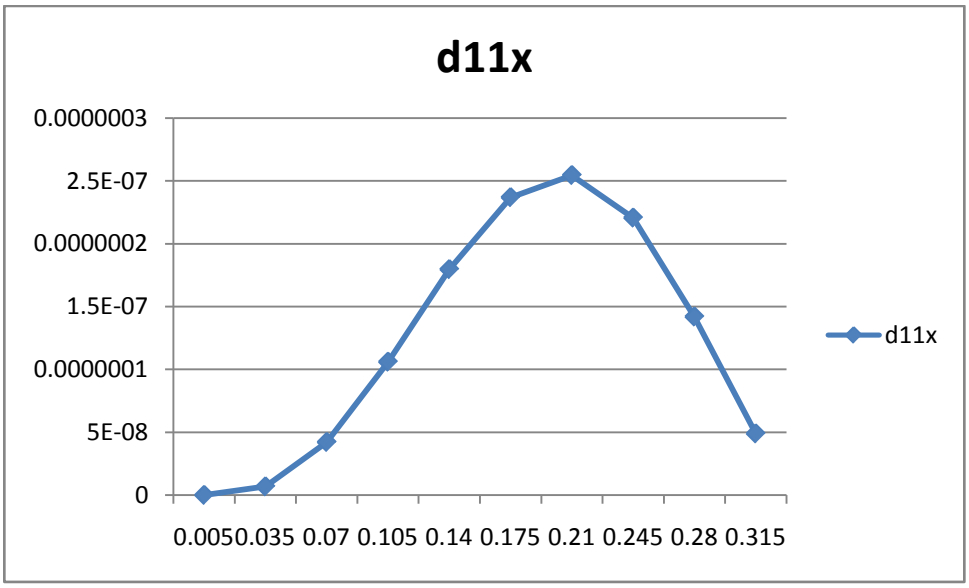

Figura 5.34 Coeficiente del rotor, desplazamiento y fuerza, que influyen en el desplazamiento del tambor.

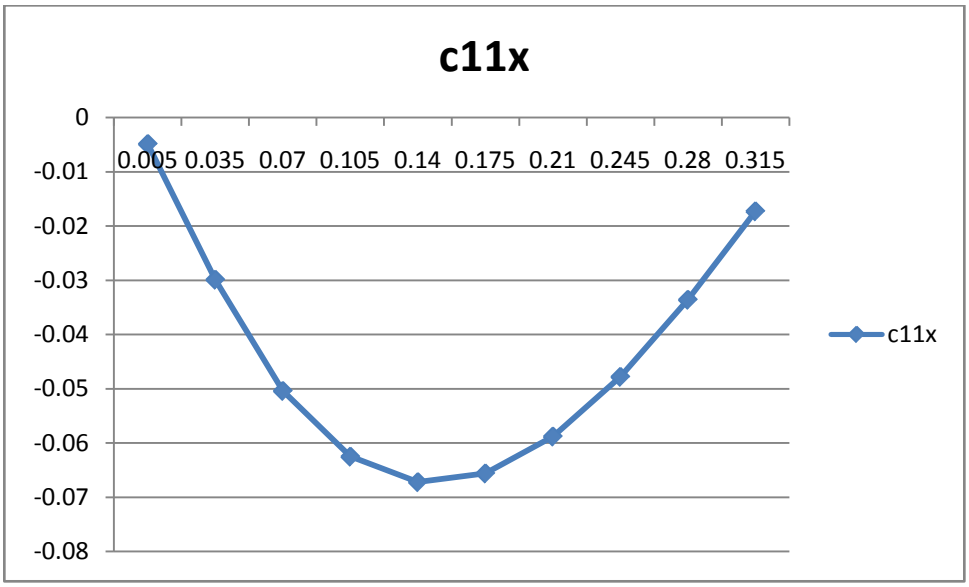

Figura 5.35 Coeficiente de influencia de rotación del disco con respecto el desplazamiento del tambor.

L2=0.425 m

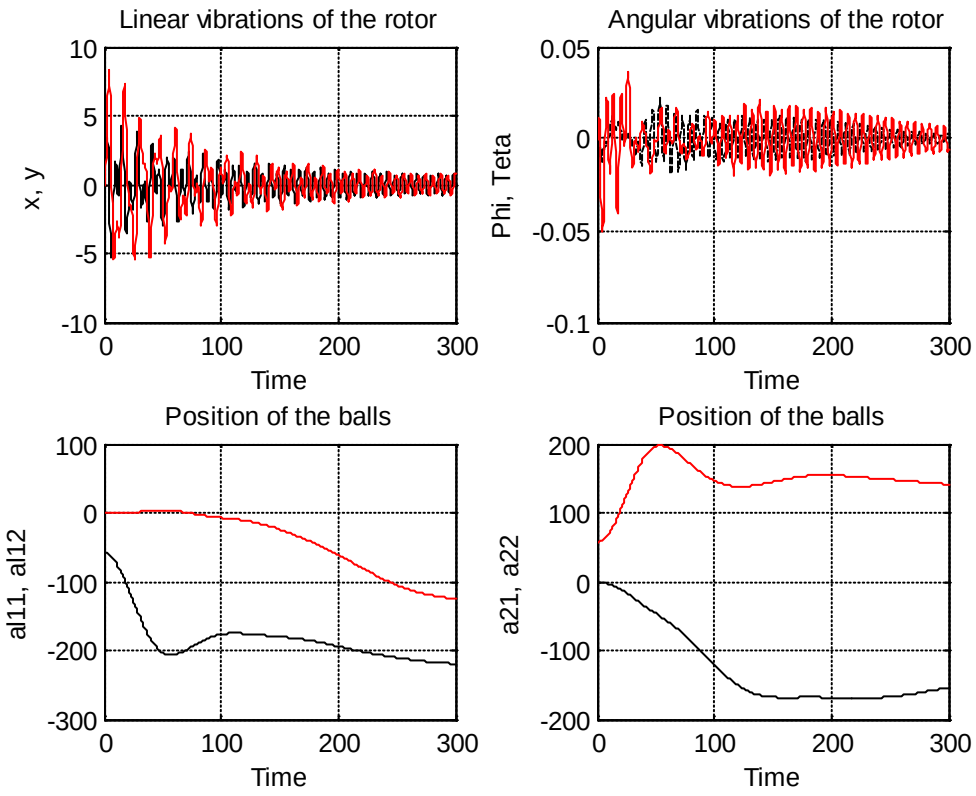

Figura 5.36 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

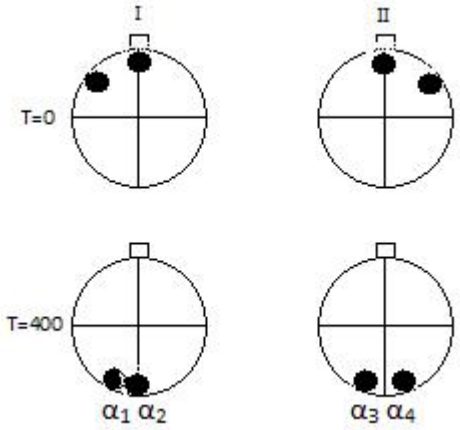

Figura 5.37 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-53.84° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-125° α_2=-220° α_3=-150° α_4=150°

L2=0.375 m

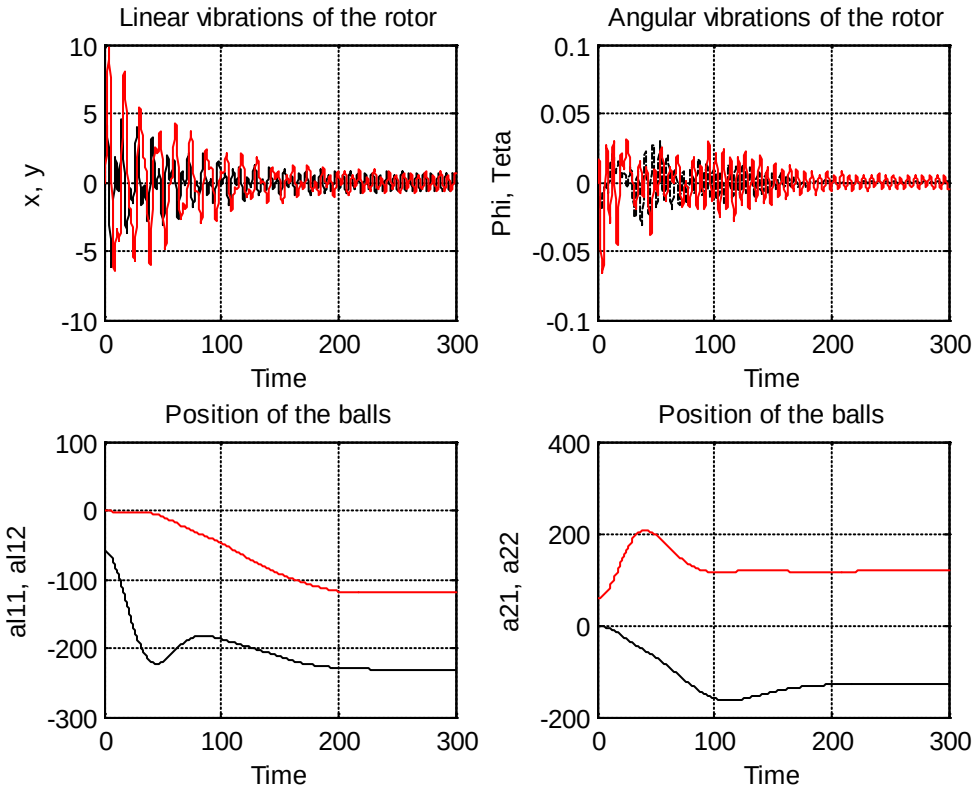

Figura 5.38 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

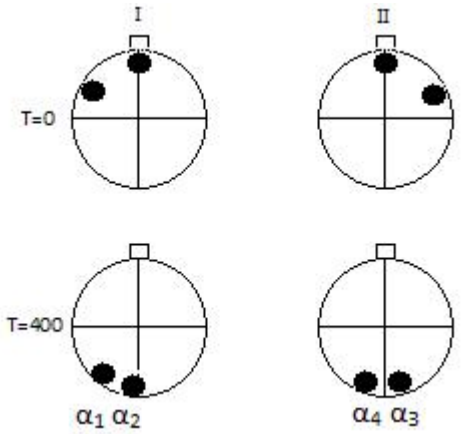

Figura 5.39 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-120° α_2=-225° α_3=-125° α_4=125°

L2=0.325 m

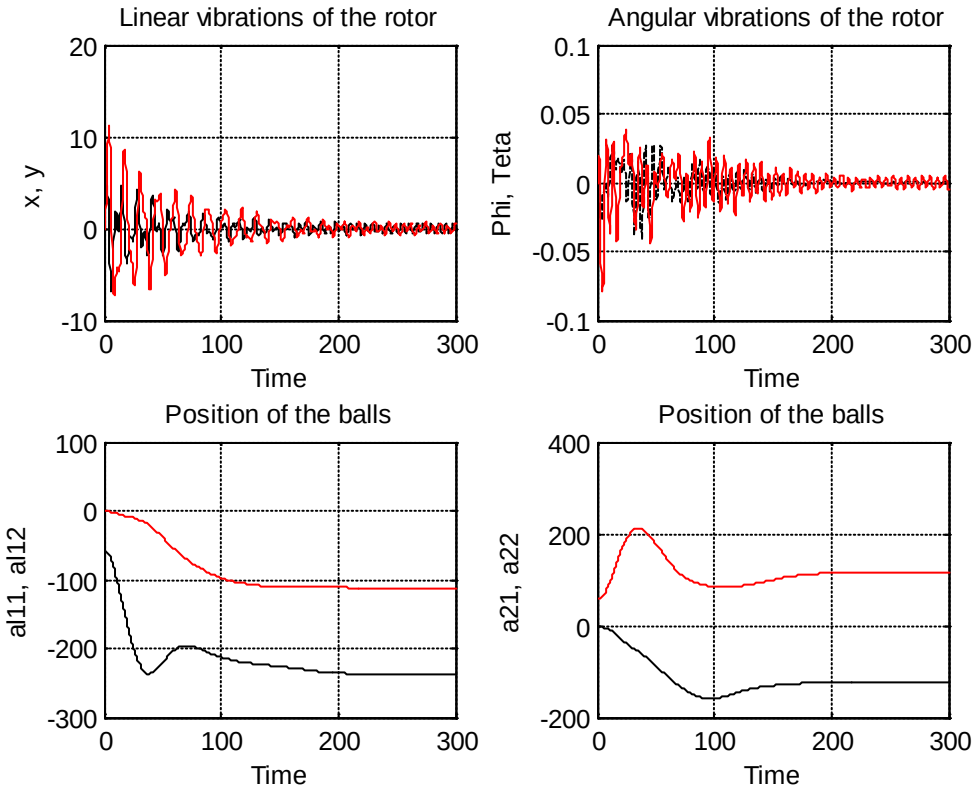

Figura 5.40 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

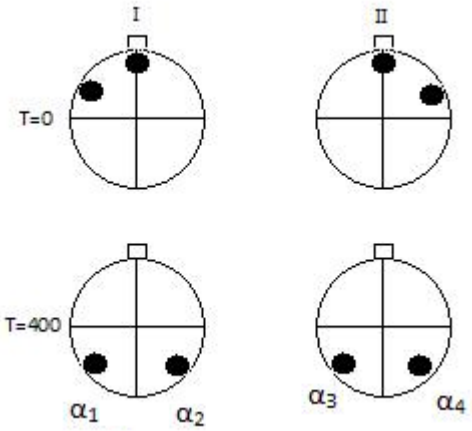

Figura 5.41 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.81°

T=400

α_1=-110° α_2=-240° α_3=-120° α_4=120°

L2=0.275 m

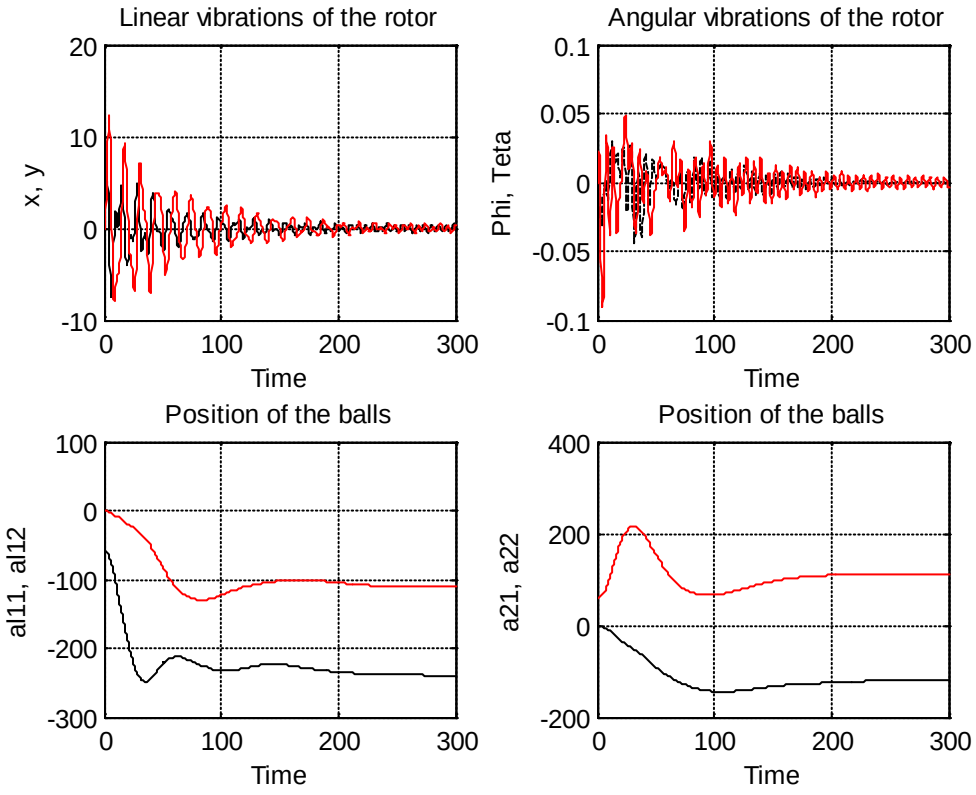

Figura 5.42 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

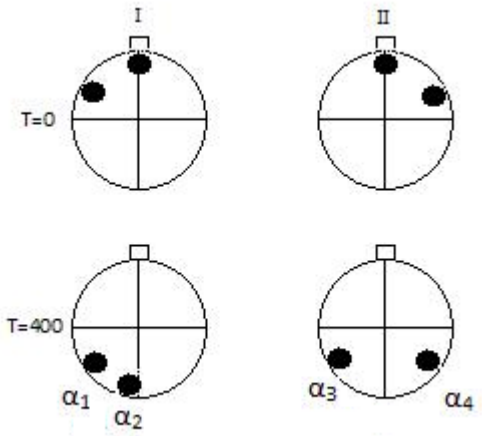

Figura 5.43 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.25°

T=400

α_1=-105° α_2=-240° α_3=-110° α_4=110°

L2=0.225 m

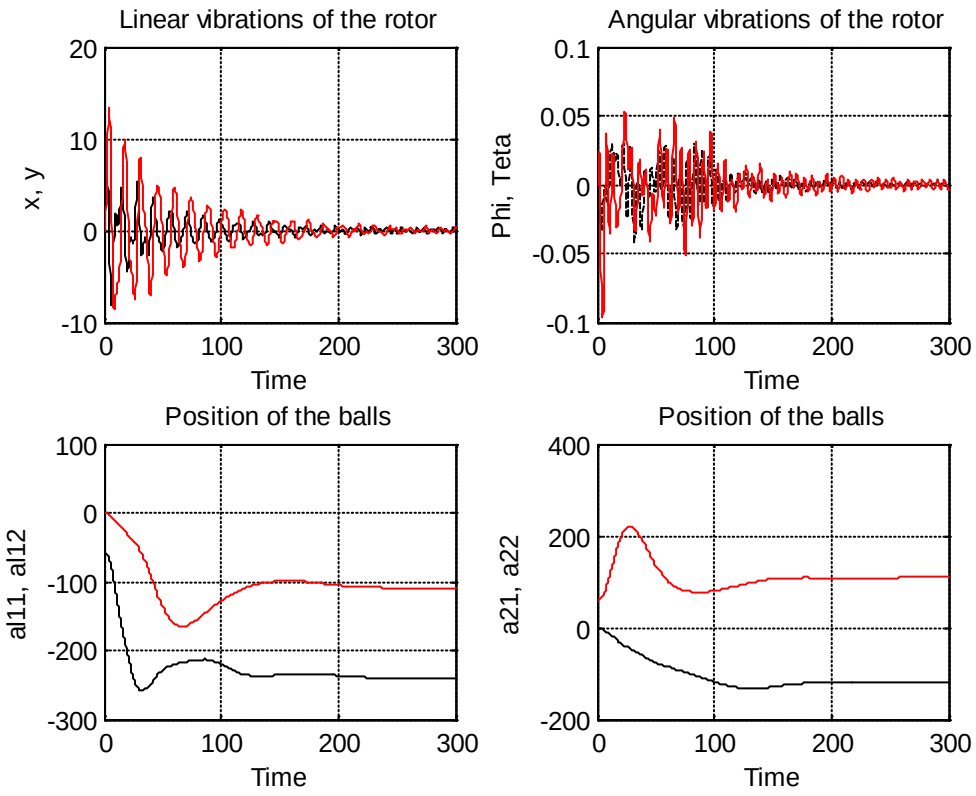

Figura 5.44 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

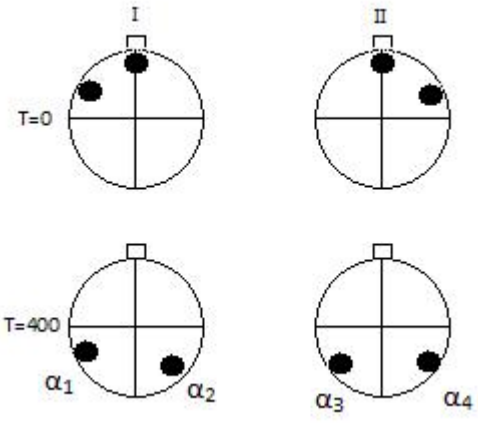

Figura 5.45 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.47°

T=400

α_1=-105° α_2=-240° α_3=-110° α_4=110°

L2=0.175 m

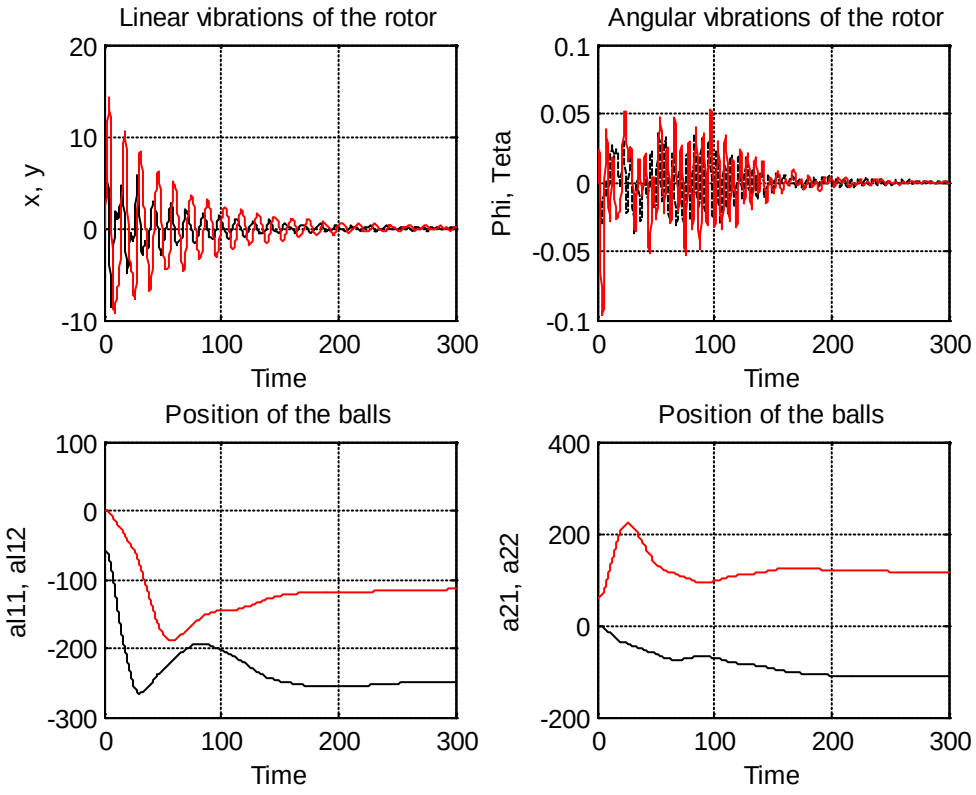

Figura 5.46 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

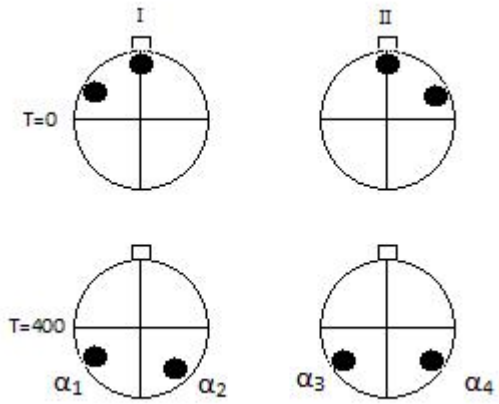

Figura 5.47 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.47°

T=400

α_1=-110° α_2=-250° α_3=-130° α_4=130°

L2=0.125 m

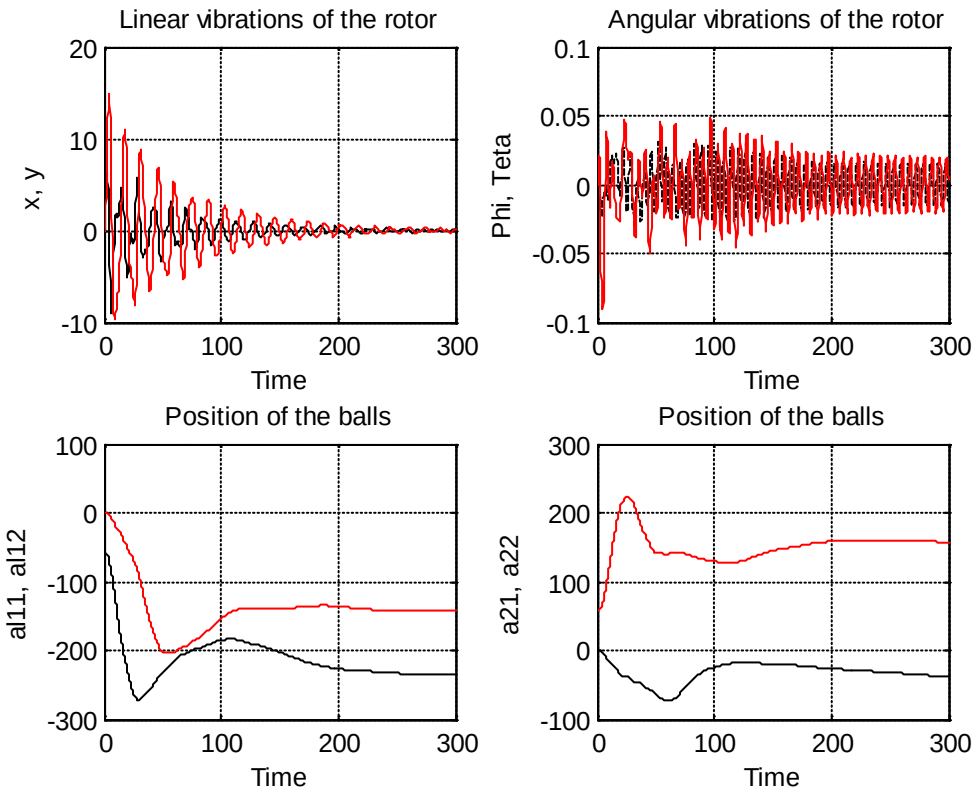

Figura 5.48 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

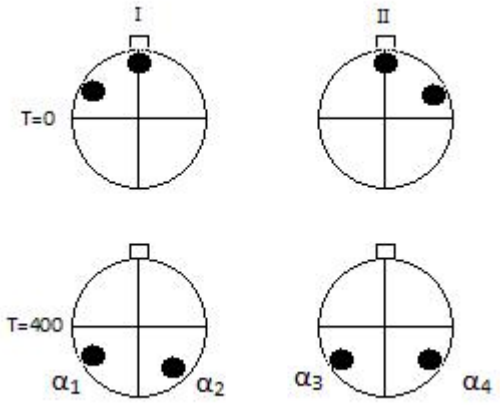

Figura 5.49 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=61.53° α_3=0° α_4=54.11°

T=400

α_1=-145° α_2=-245° α_3=-40° α_4=160°

L2=0.075 m

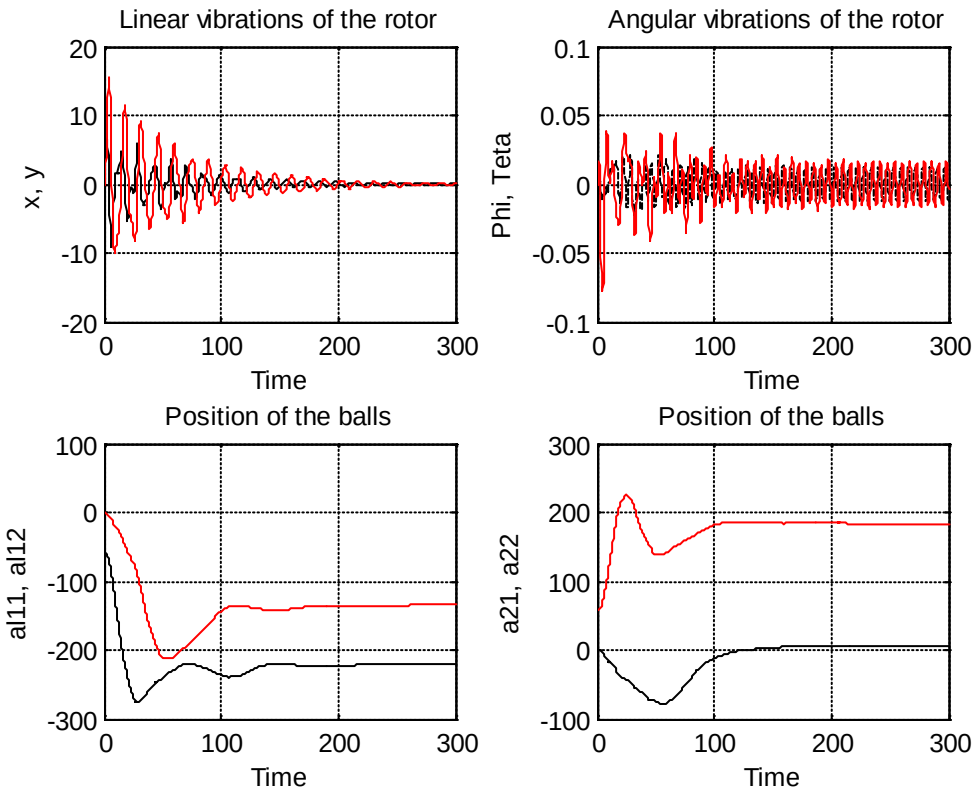

Figura 5.50 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

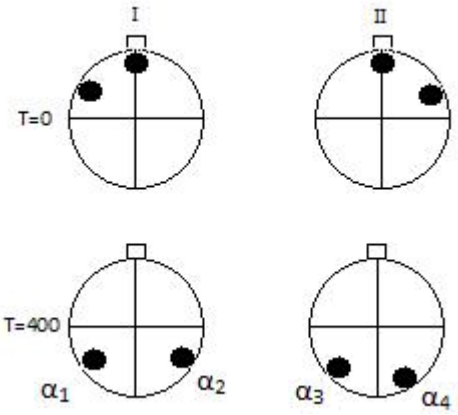

Figura 5.51 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-130° α_2=-220° α_3=10°α_4=180°

L2=0.025 m

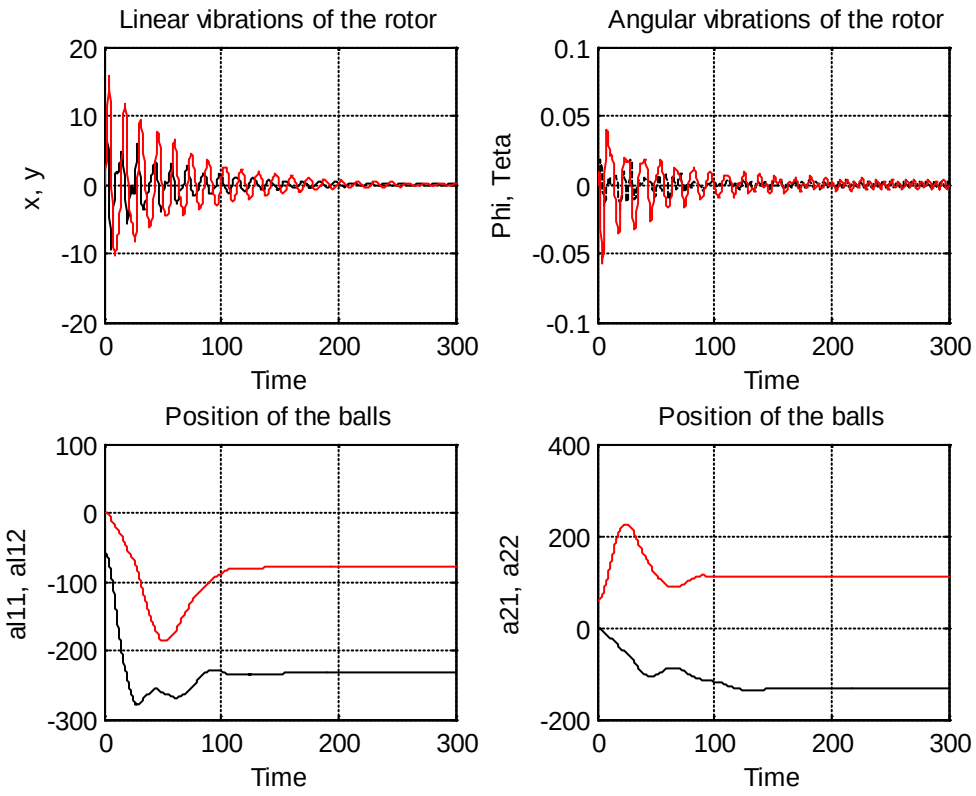

Figura 5.52 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

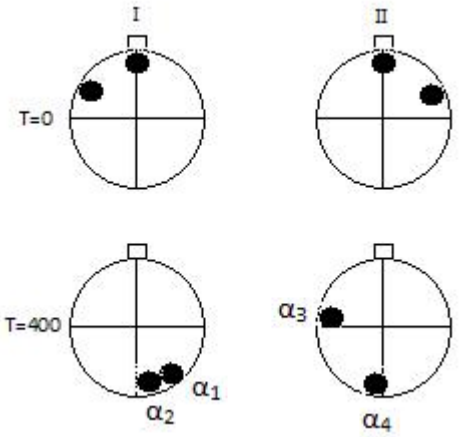

Figura 5.53 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.28°

T=400

α_1=-80° α_2=-240° α_3=-120° α_4=120°

L2=0.001 m

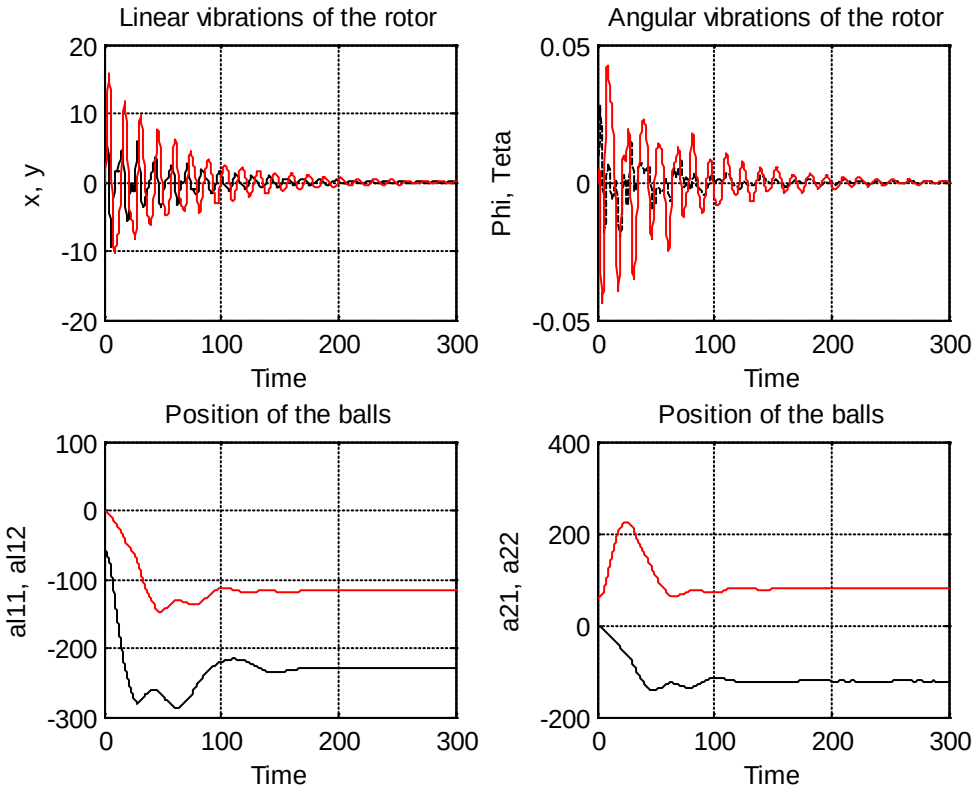

Figura 5.54 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

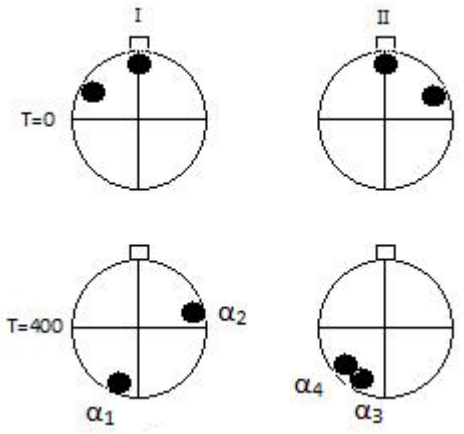

Figura 5.55 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=61.52° α_3=0° α_4=58.28°

T=400

α_1=-110° α_2=-220° α_3=-120° α_4=90°

CASO 3

Me=0.05 kgmm=0.23 kg

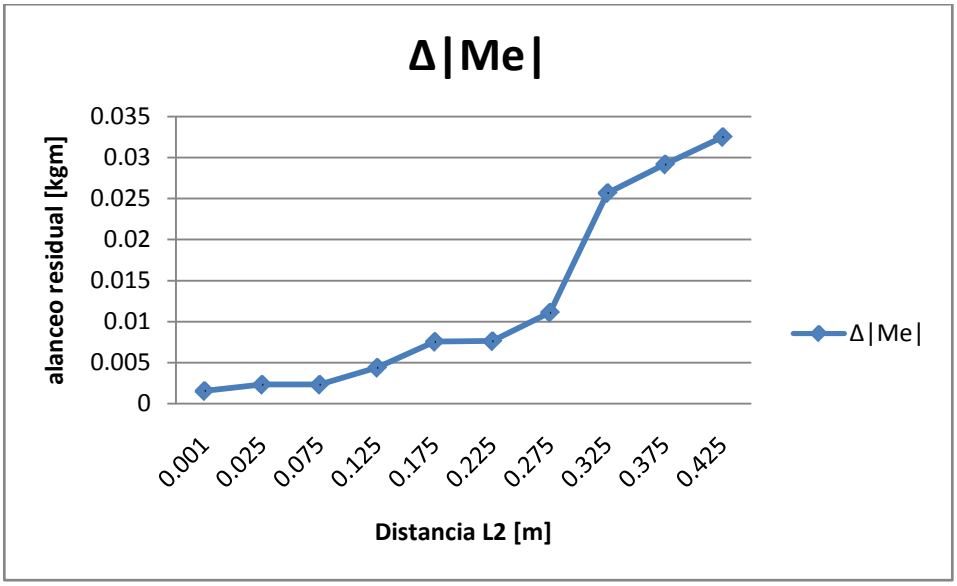

Figura 5.56 Muestra la grafica del desbalanceo estático residual.

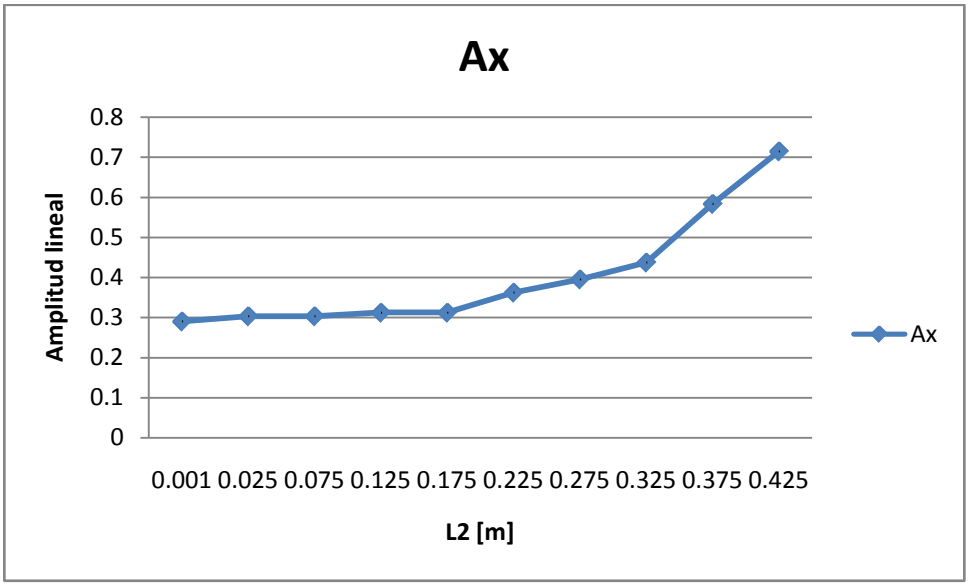

Figura 5.57 Muestra la grafica de amplitudes lineales residuales.

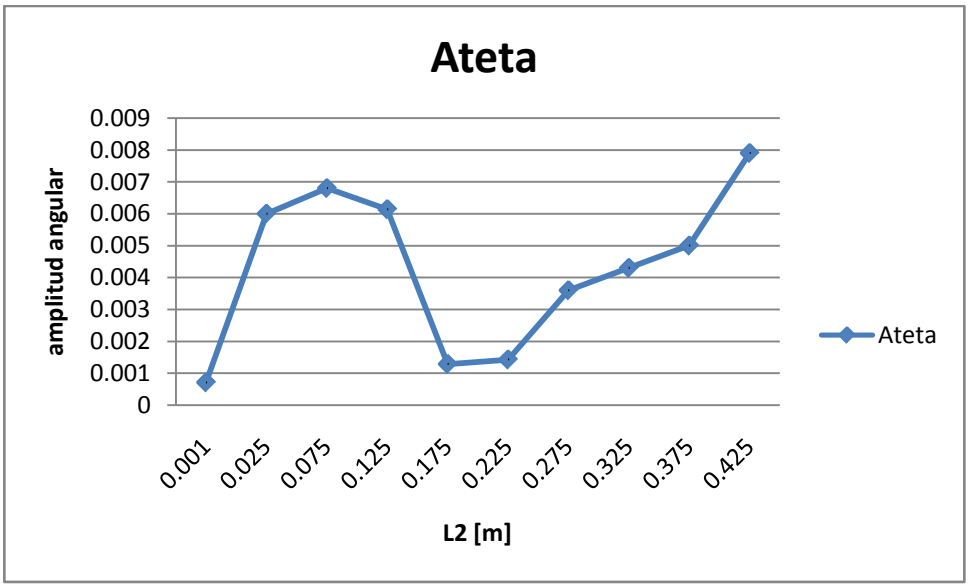

Figura 5.58 Muestra la grafica de las amplitudes angulares residuales del rotor.

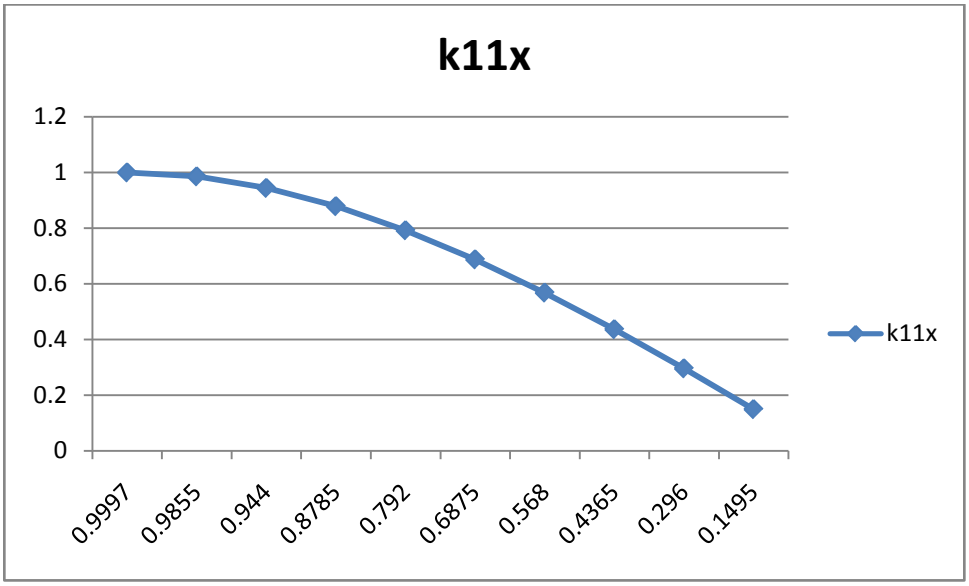

Figura 5.59 Coeficiente de transferencia de fuerza del tambor al plano del disco.

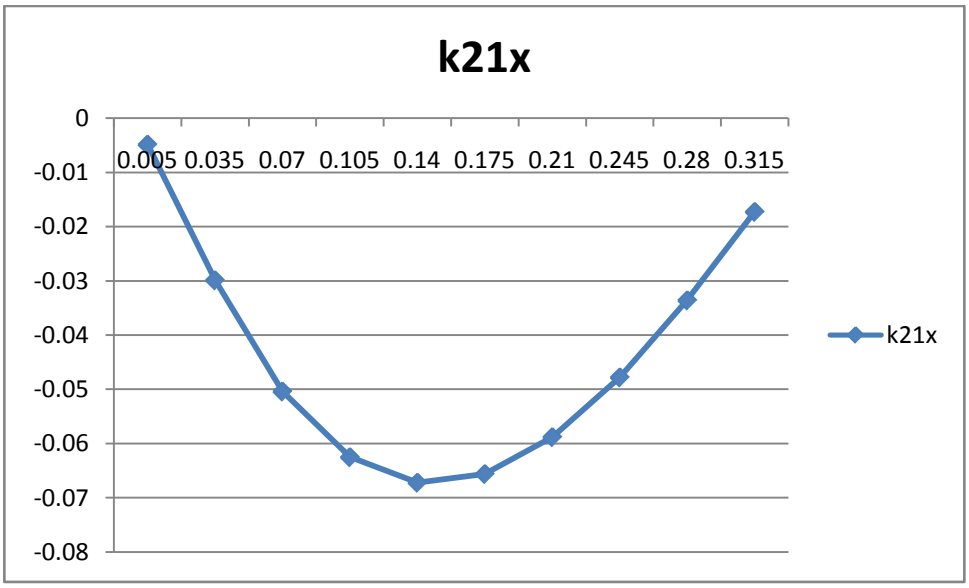

Figura 5.60 Coeficiente de influencia del tambor sobre el ángulo del disco.

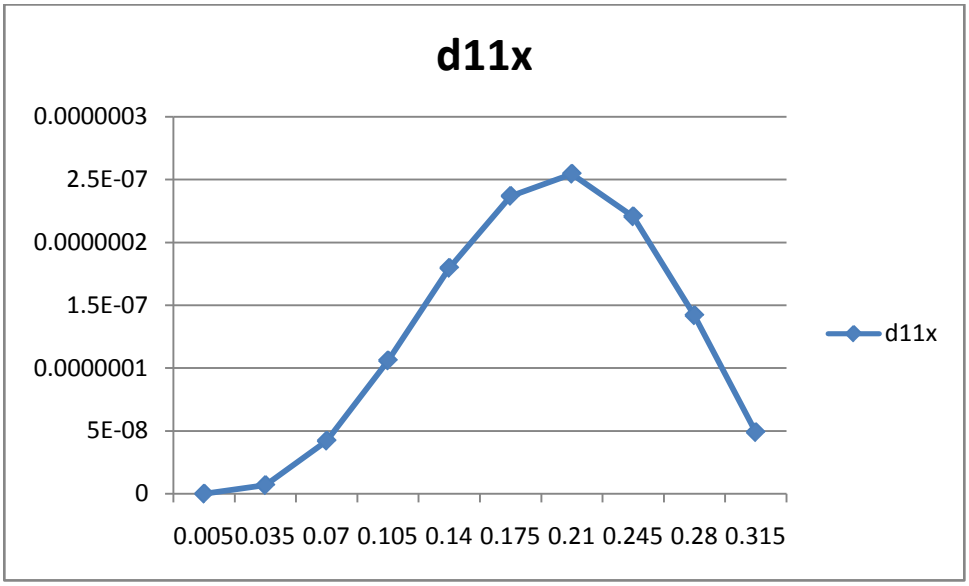

Figura 5.61 Coeficiente del rotor, desplazamiento y fuerza, que influyen en el desplazamiento del tambor.

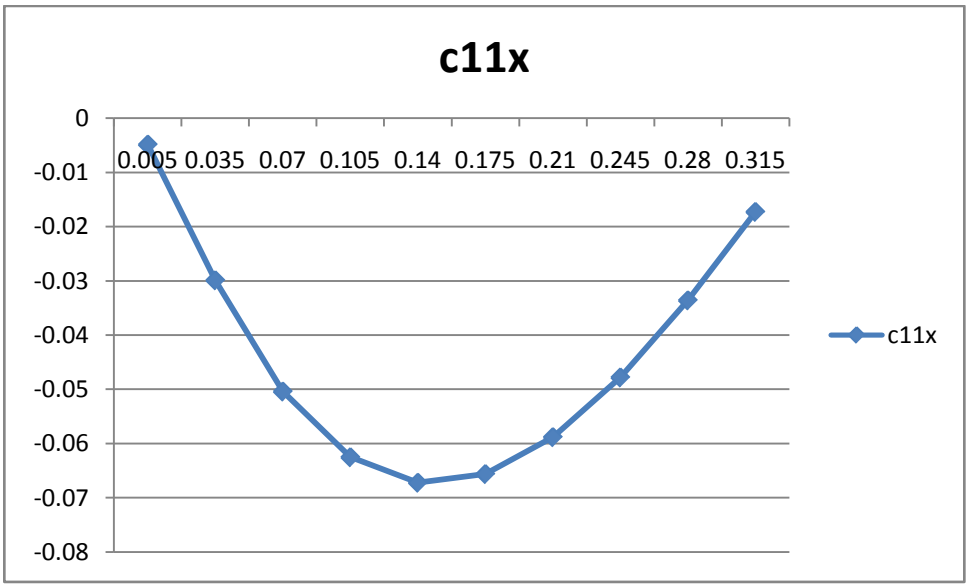

Figura 5.62 Coeficiente de influencia de rotación del disco con respecto el desplazamiento del tambor.

L2=0.425 m

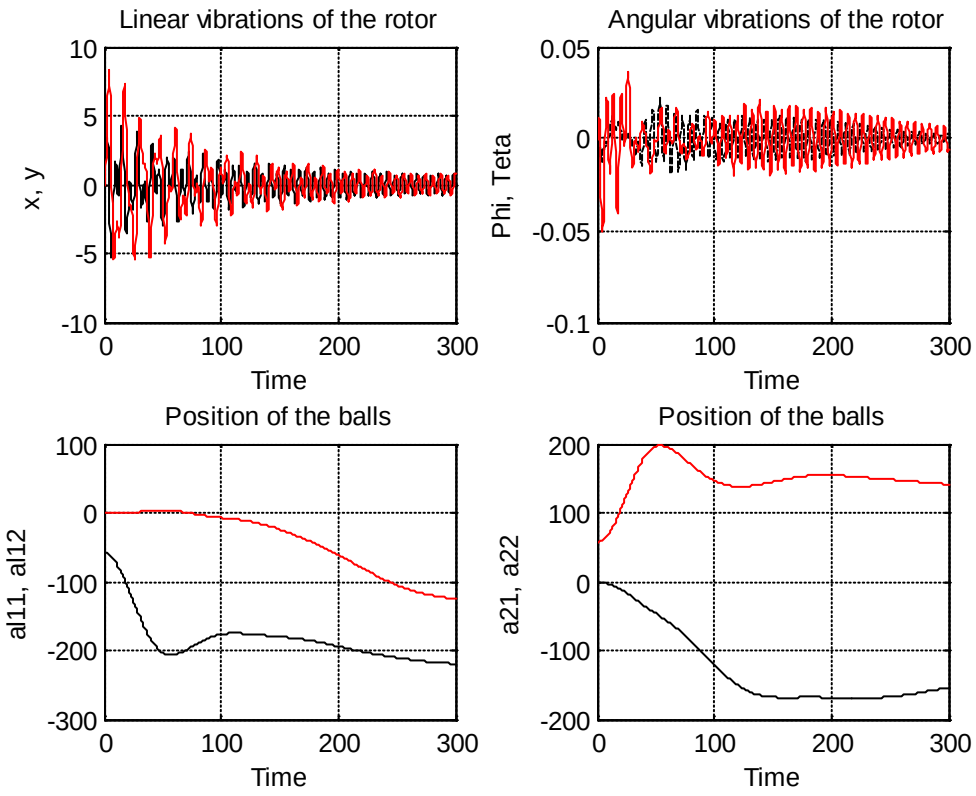

Figura 5.63 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

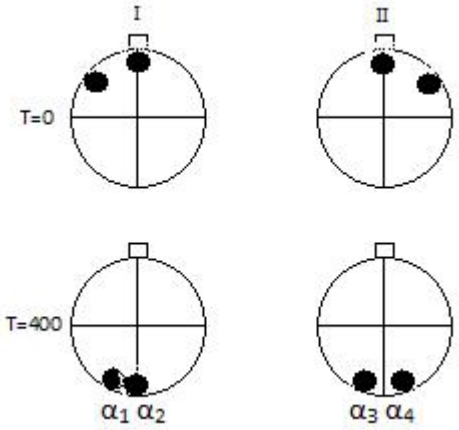

Figura 5.64 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-53.84° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-125° α_2=-220° α_3=-150° α_4=150°

L2=0.375 m

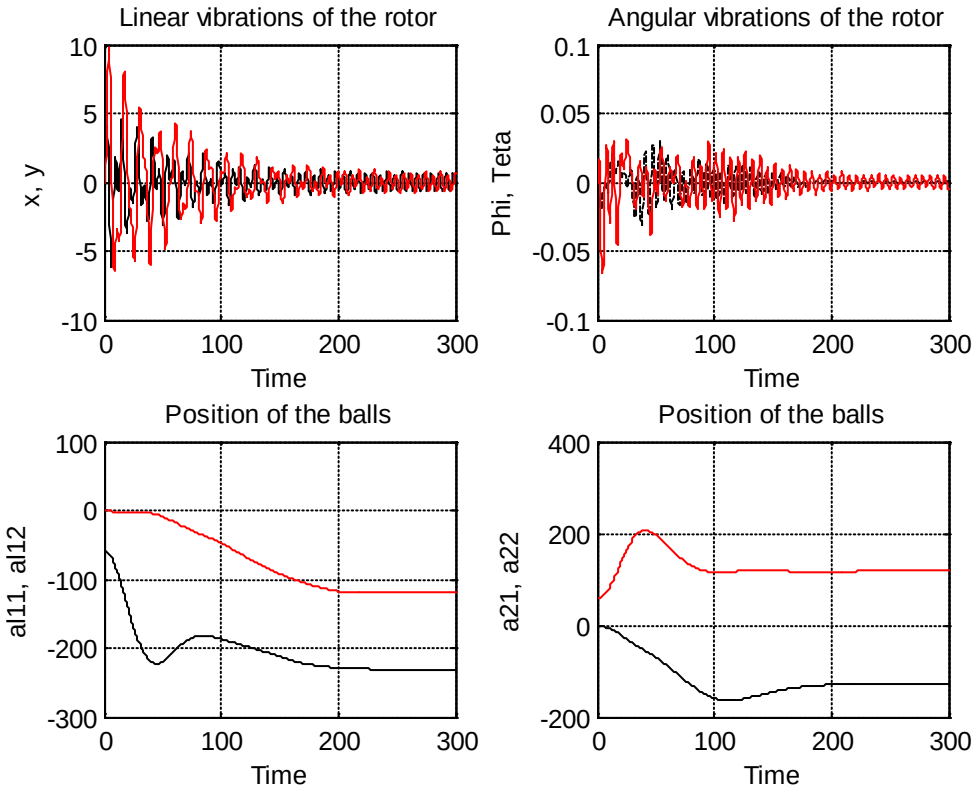

Figura 5.65 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

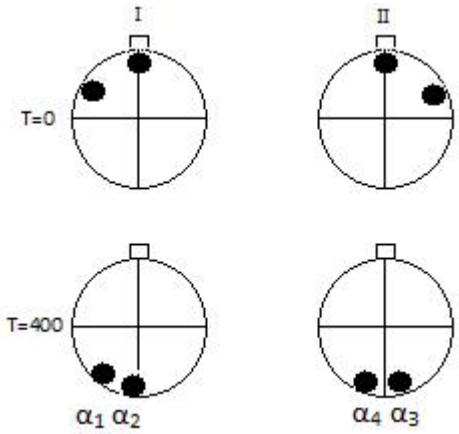

Figura 5.66 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-120° α_2=-225° α_3=-125° α_4=125°

L2=0.325 m

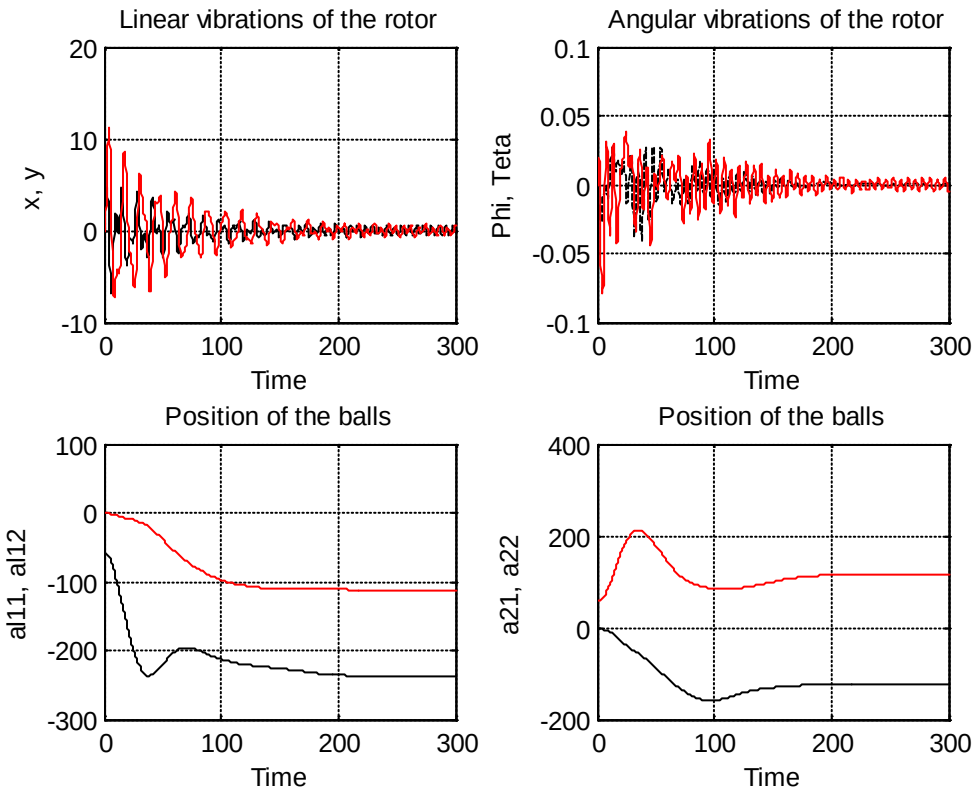

Figura 5.67 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

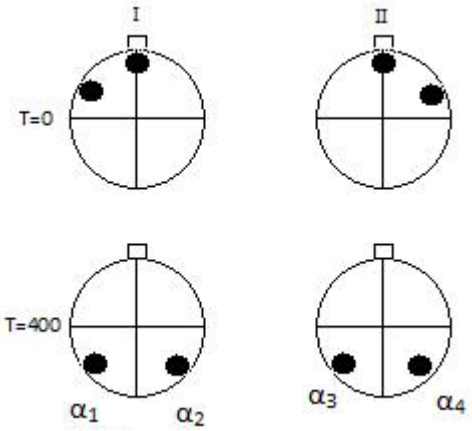

Figura 5.68 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.81°

T=400

α_1=-110° α_2=-240° α_3=-120° α_4=120°

L2=0.275 m

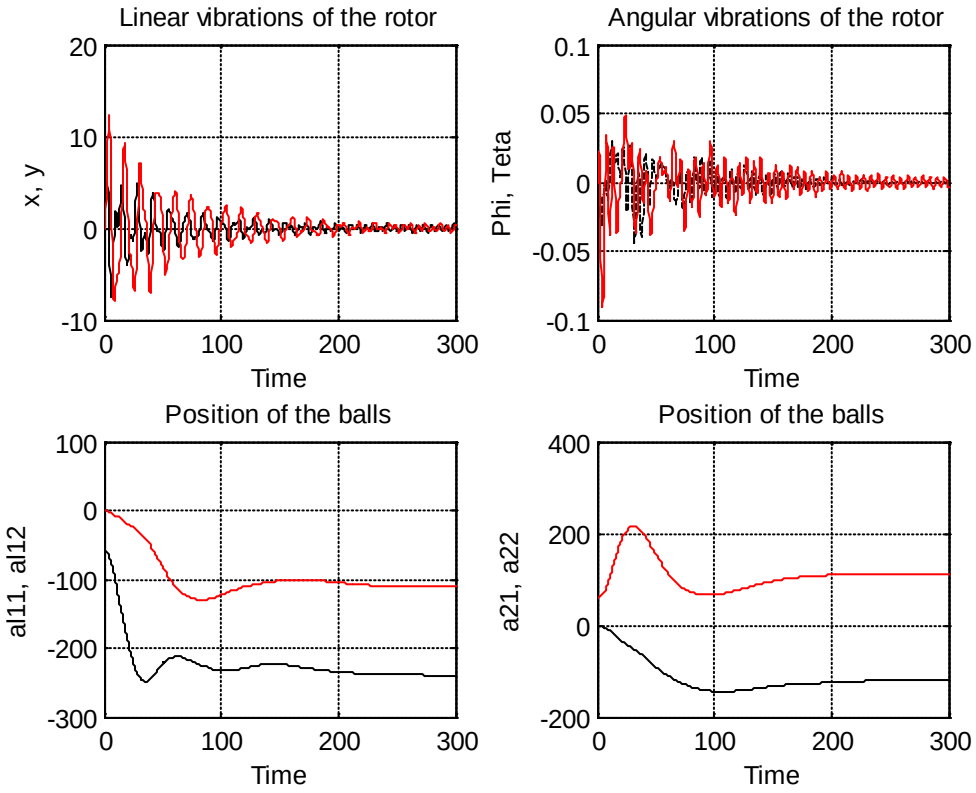

Figura 5.69 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

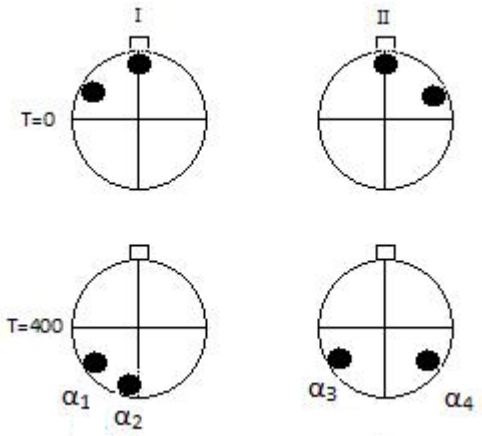

Figura 5.70 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.25°

T=400

α_1=-105° α_2=-240° α_3=-110° α_4=110°

L2=0.225 m

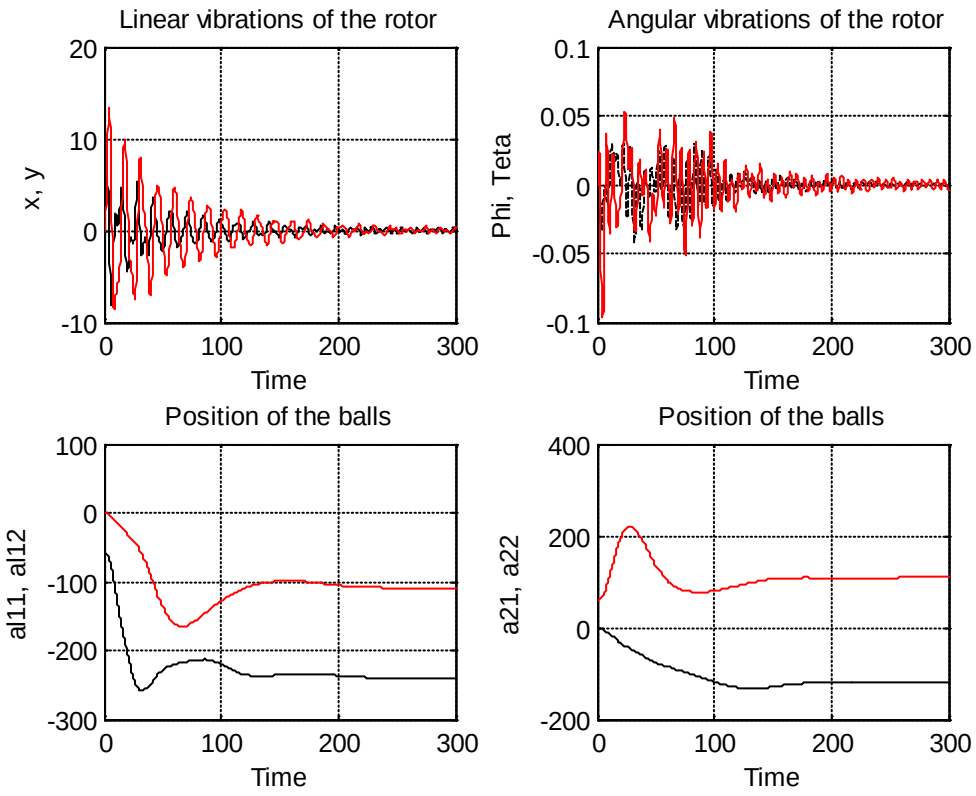

Figura 5.71 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

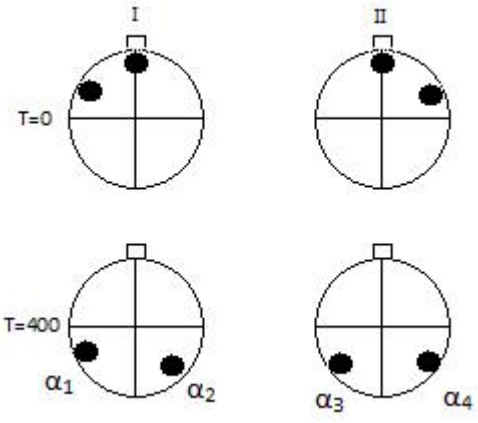

Figura 5.72 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.47°

T=400

α_1=-105° α_2=-240° α_3=-110° α_4=110°

L2=0.175 m

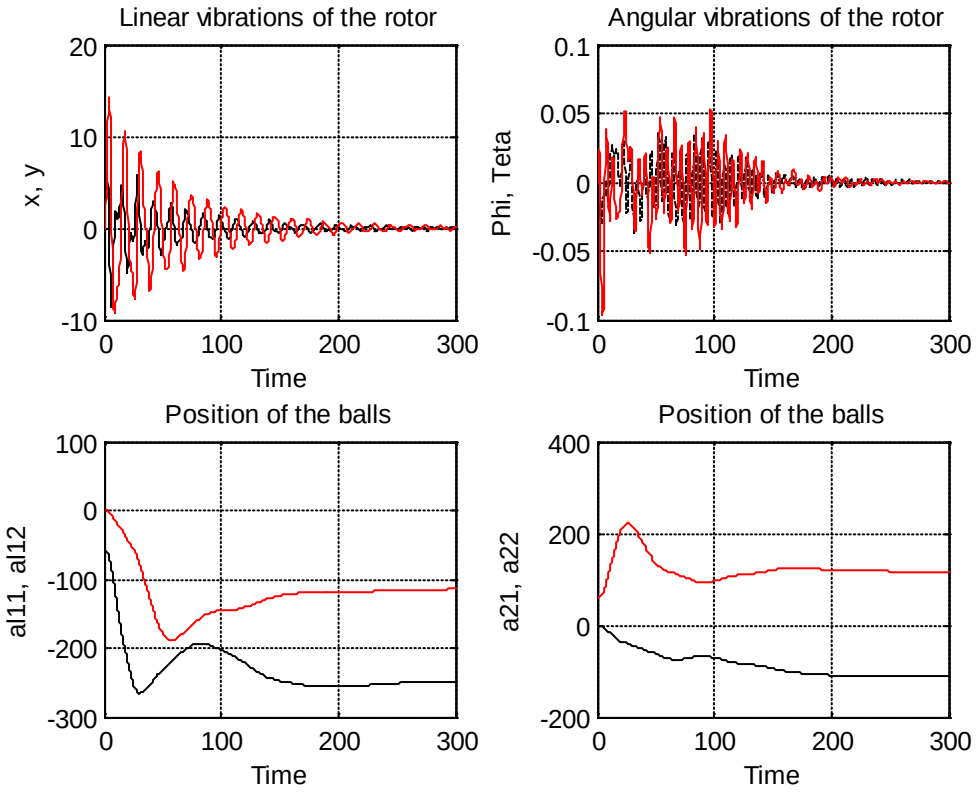

Figura 5.73 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

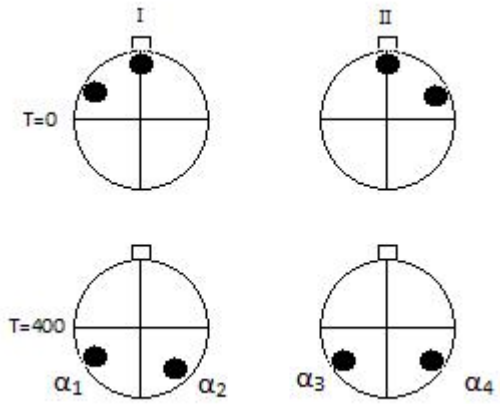

Figura 5.74 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.47°

T=400

α_1=-110° α_2=-250° α_3=-130° α_4=130°

L2=0.125 m

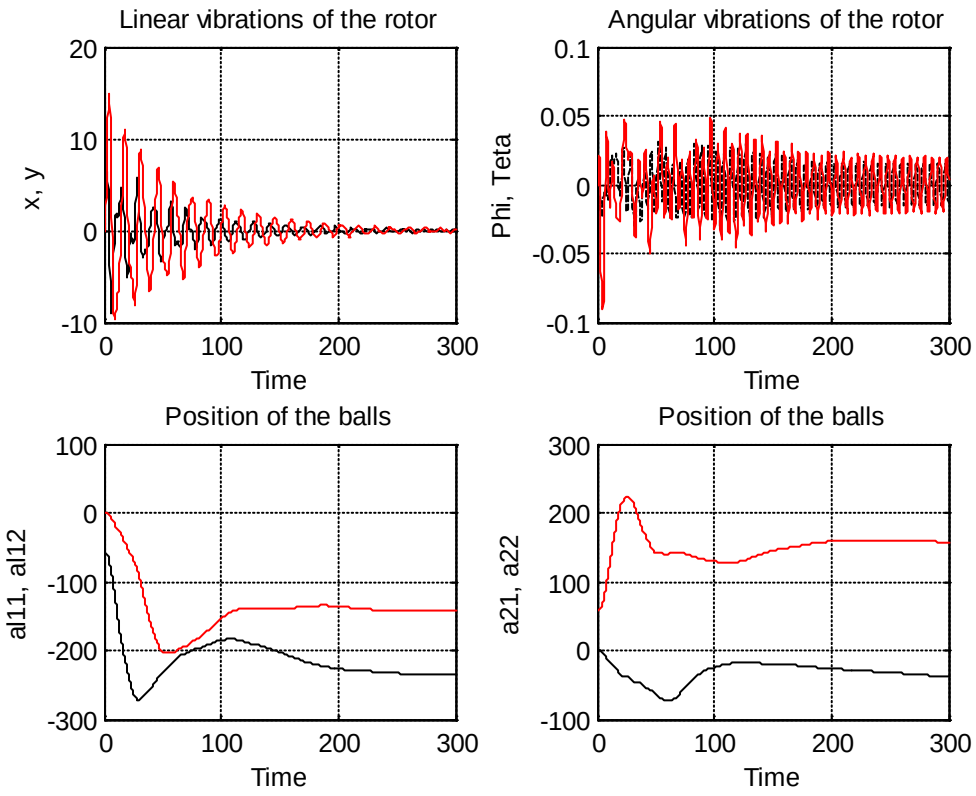

Figura 5.75 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

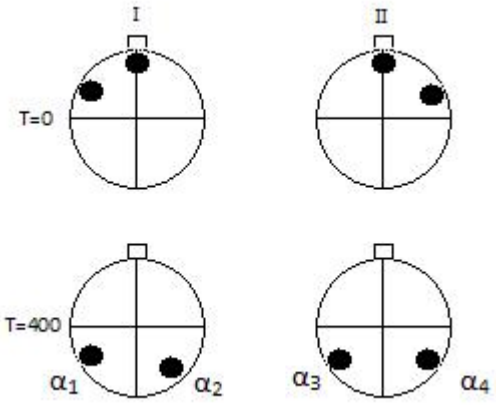

Figura 5.76 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=61.53° α_3=0° α_4=54.11°

T=400

α_1=-145° α_2=-245° α_3=-40° α_4=160°

L2=0.075 m

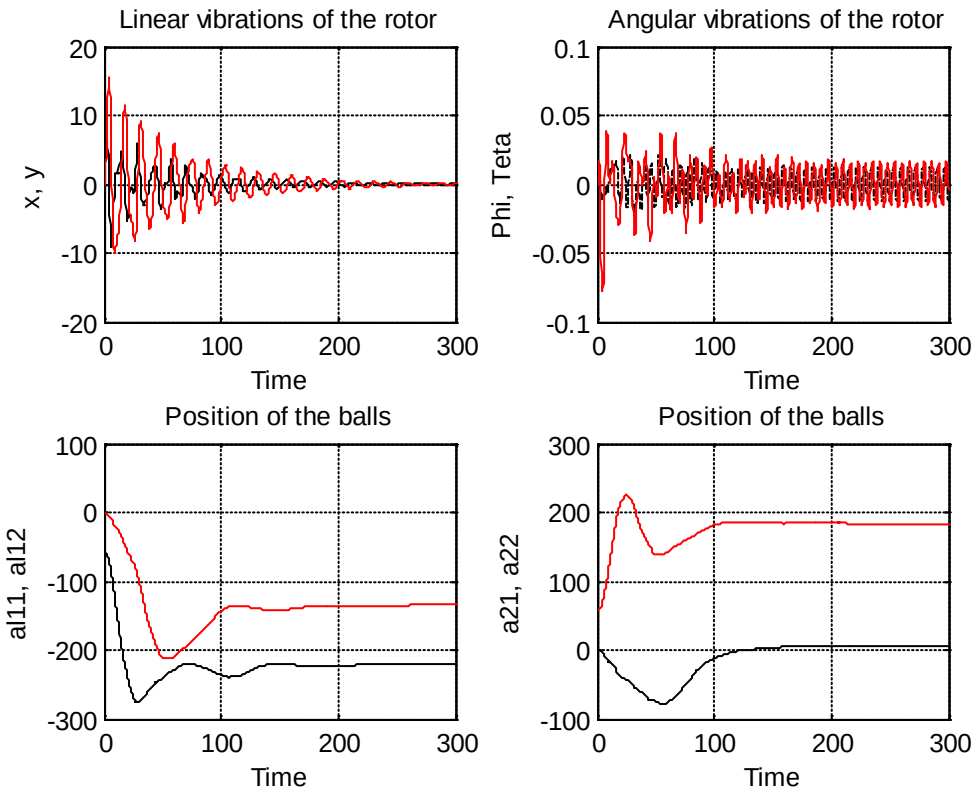

Figura 5.77 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

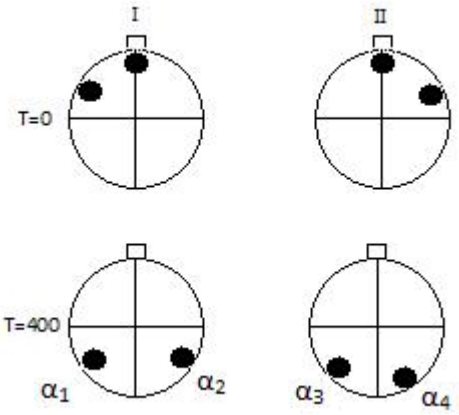

Figura 5.78 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-130° α_2=-220° α_3=10°α_4=180°

L2=0.025 m

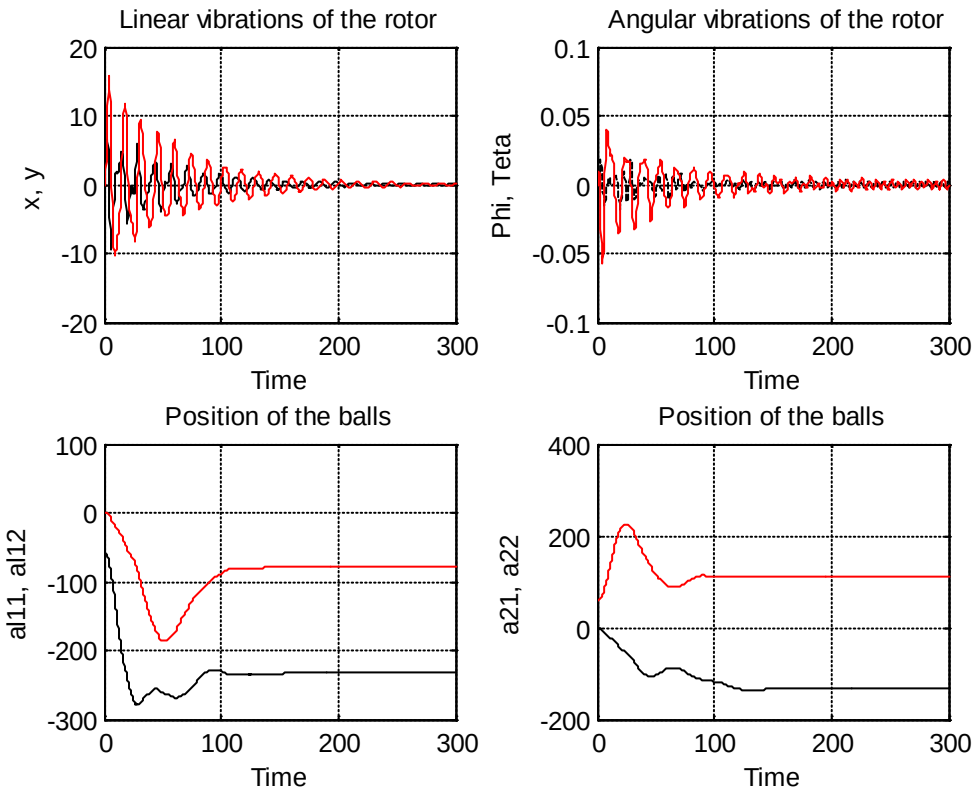

Figura 5.79 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

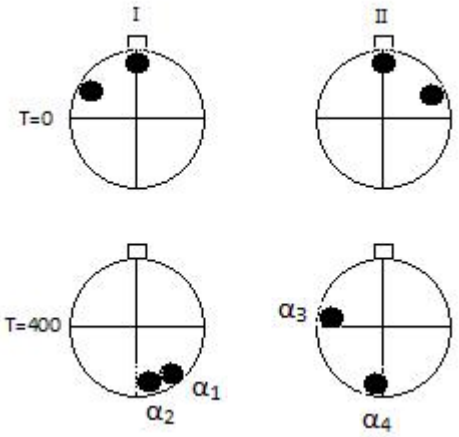

Figura 5.80 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.28°

T=400

α_1=-80° α_2=-240° α_3=-120° α_4=120°

L2=0.001 m

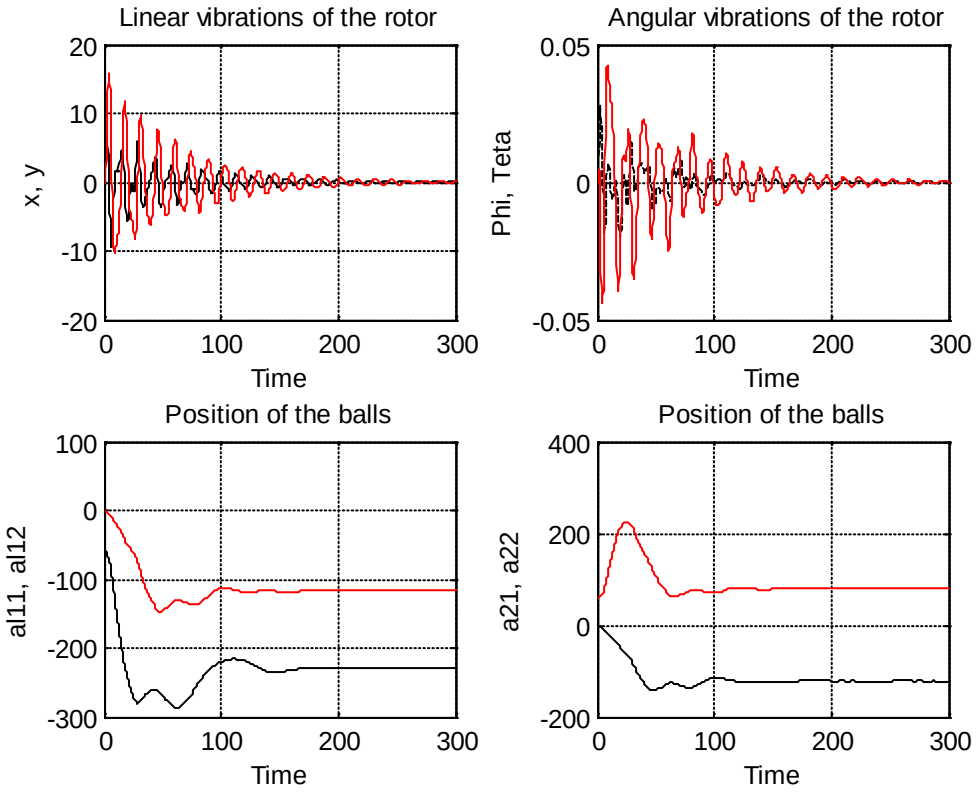

Figura 5.81 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

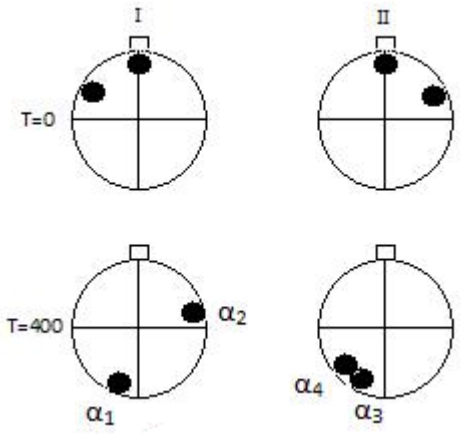

Figura 5.82 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=61.52° α_3=0° α_4=58.28°

T=400

α_1=-110° α_2=-220° α_3=-120° α_4=90°

5.3.2 Disco ubicado a distancia media del eje

CASO 1

Me=0.06 kgmm=0.15 kg

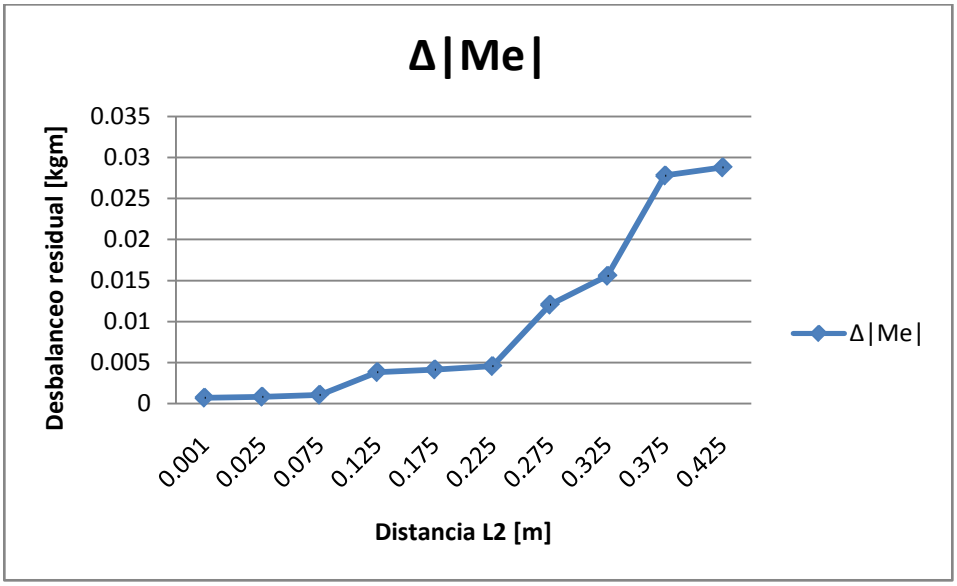

Figura 5.83 Muestra la grafica del desbalanceo estático residual.

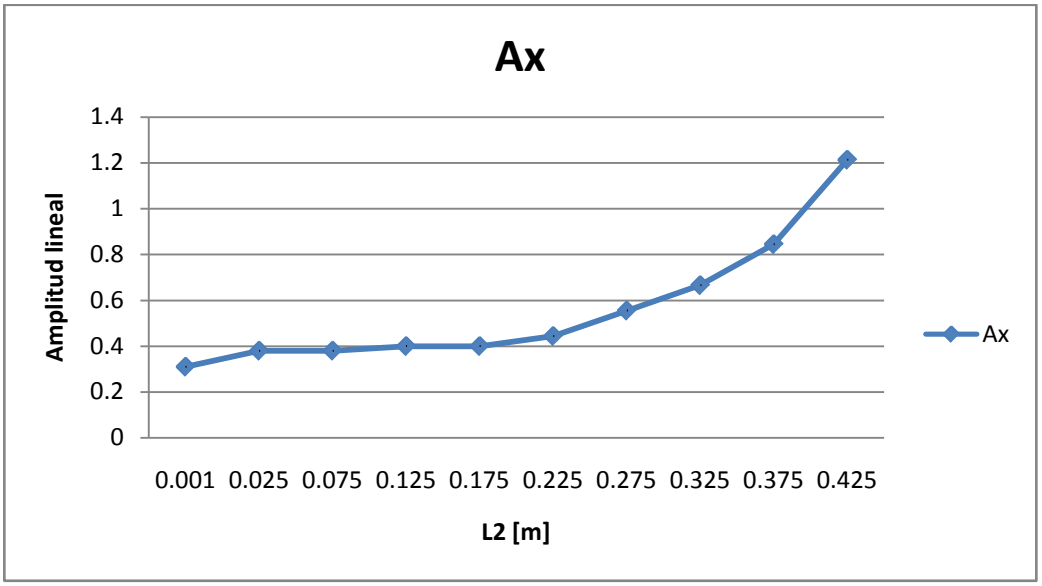

Figura 5.84 Muestra la grafica de amplitudes lineales residuales.

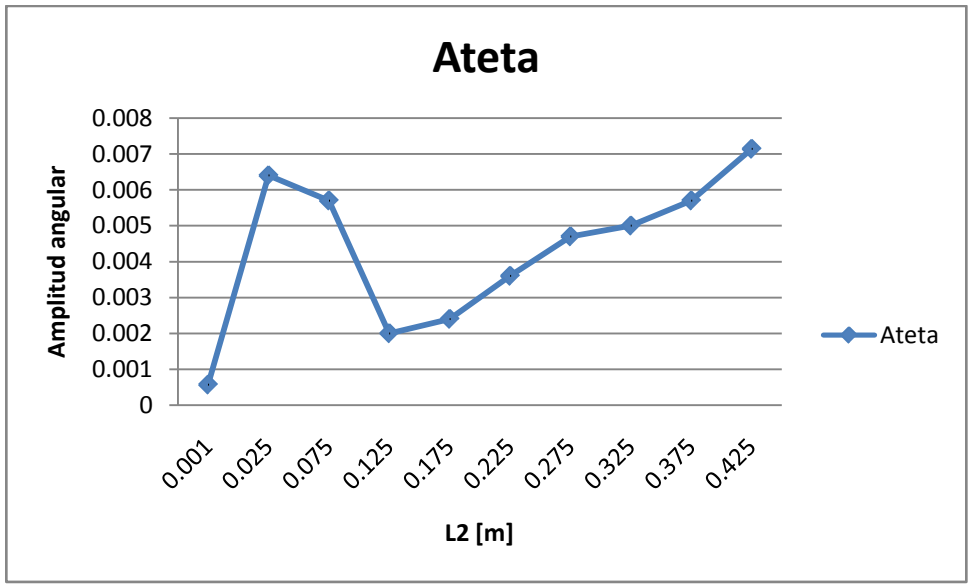

Figura 5.85 Muestra la grafica de las amplitudes angulares residuales del rotor.

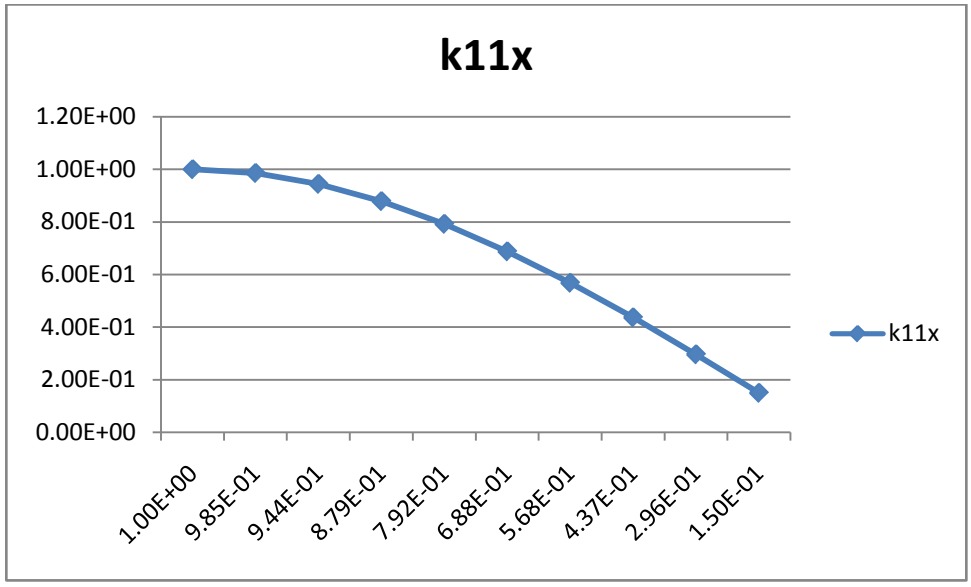

Figura 5.86 Coeficiente de transferencia de fuerza del tambor al plano del disco.

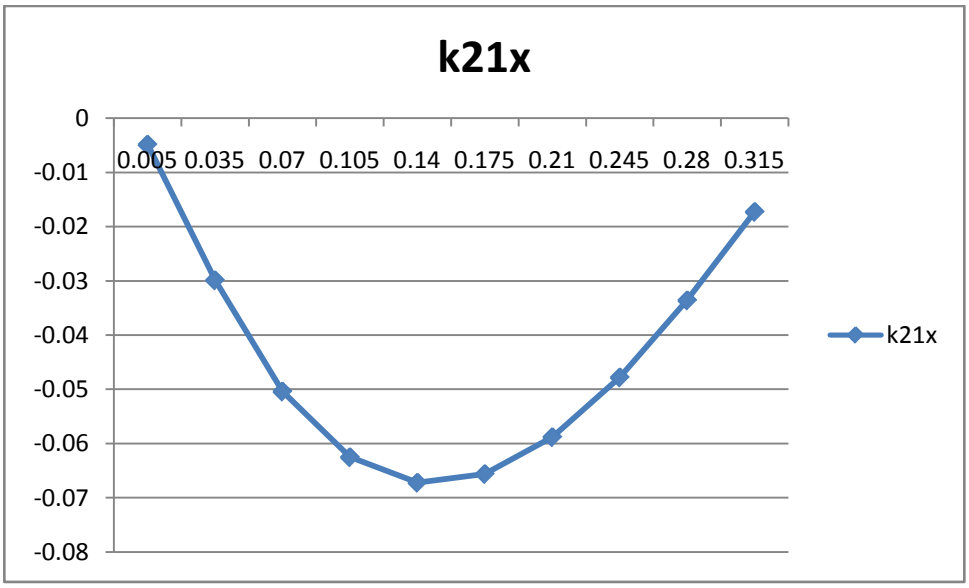

Figura 5.87 Coeficiente de influencia del tambor sobre el ángulo del disco.

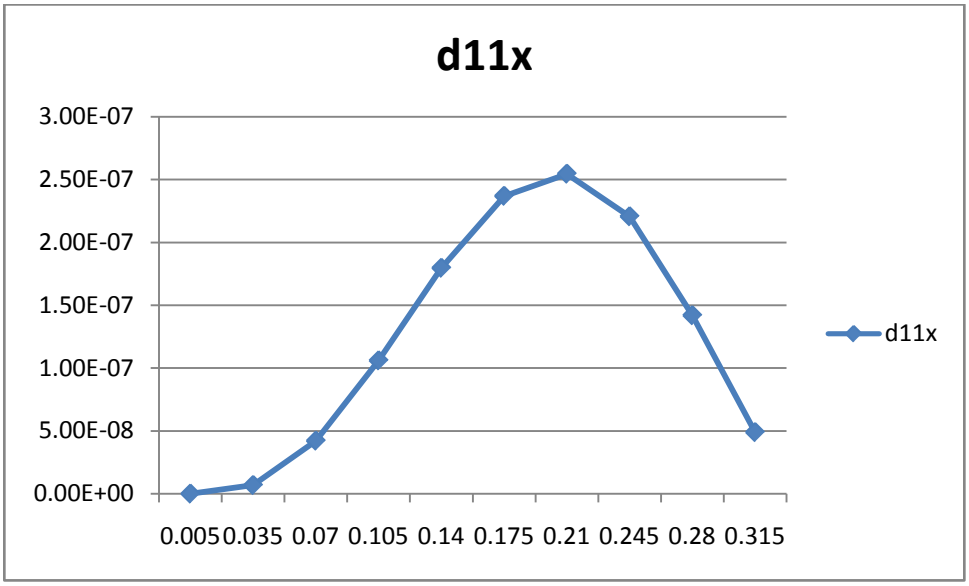

Figura 5.88 Coeficiente del rotor, desplazamiento y fuerza, que influyen en el desplazamiento del tambor.

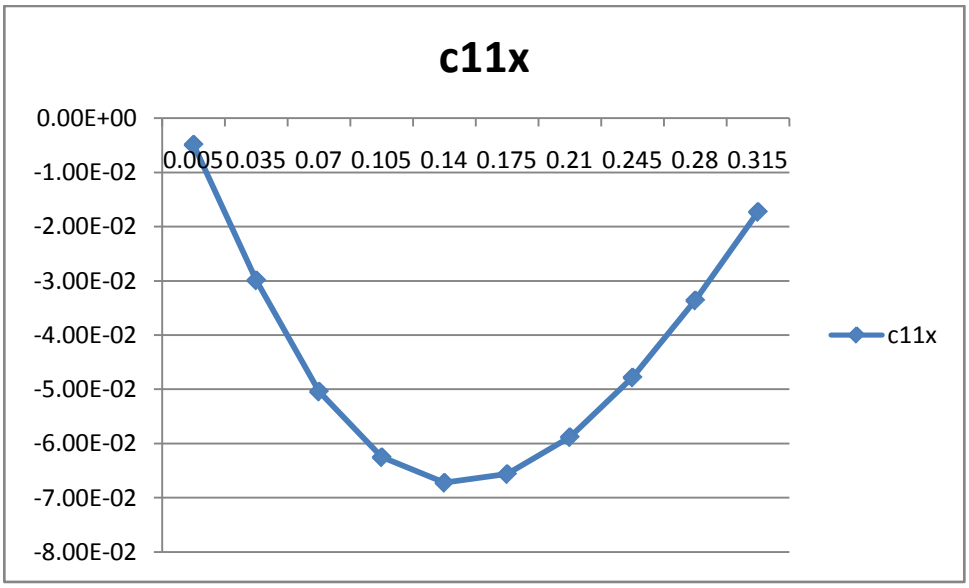

Figura 5.89 Coeficiente de influencia de rotación del disco con respecto el desplazamiento del tambor.

L2=0.425 m

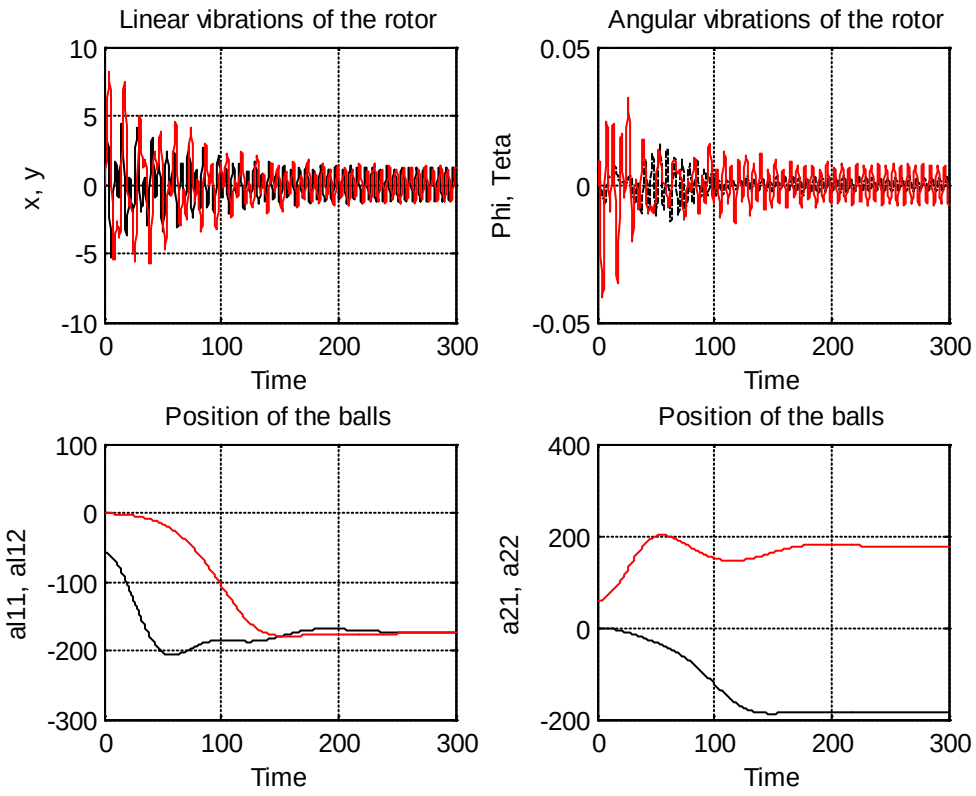

Figura 5.90 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

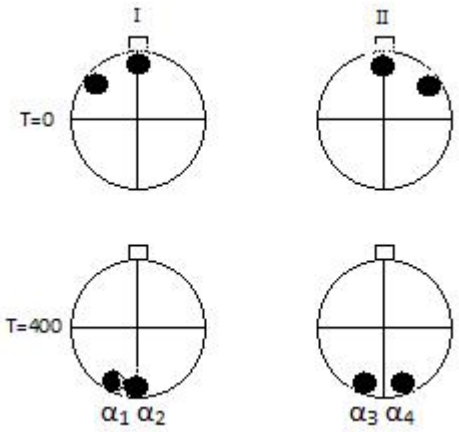

Figura 5.91 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-53.84° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-169.23° α_2=-169.23° α_3=-164.7° α_4=164.7°

L2=0.375 m

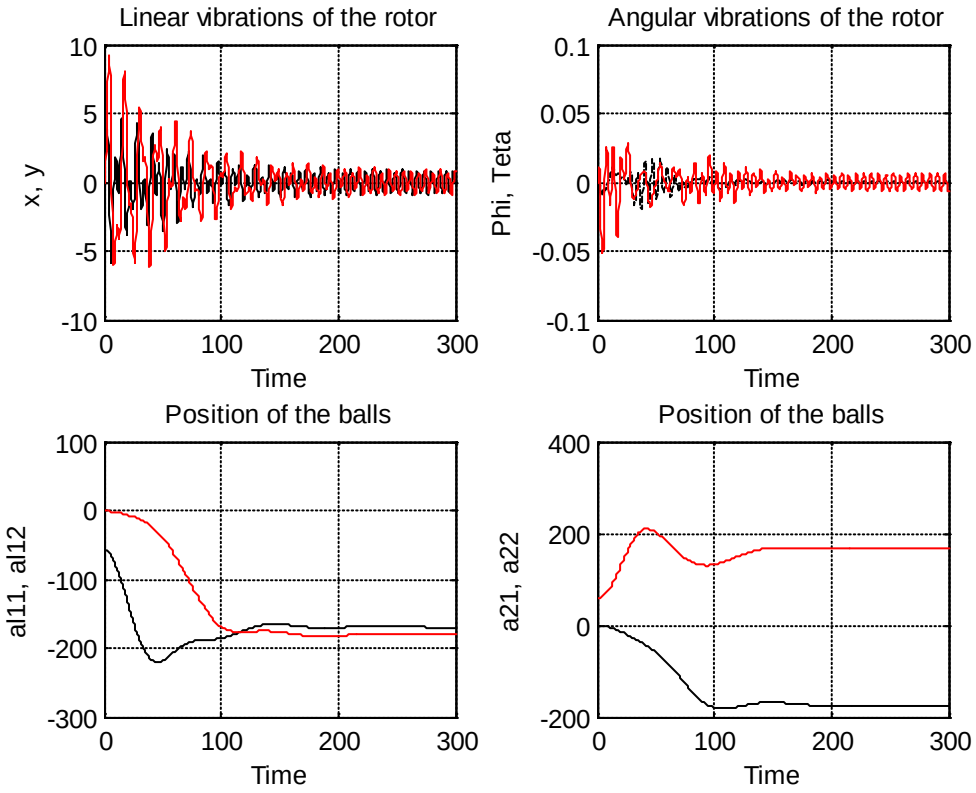

Figura 5.92 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

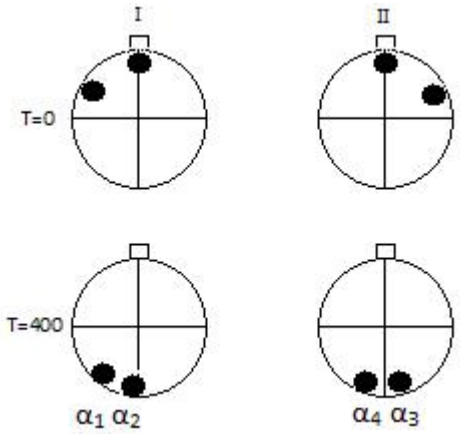

Figura 5.93 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-166.15° α_2=-178.46° α_3=-188.23° α_4=188.23°

L2=0.325 m

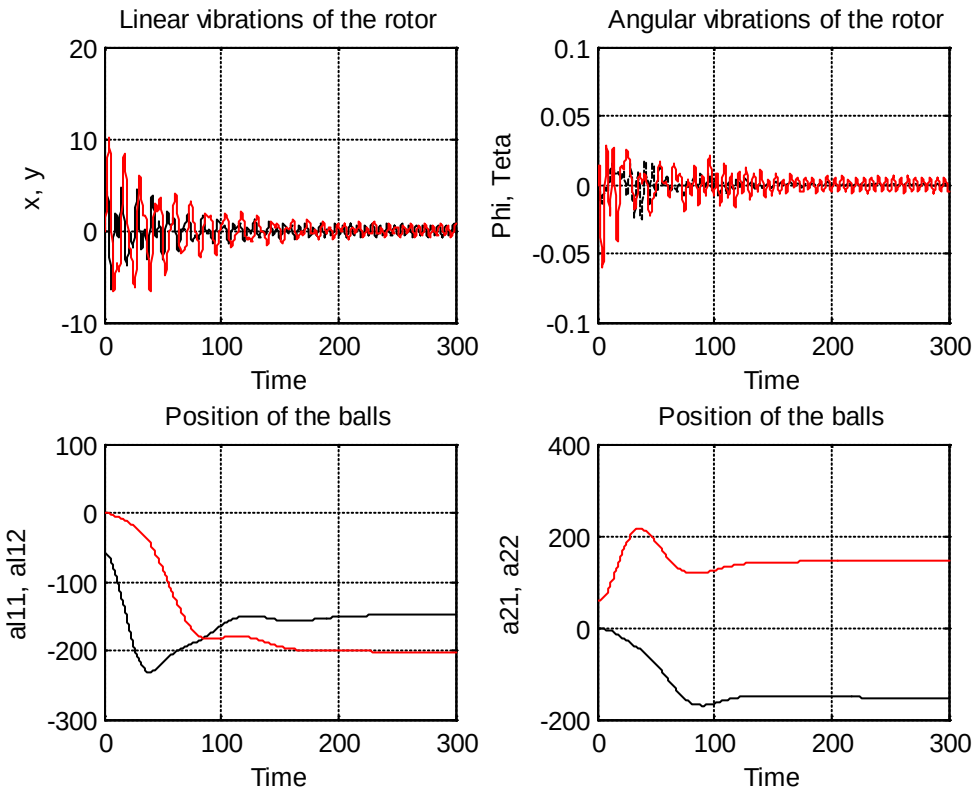

Figura 5.94 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

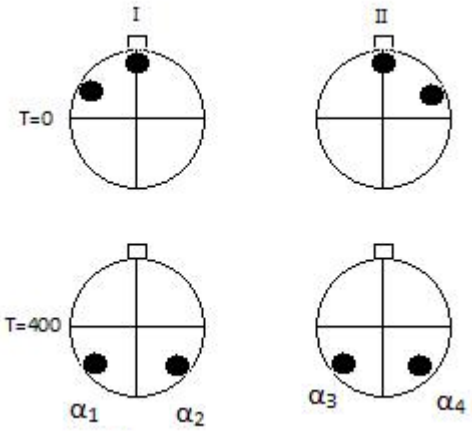

Figura 5.95 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.81°

T=400

α_1=-146.15° α_2=-207.69° α_3=-145.88° α_4=145.88°

L2=0.275 m

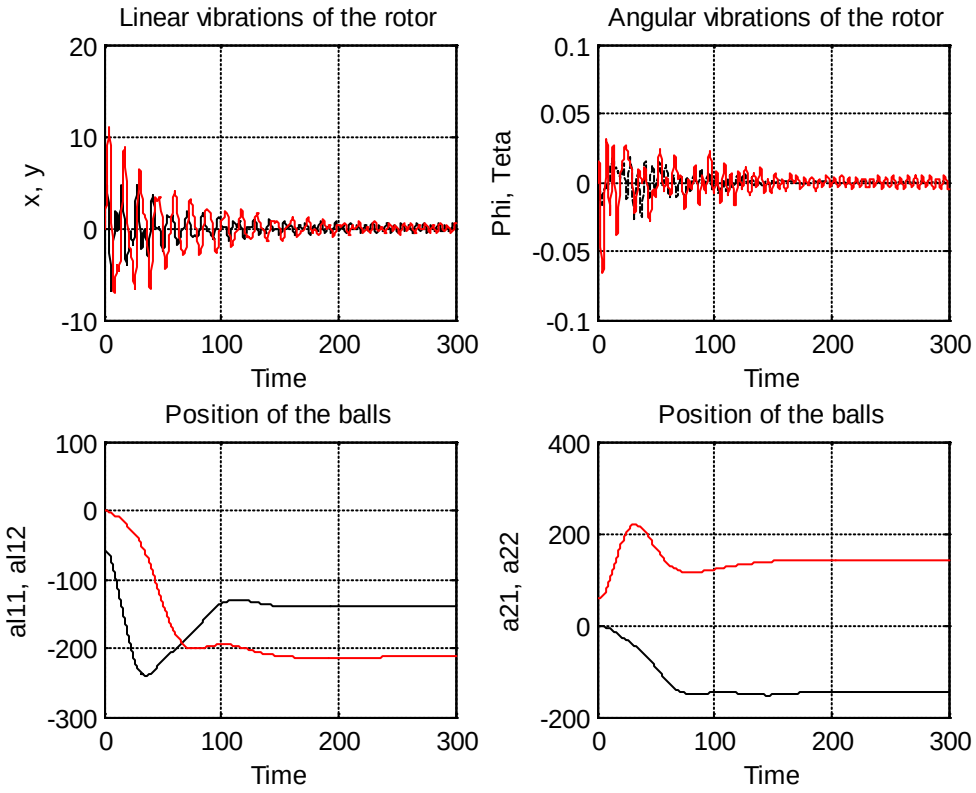

Figura 5.96 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

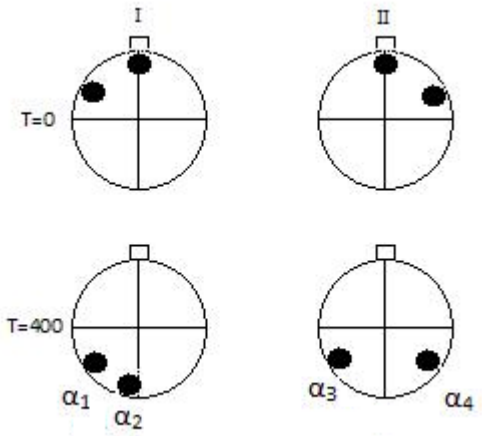

Figura 5.97 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.25°

T=400

α_1=-138.46° α_2=-175.38° α_3=-137.77° α_4=137.77°

L2=0.225 m

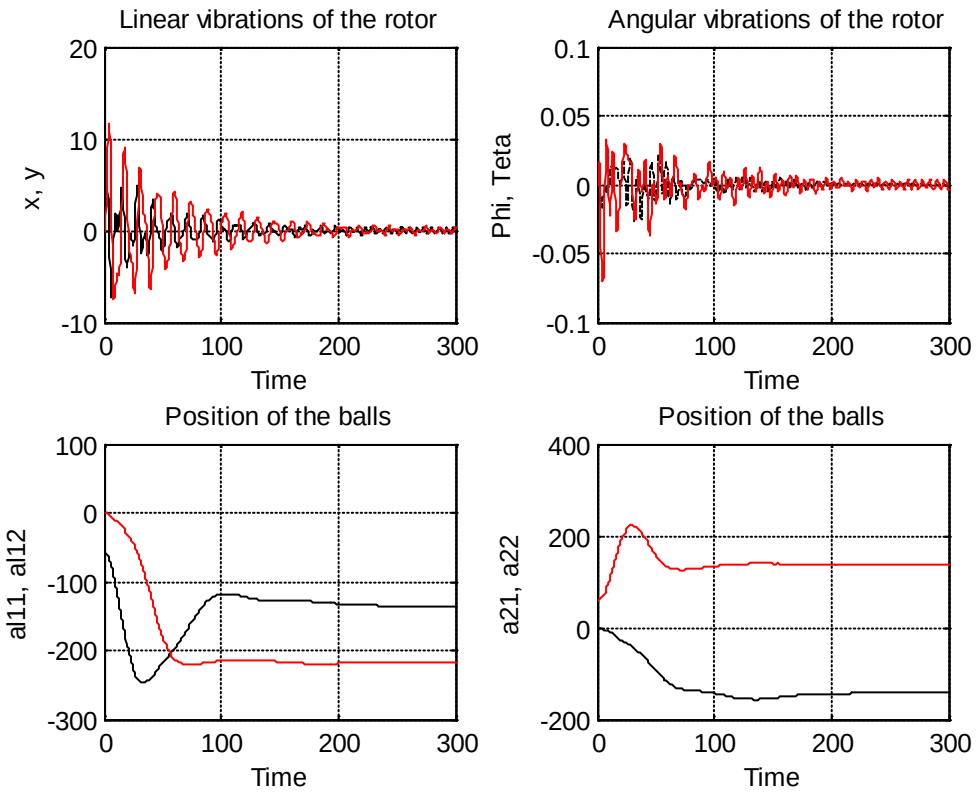

Figura 5.98 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

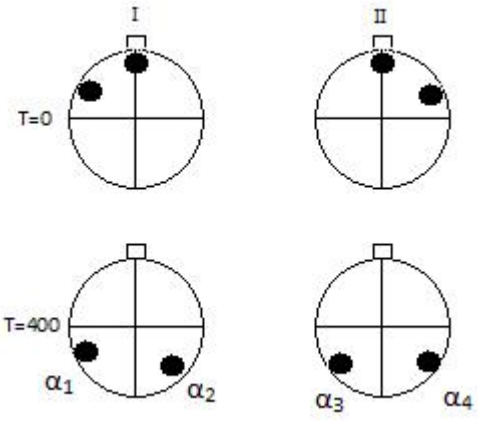

Figura 5.99 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.47°

T=400

α_1=-130.76° α_2=-215.38° α_3=-134.11° α_4=134.11°

L2=0.175 m

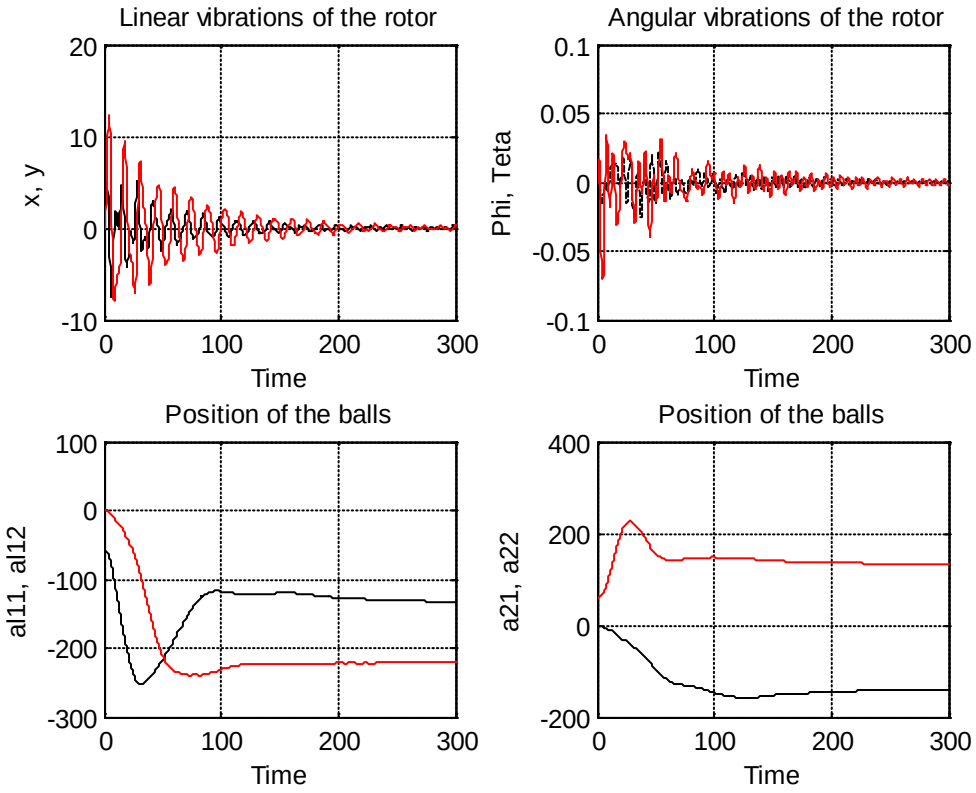

Figura 5.100 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

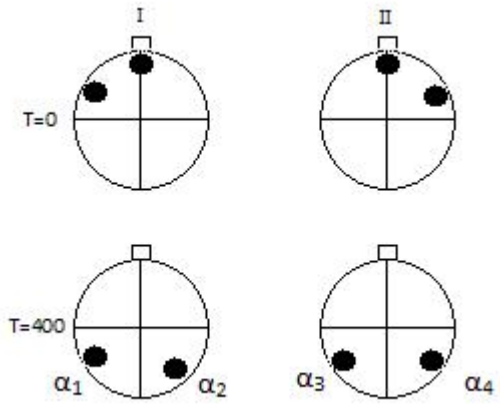

Figura 5.101 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.47°

T=400

α_1=-130.76° α_2=-218.46° α_3=-136.37° α_4=136.37°

L2=0.125 m

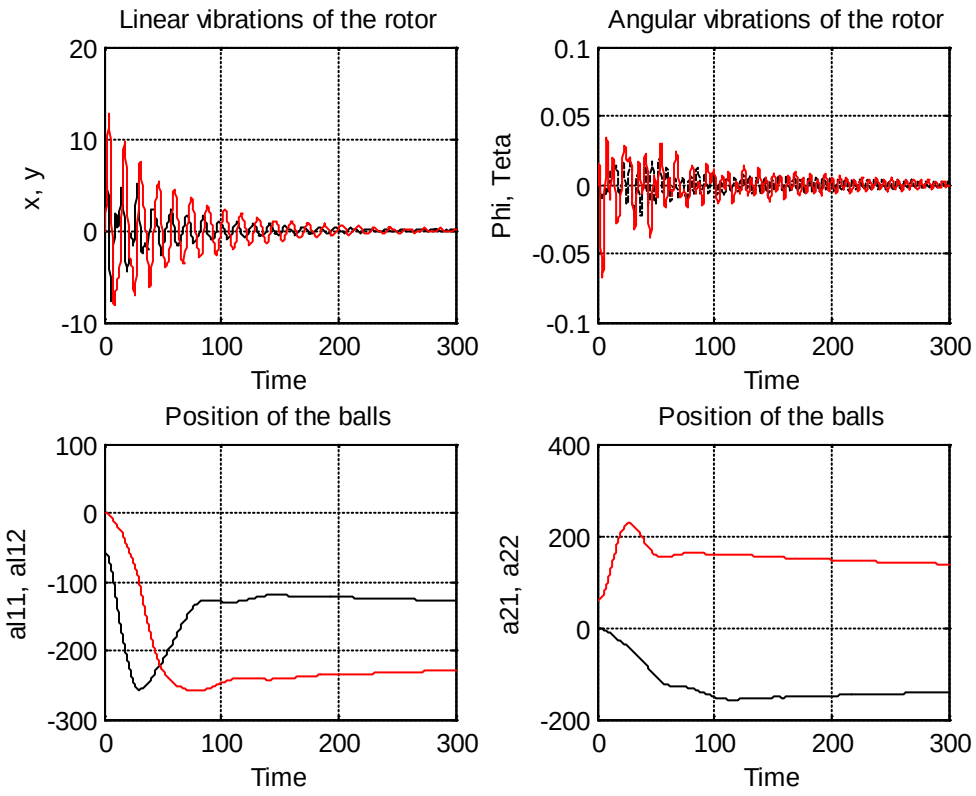

Figura 5.102 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

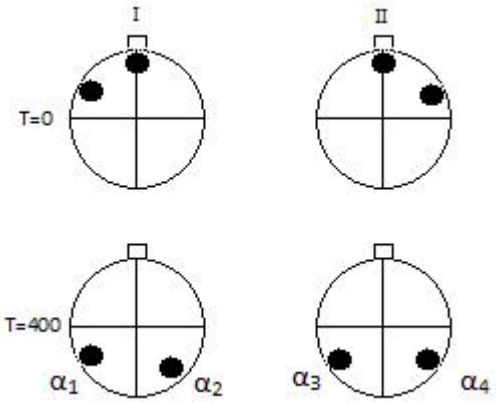

Figura 5.103 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=61.53° α_3=0° α_4=54.11°

T=400

α_1=-127.69° α_2=-224.61° α_3=-134.11° α_4=134.11°

L2=0.075 m

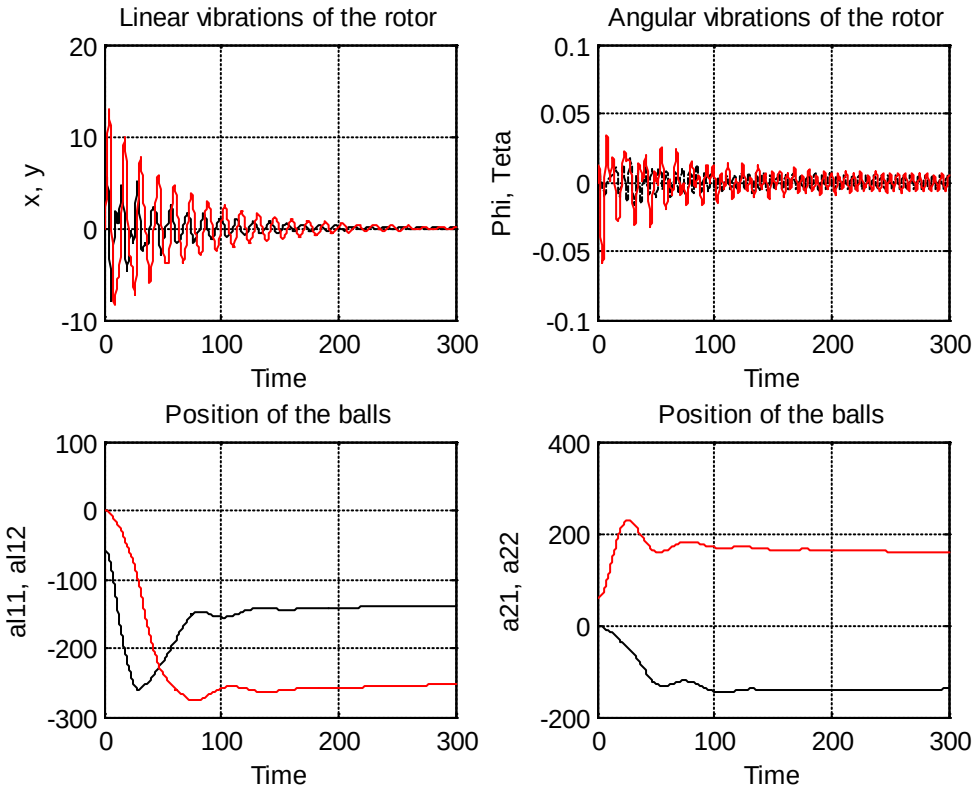

Figura 5.104 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

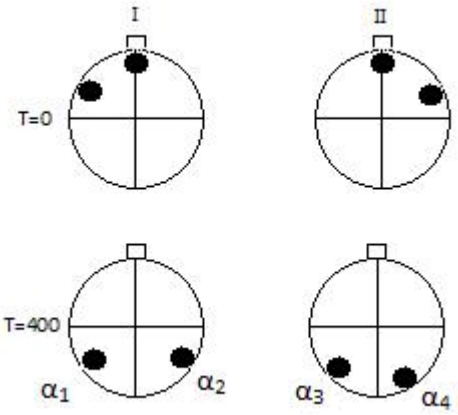

Figura 5.105 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-132.3° α_2=-249.23° α_3=-148.23° α_4=164.7°

L2=0.025 m

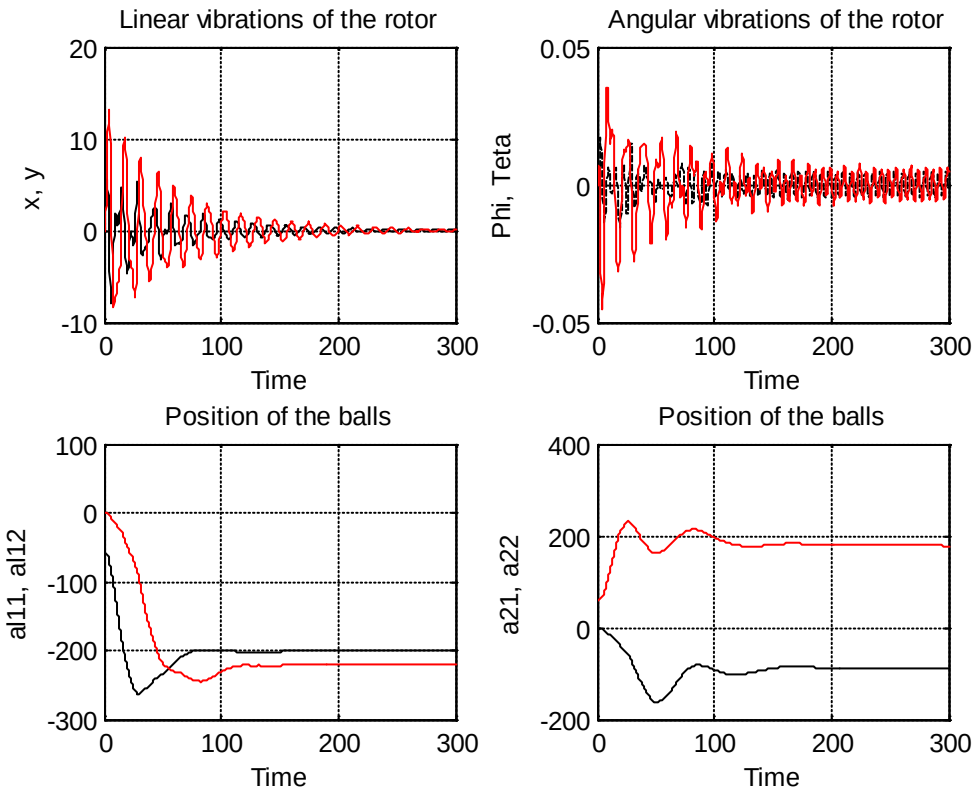

Figura 5.106 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

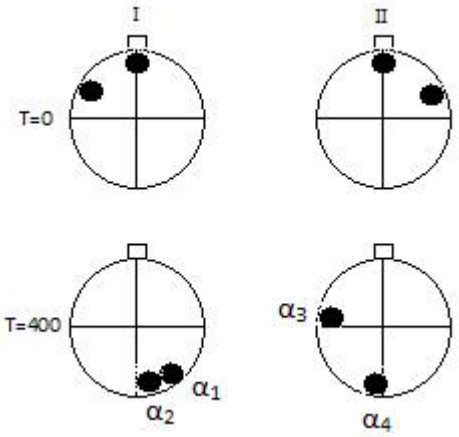

Figura 5.107 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.28°

T=400

α_1=-215.38° α_2=-200° α_3=-88.88° α_4=188.23°

L2=0.001 m

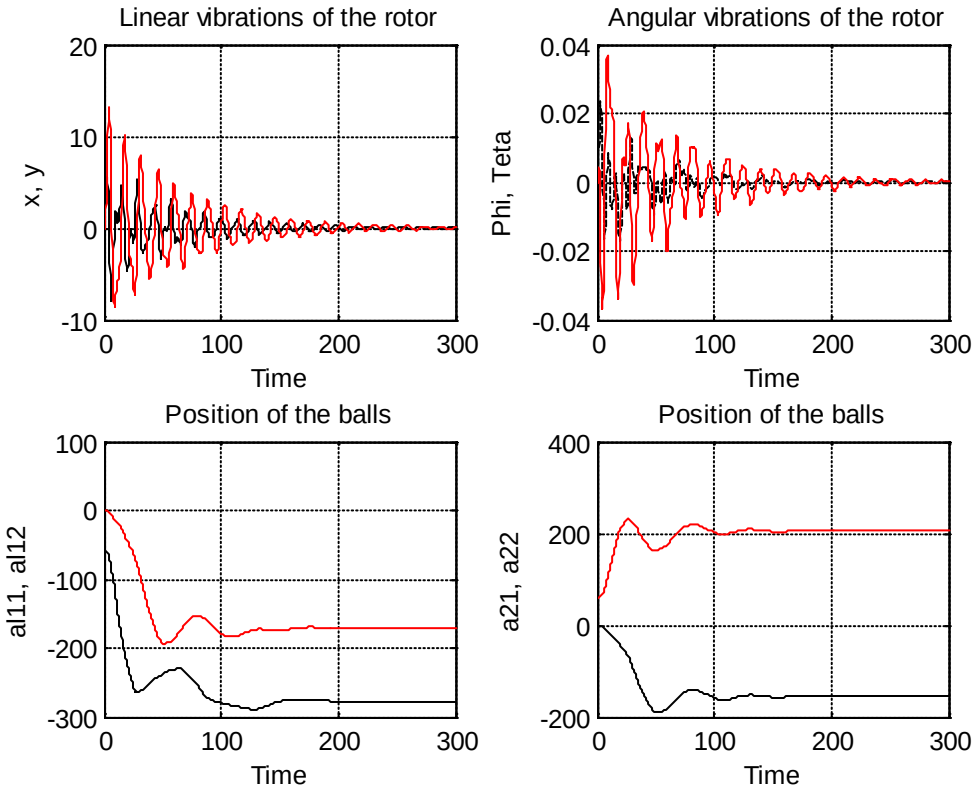

Figura 5.108 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

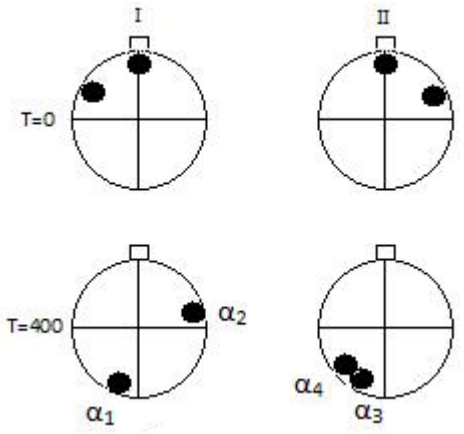

Figura 5.109 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=61.52° α_3=0° α_4=58.28°

T=400

α_1=-169.23° α_2=-284.61° α_3=-164.7° α_4=211.76°

CASO 2

Me=0.06 kgmm=0.23 kg

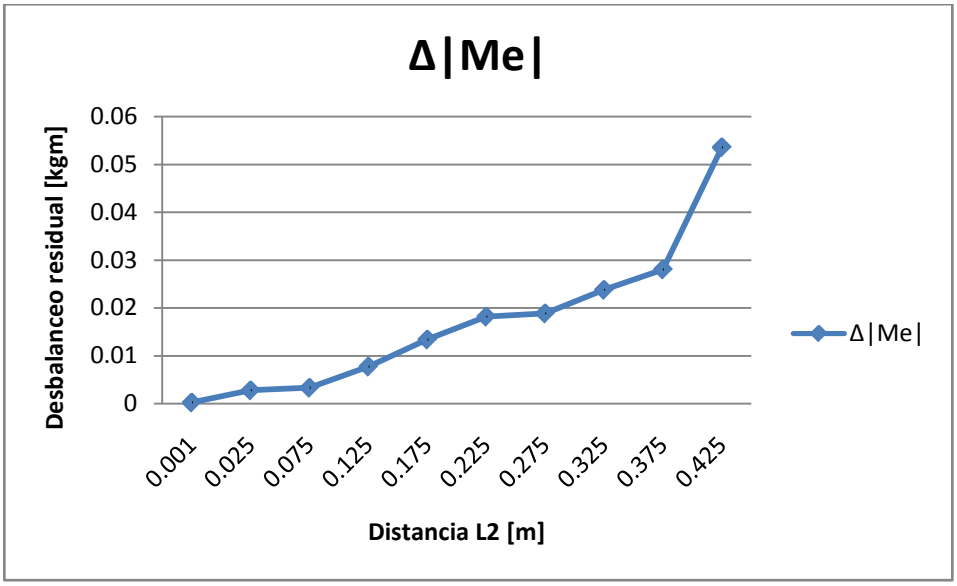

Figura 5.110 Muestra la grafica del desbalanceo estático residual.

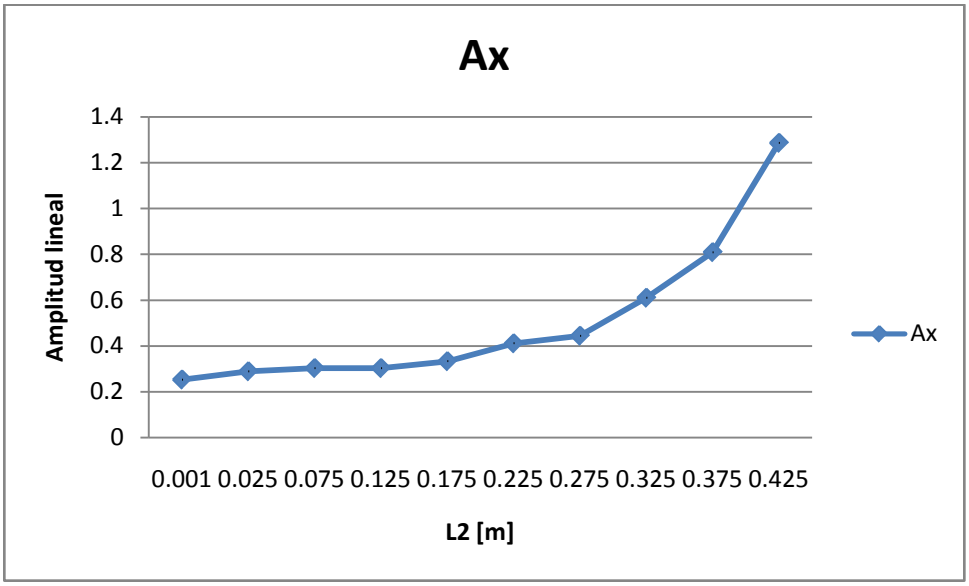

Figura 5.111 Muestra la grafica de amplitudes lineales residuales.

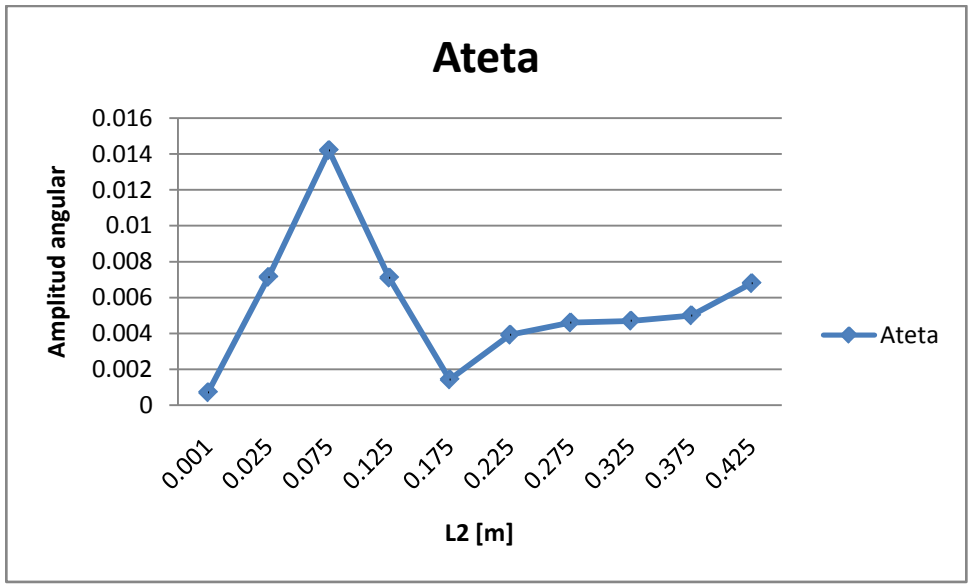

Figura 5.112 Muestra la grafica de las amplitudes angulares residuales del rotor.

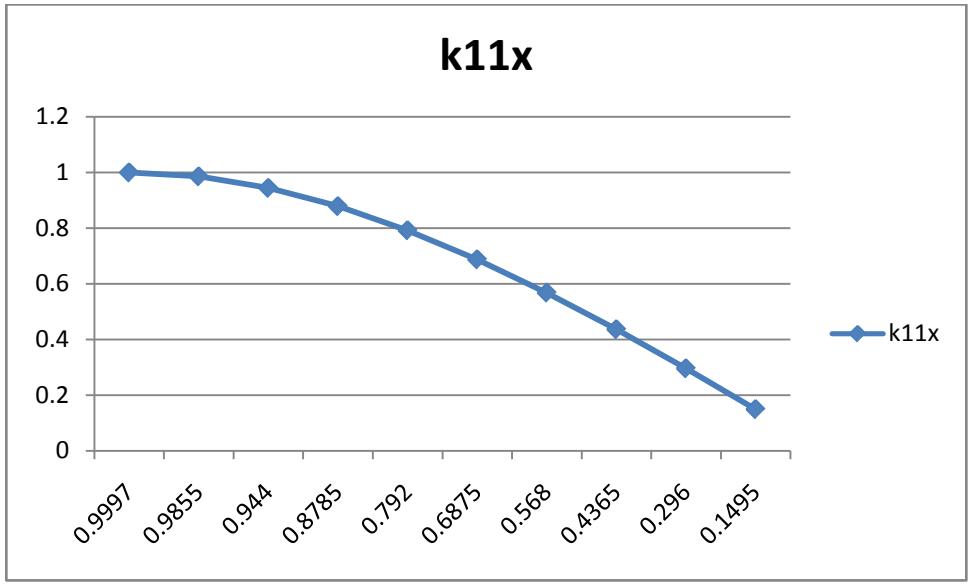

Figura 5.113 Coeficiente de transferencia de fuerza del tambor al plano del disco.

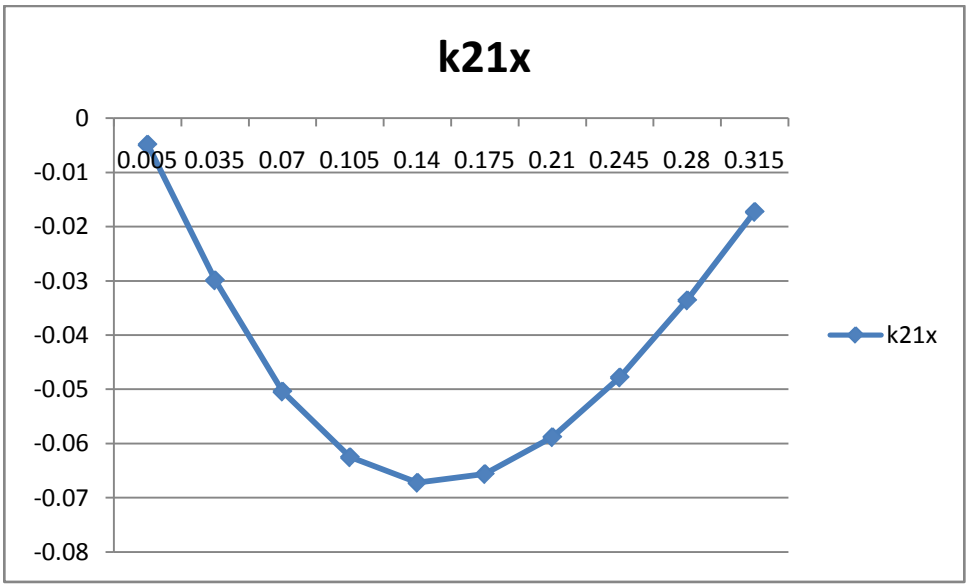

Figura 5.114 Coeficiente de influencia del tambor sobre el ángulo del disco.

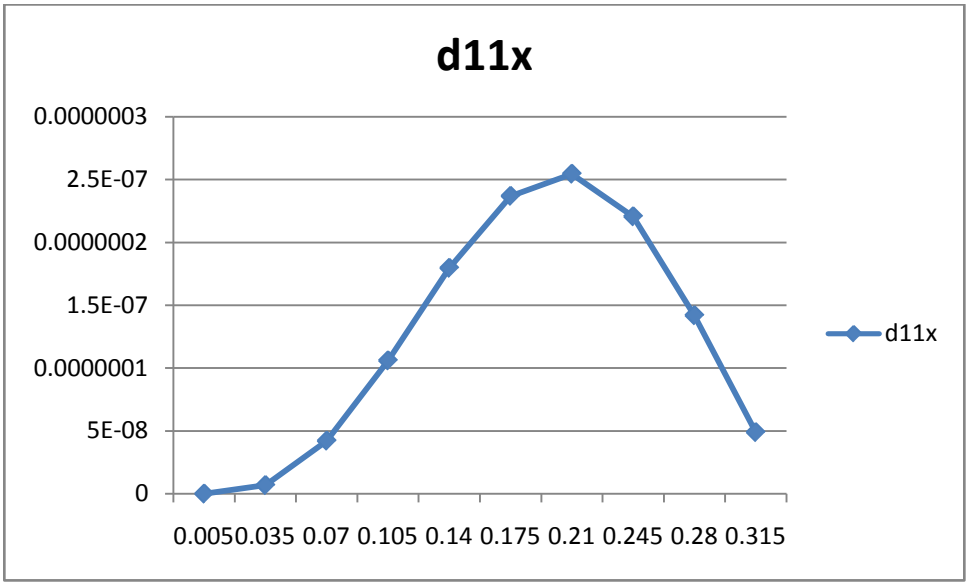

Figura 5.115 Coeficiente del rotor, desplazamiento y fuerza, que influyen en el desplazamiento del tambor.

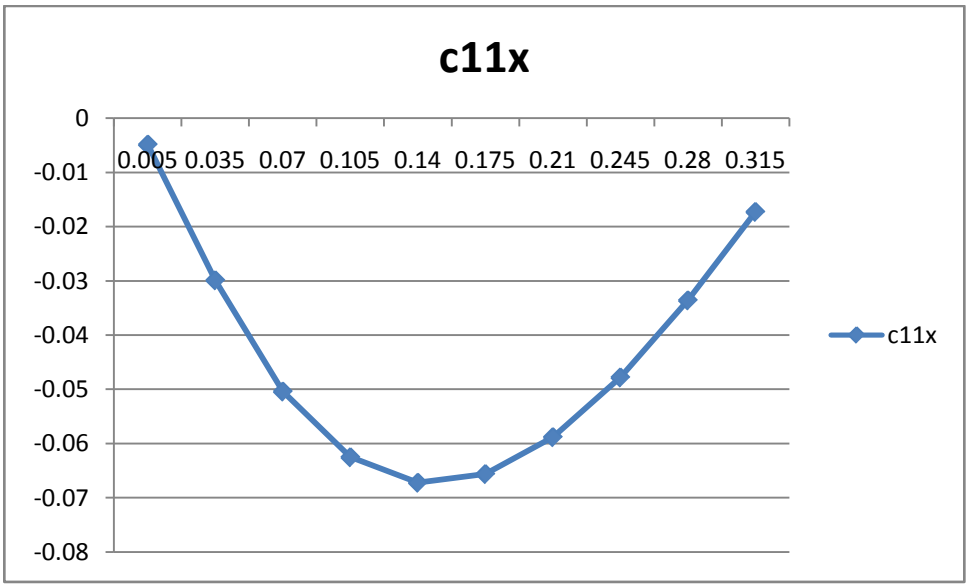

Figura 5.116 Coeficiente de influencia de rotación del disco con respecto el desplazamiento del tambor.

L2=0.425 m

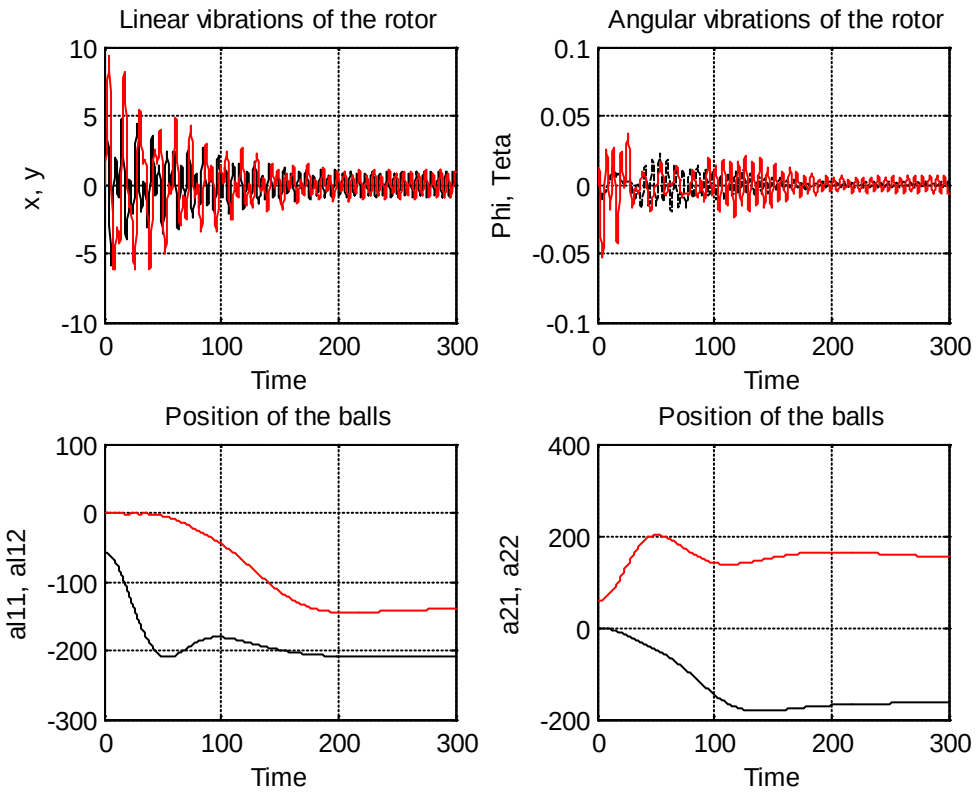

Figura 5.117 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

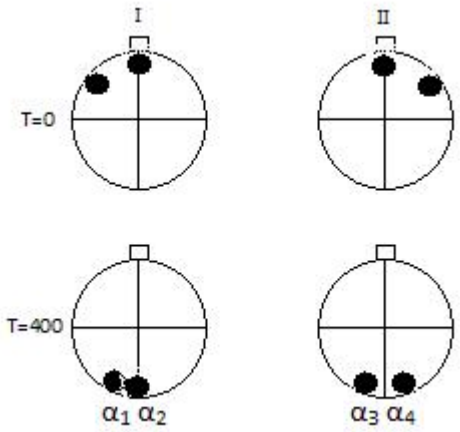

Figura 5.118 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-53.84° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-140° α_2=-210° α_3=-170° α_4=170°

L2=0.375 m

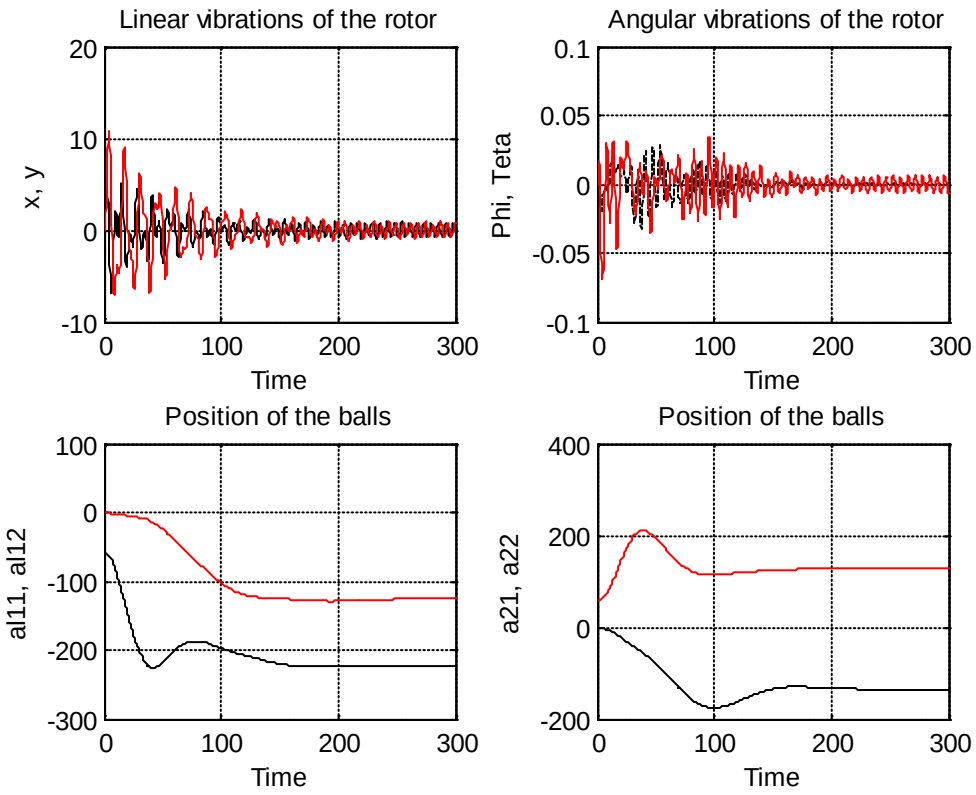

Figura 5.119 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

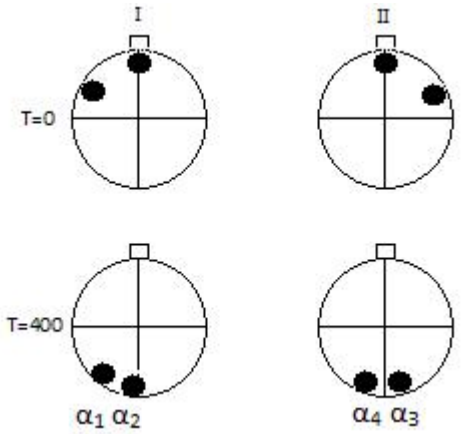

Figura 5.120 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-120° α_2=-220° α_3=-130° α_4=130°

L2=0.325 m

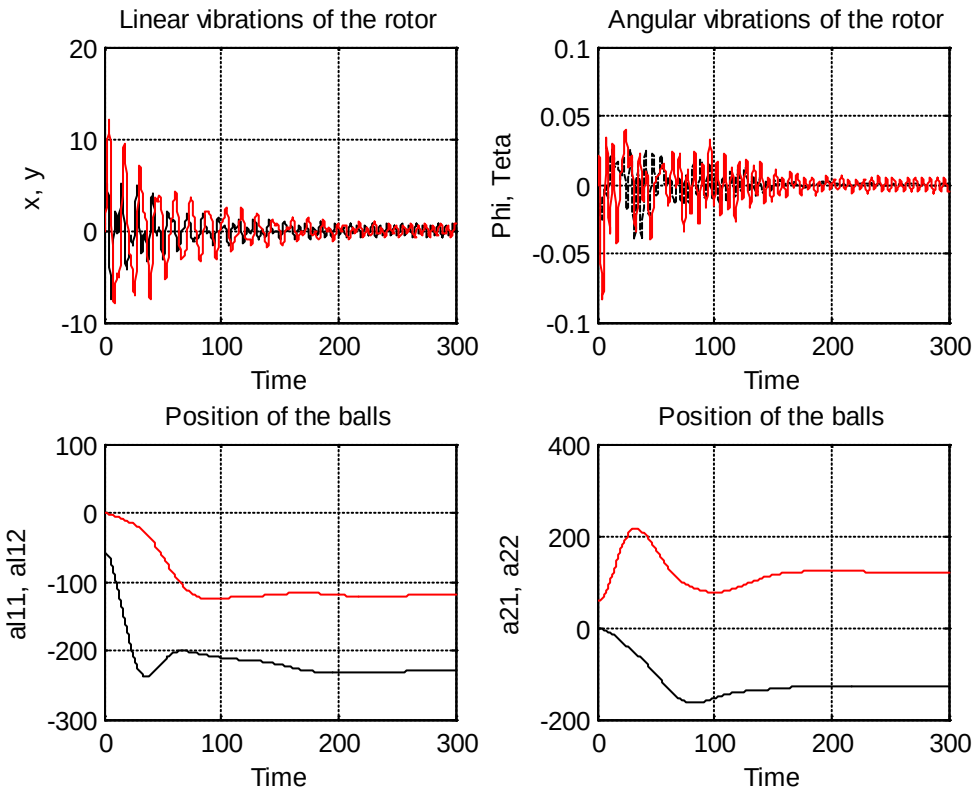

Figura 5.121 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

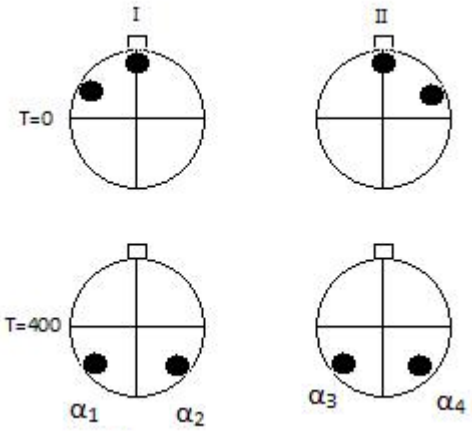

Figura 5.122 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.81°

T=400

α_1=-120° α_2=-220° α_3=-120° α_4=120°

L2=0.275 m

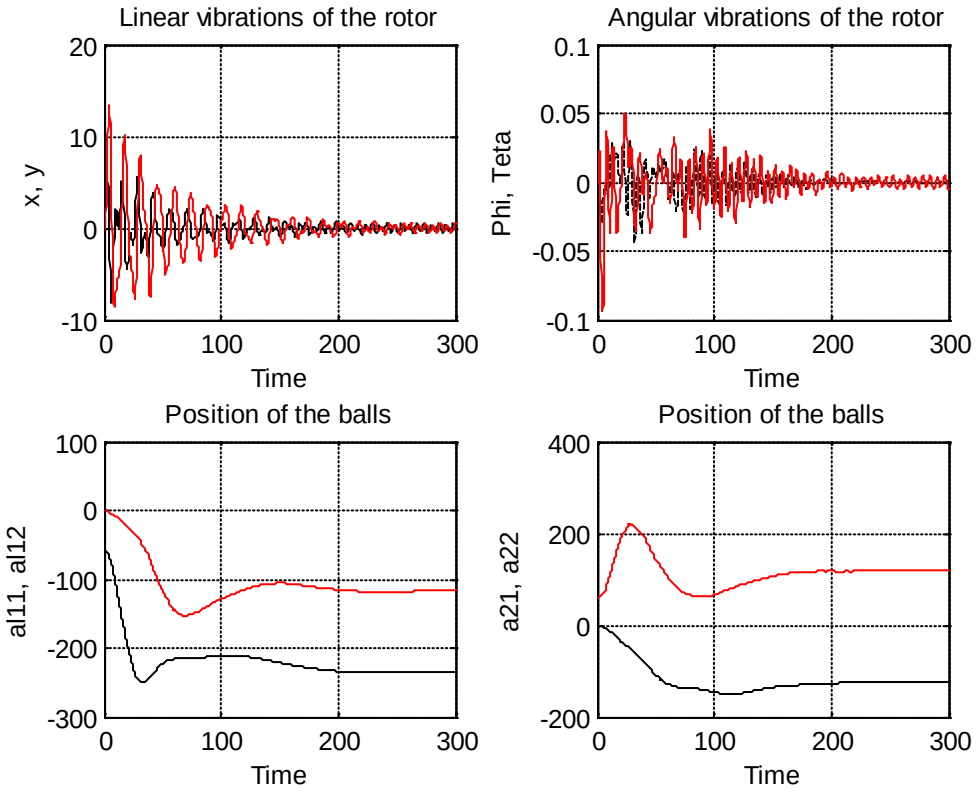

Figura 5.123 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

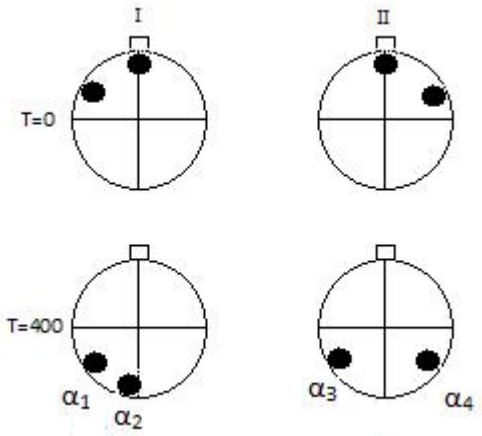

Figura 5.124 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.25°

T=400

α_1=-120° α_2=-230° α_3=-130° α_4=130°

L2=0.225 m

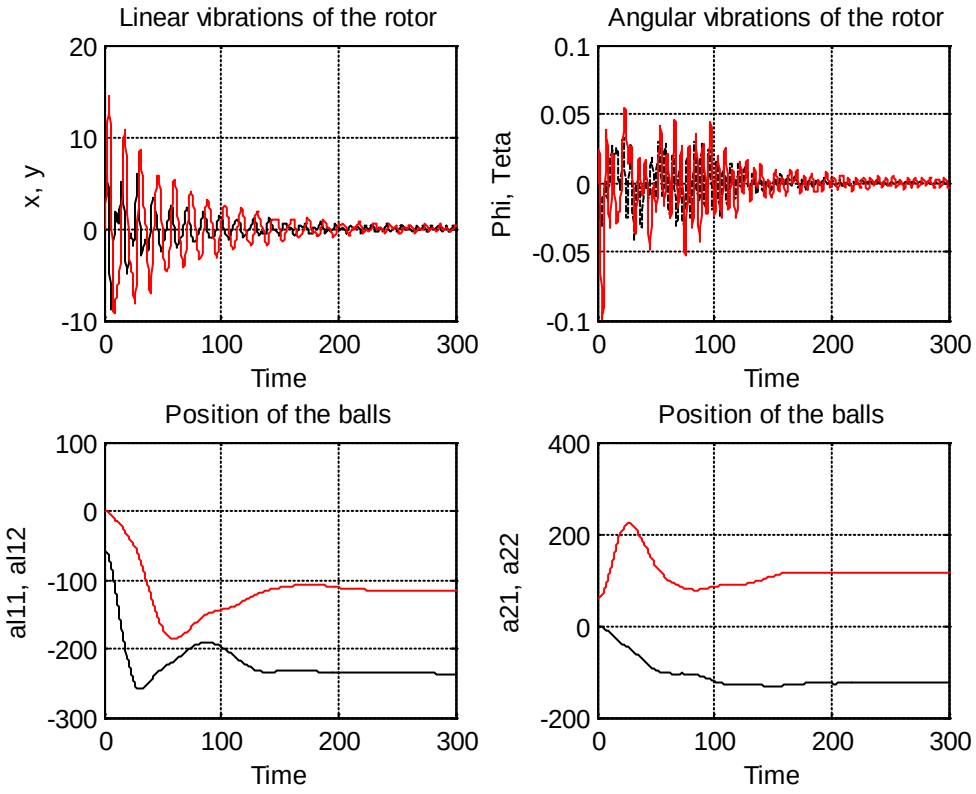

Figura 5.125 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

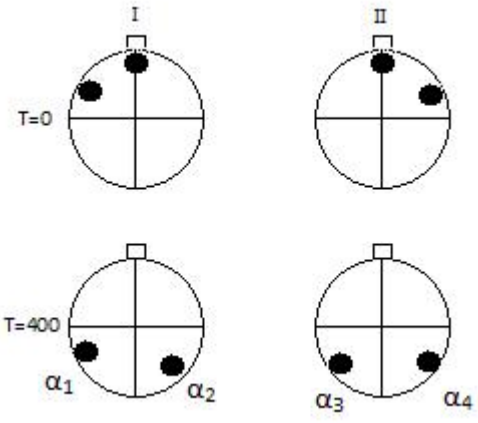

Figura 5.126 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.47°

T=400

α_1=-110° α_2=-230° α_3=-130° α_4=130°

L2=0.175 m

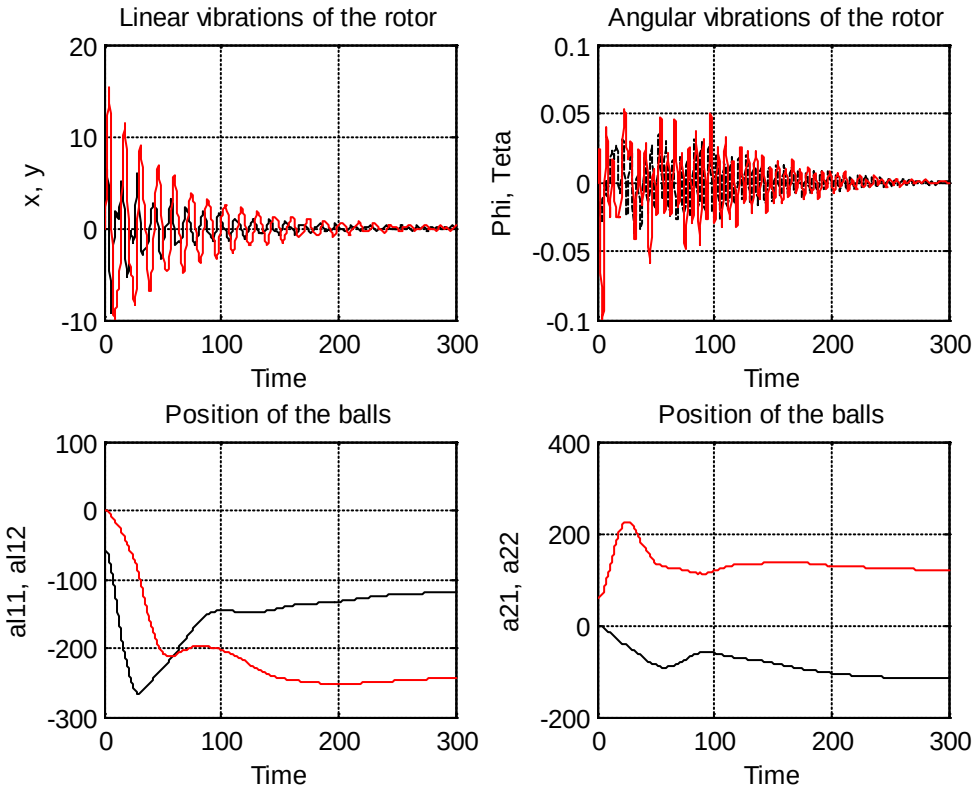

Figura 5.127 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

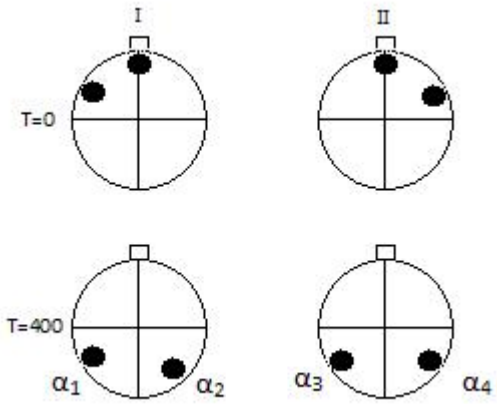

Figura 5.128 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.47°

T=400

α_1=-120° α_2=-240° α_3=-130° α_4=130°

L2=0.125 m

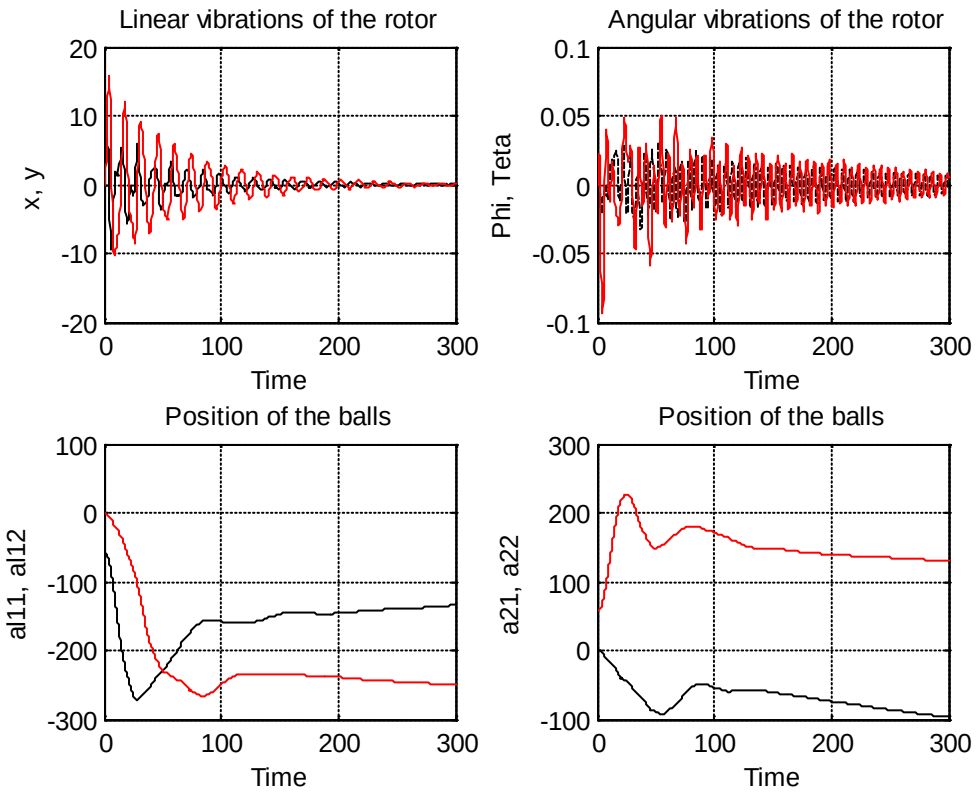

Figura 5.129 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

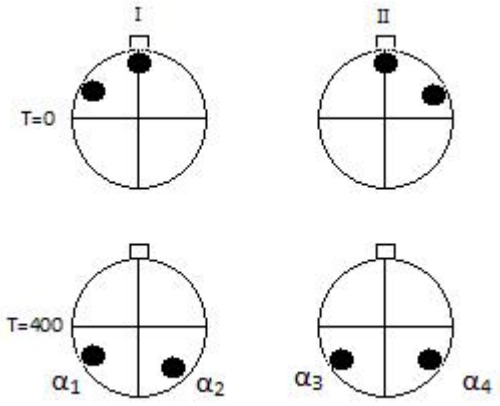

Figura 5.130 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=61.53° α_3=0° α_4=54.11°

T=400

α_1=-120° α_2=-250° α_3=130° α_4=-100°

L2=0.075 m

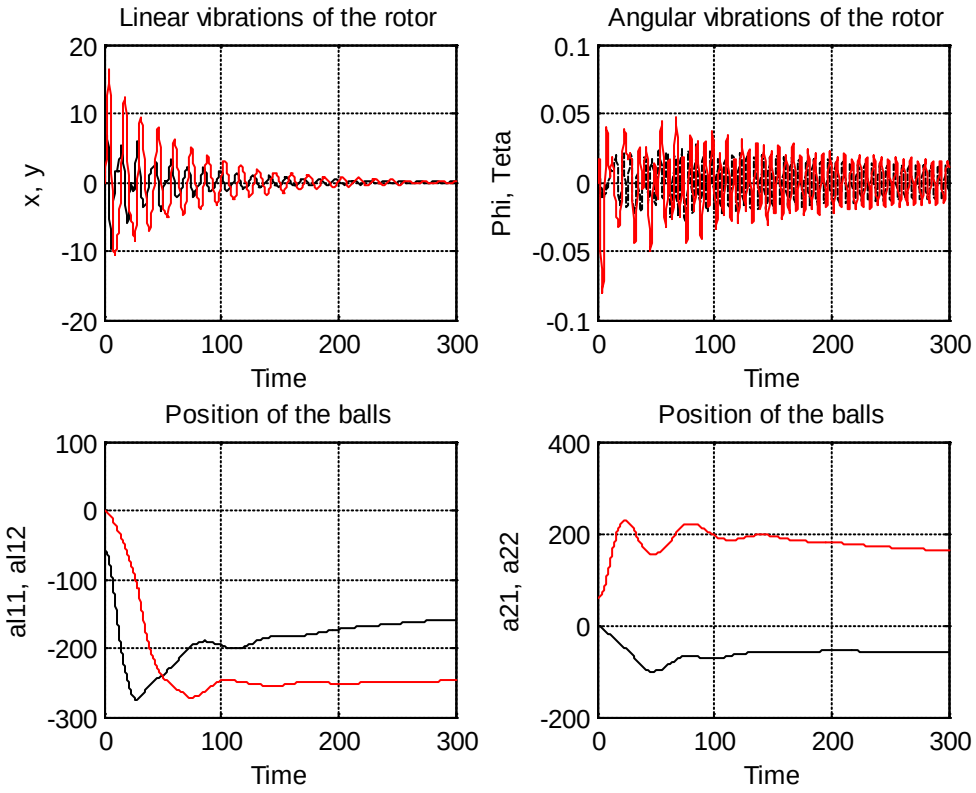

Figura 5.131 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

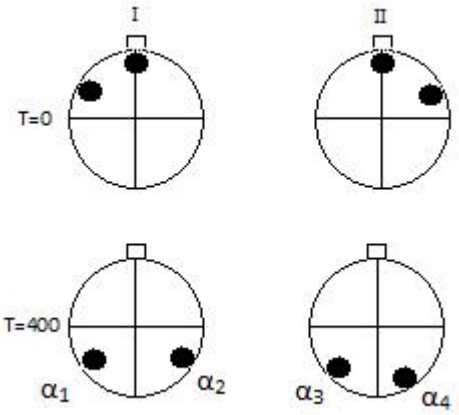

Figura 5.132 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-150° α_2=-240° α_3=-70° α_4=160°

L2=0.025 m

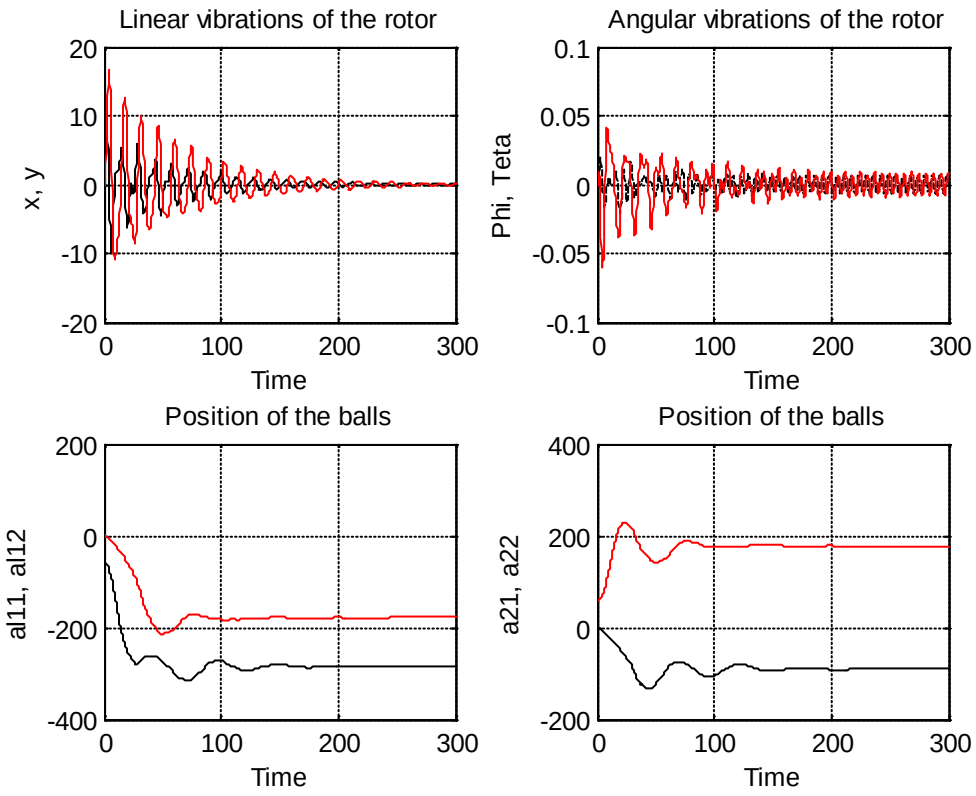

Figura 5.133 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

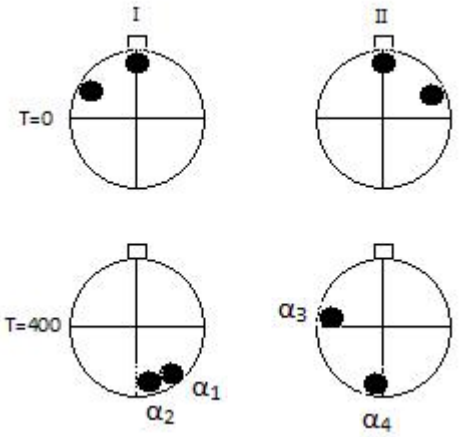

Figura 5.134 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.28°

T=400

α_1=-180° α_2=-290° α_3=-90° α_4=190°

L2=0.001 m

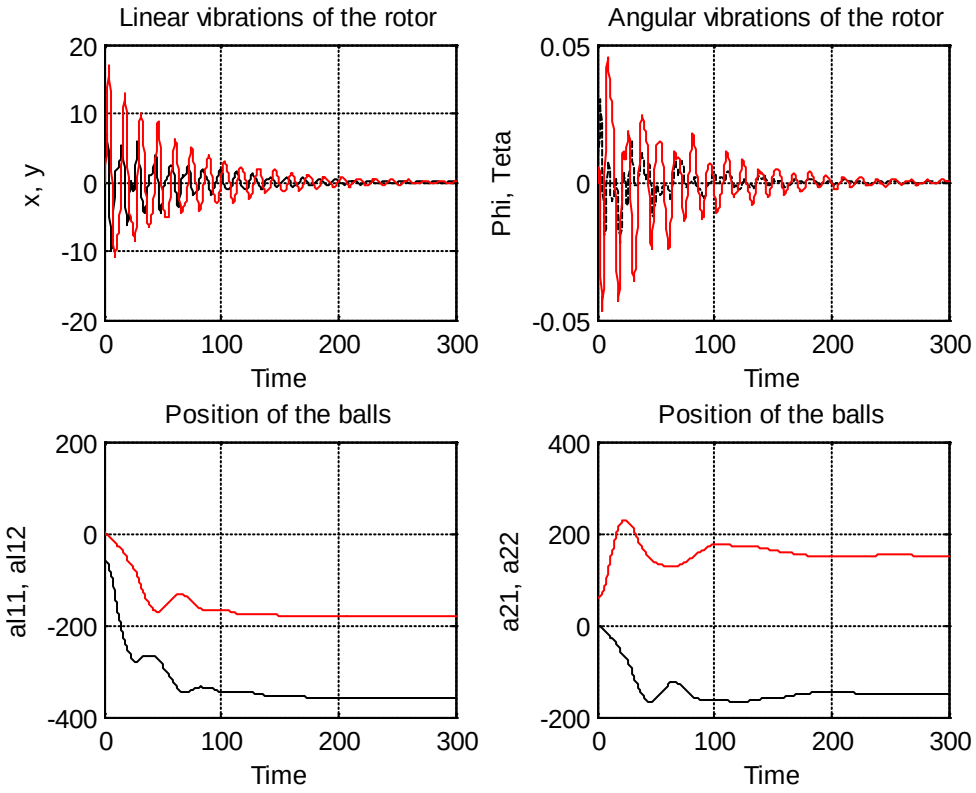

Figura 5.135 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

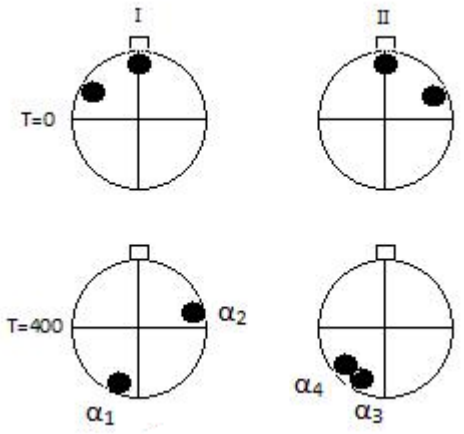

Figura 5.136 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=61.52° α_3=0° α_4=58.28°

T=400

α_1=-170° α_2=-350° α_3=-150° α_4=150°

CASO 3

Me=0.06 kgmm=0.30 kg

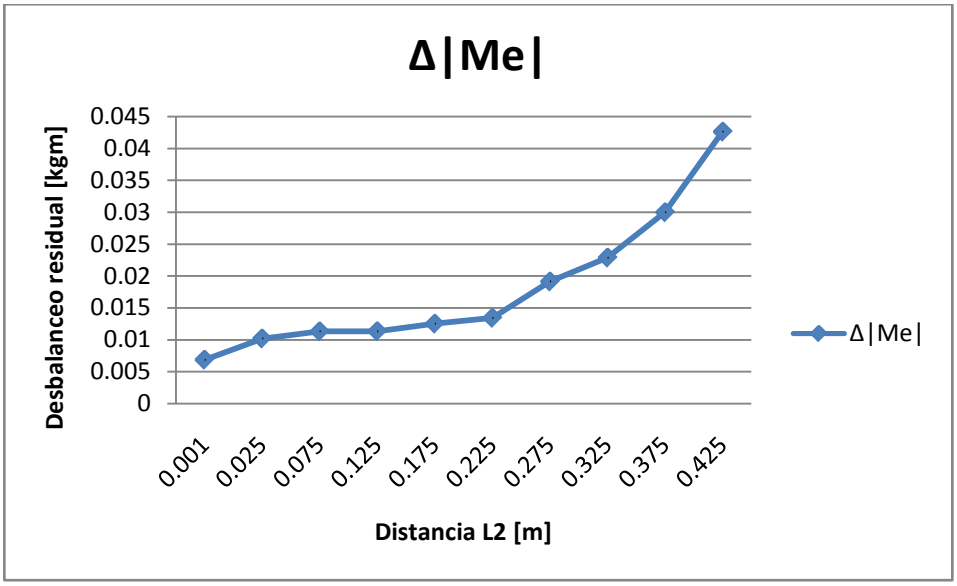

Figura 5.137 Muestra la grafica del desbalanceo estático residual.

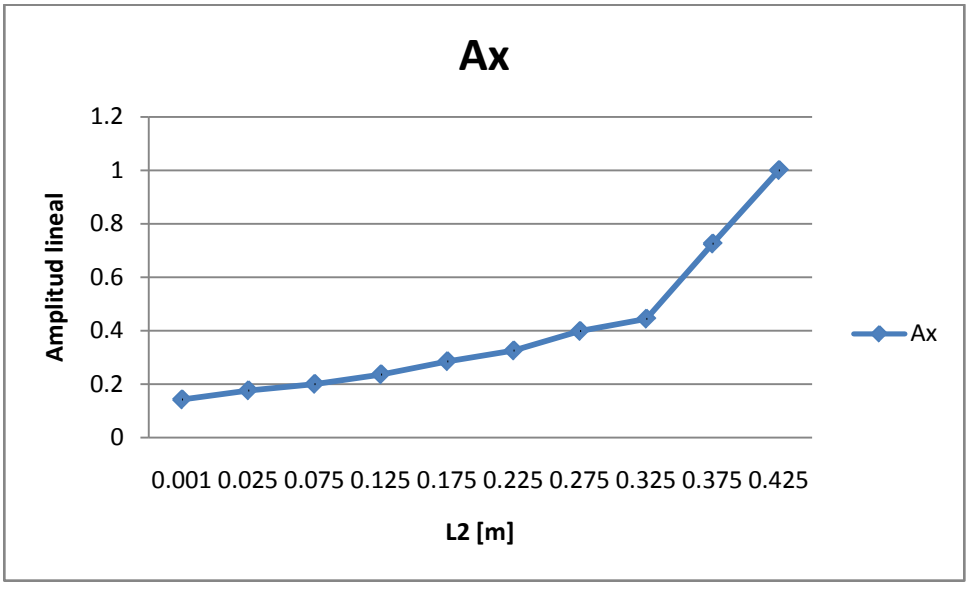

Figura 5.138 Muestra la grafica de amplitudes lineales residuales.

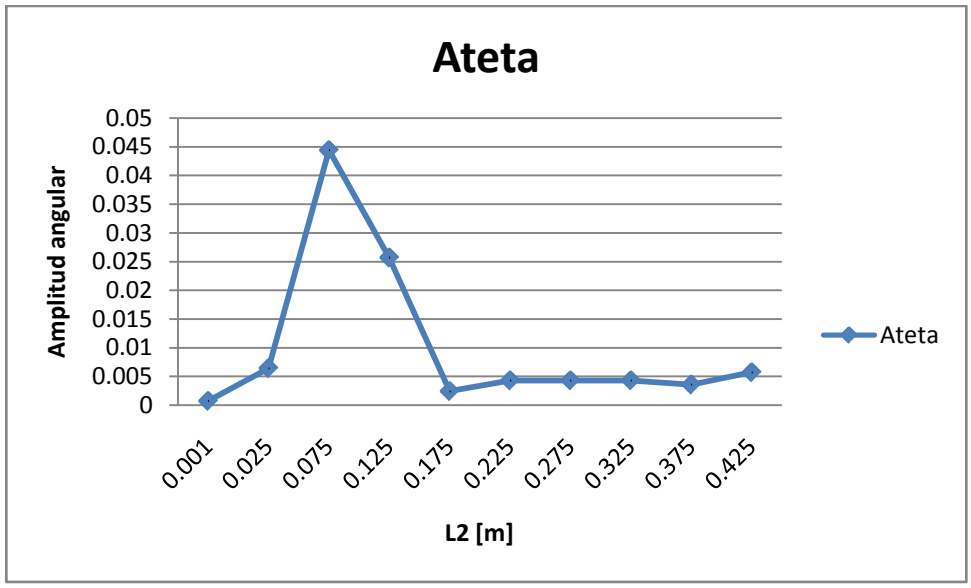

Figura 5.139 Muestra la grafica de las amplitudes angulares residuales del rotor.

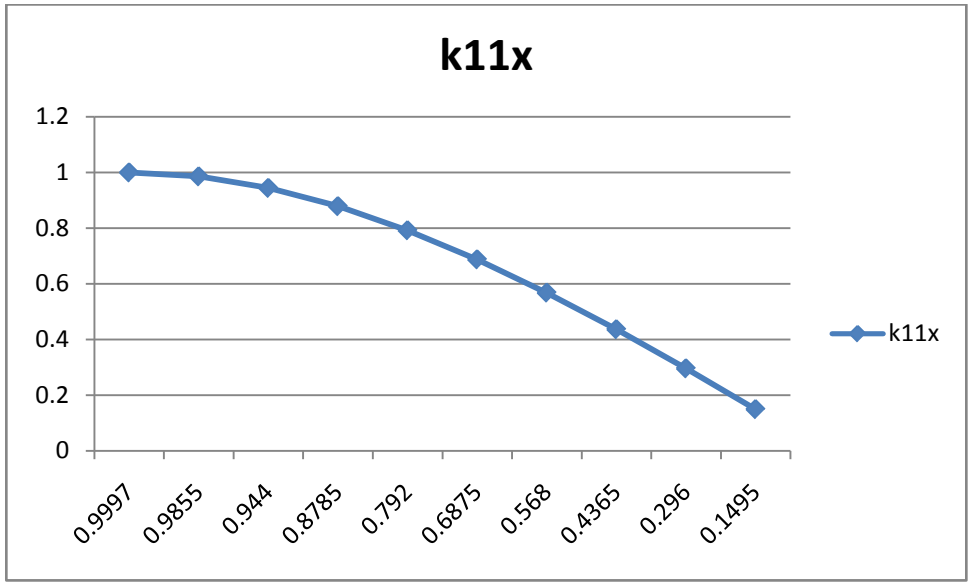

Figura 5.140 Coeficiente de transferencia de fuerza del tambor al plano del disco.

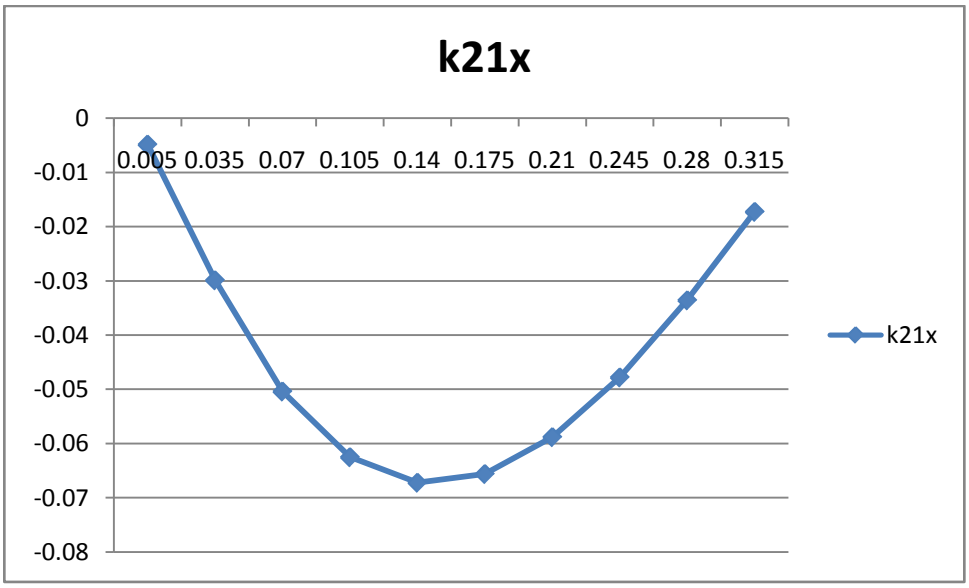

Figura 5.141 Coeficiente de influencia del tambor sobre el ángulo del disco.

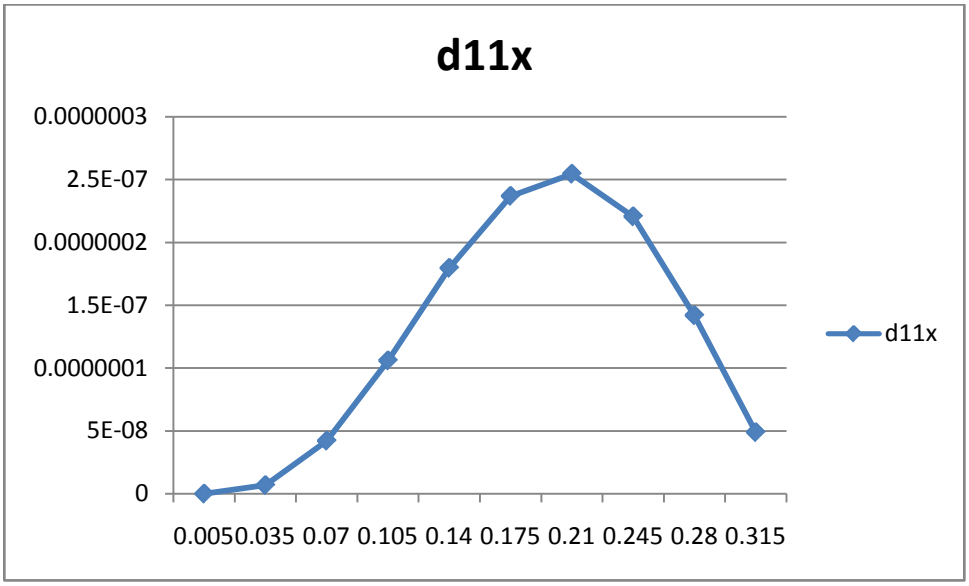

Figura 5.142 Coeficiente del rotor, desplazamiento y fuerza, que influyen en el desplazamiento del tambor.

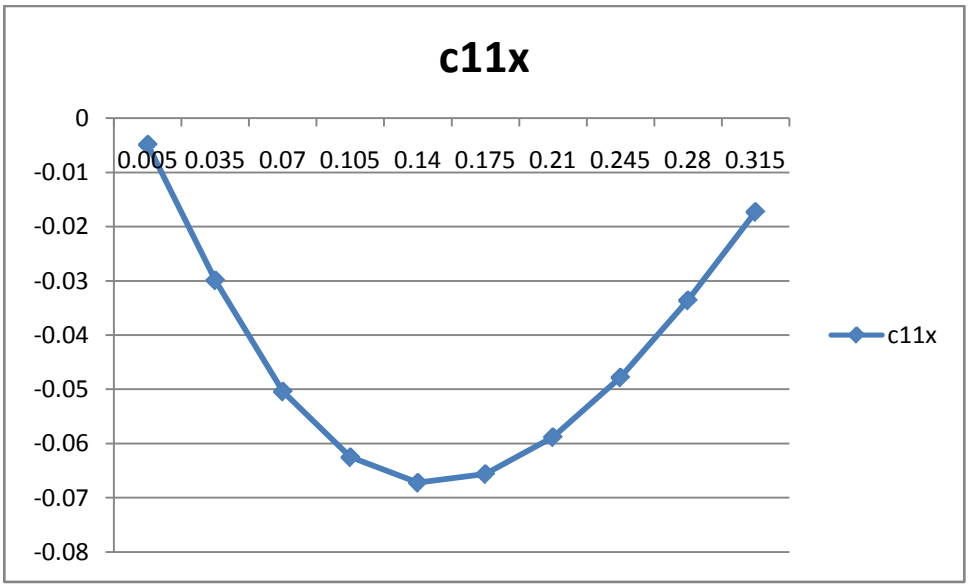

Figura 5.143 Coeficiente de influencia de rotación del disco con respecto el desplazamiento del tambor.

L2=0.425 m

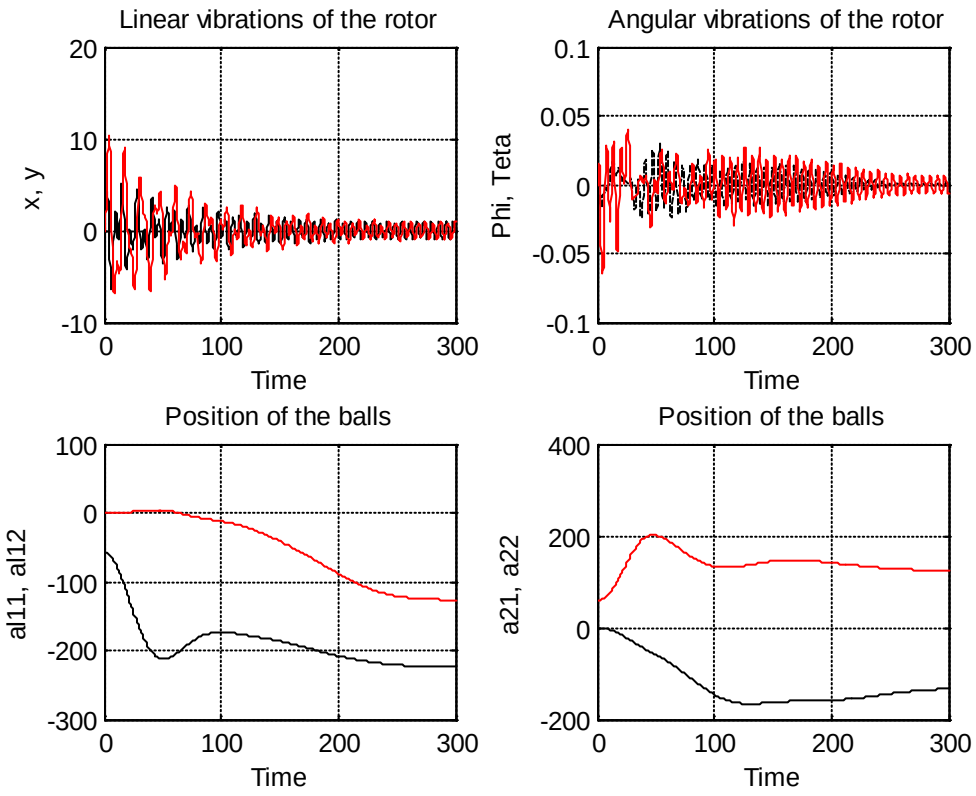

Figura 5.144 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

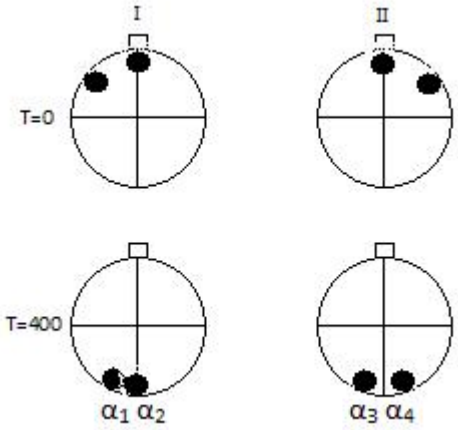

Figura 5.145 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-53.84° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-125° α_2=-225° α_3=-120° α_4=120°

L2=0.375 m

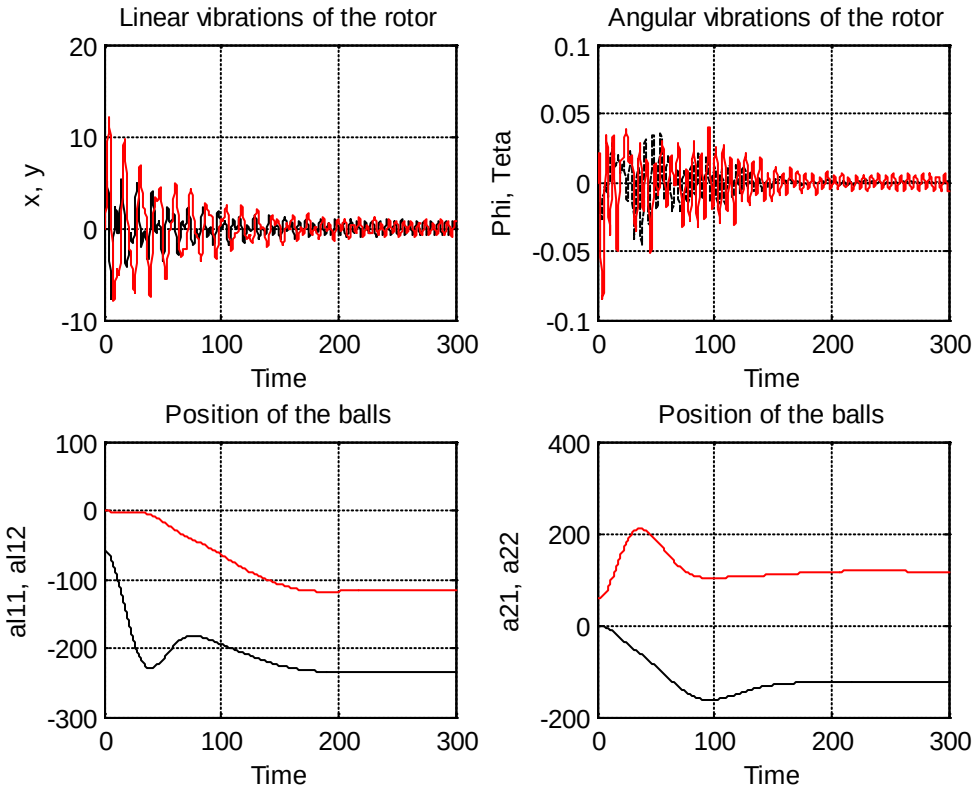

Figura 5.146 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

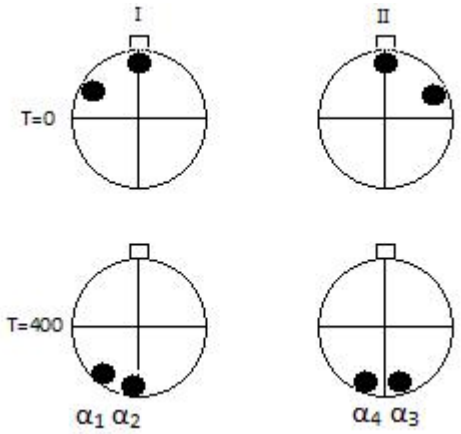

Figura 5.147 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-120° α_2=-240° α_3=-120° α_4=120°

L2=0.325 m

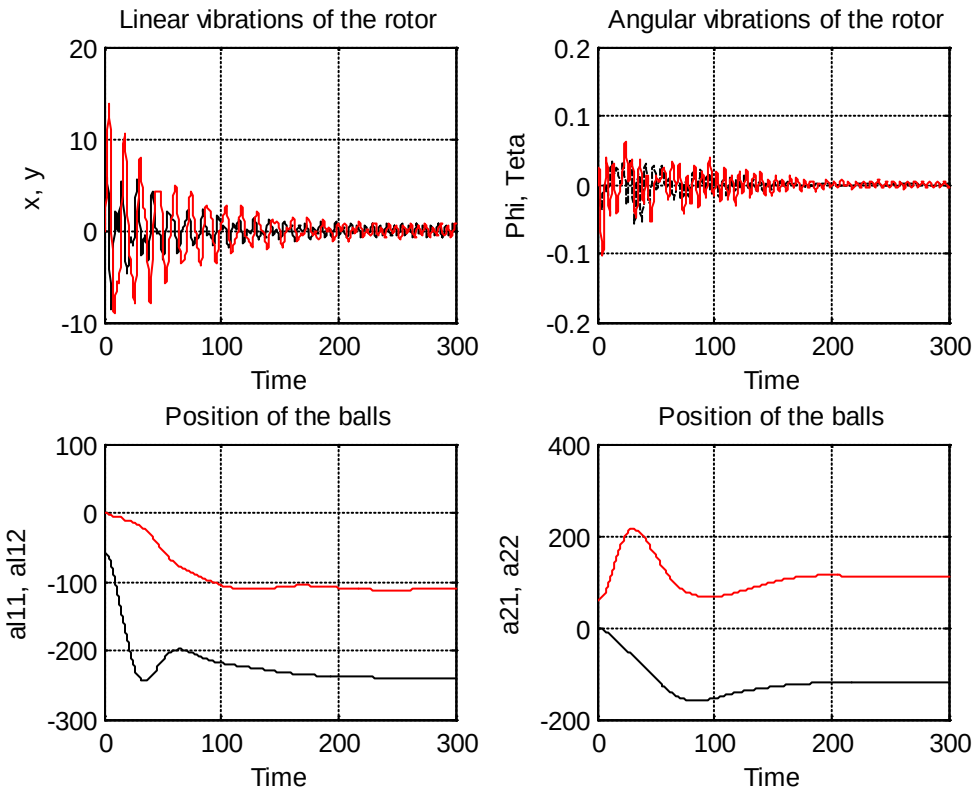

Figura 5.148 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

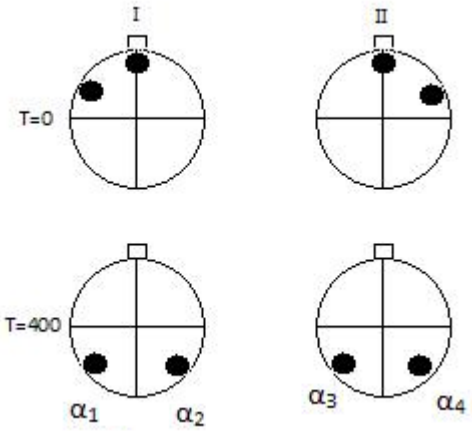

Figura 5.149 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.81°

T=400

α_1=-110° α_2=-240° α_3=-120° α_4=120°

L2=0.275 m

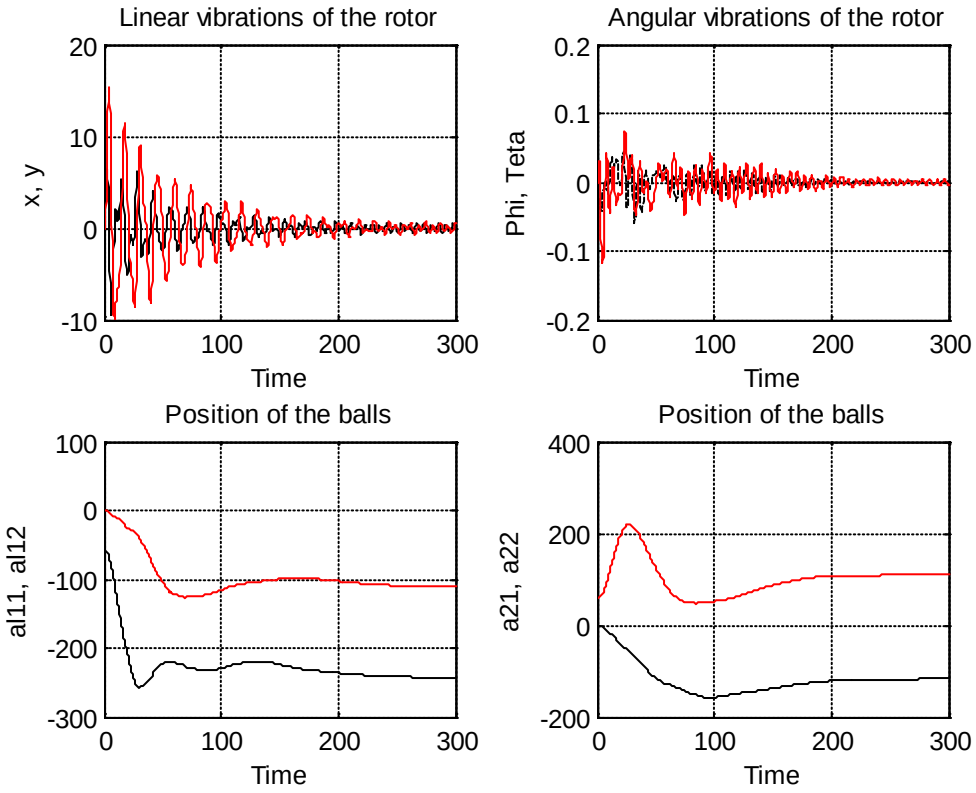

Figura 5.150 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

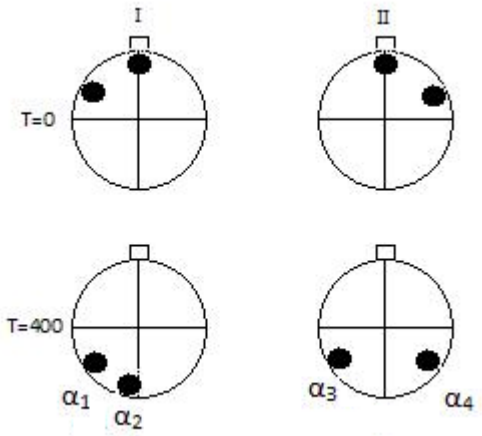

Figura 5.151 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.25°

T=400

α_1=-105° α_2=-240° α_3=-120° α_4=120°

L2=0.225 m

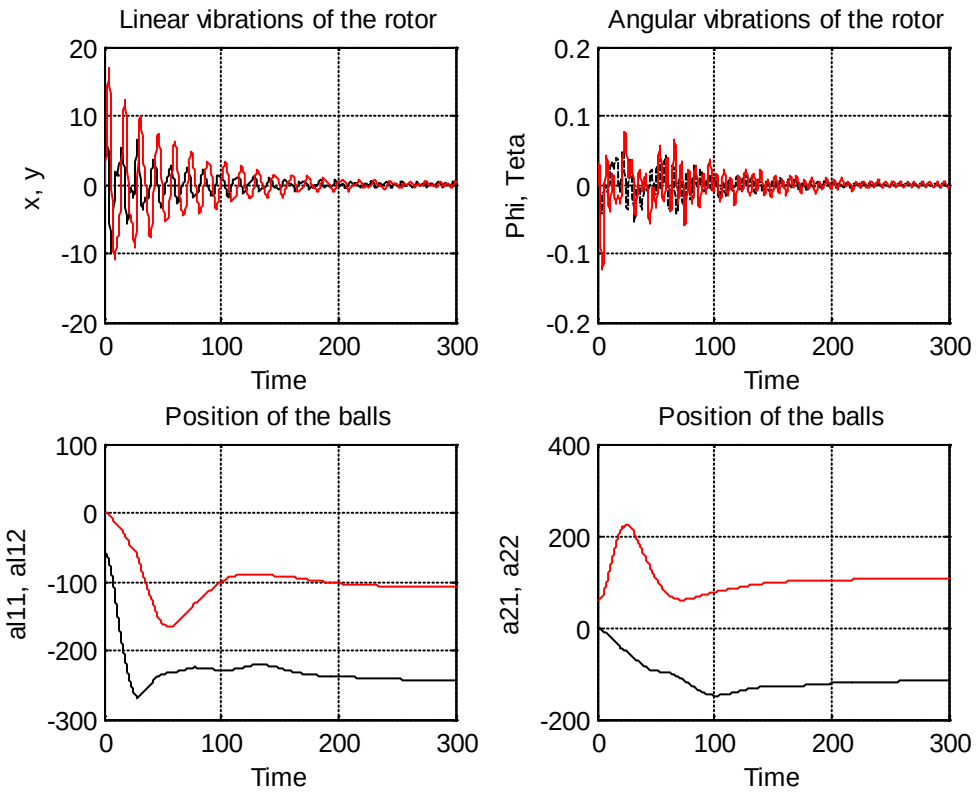

Figura 5.152 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

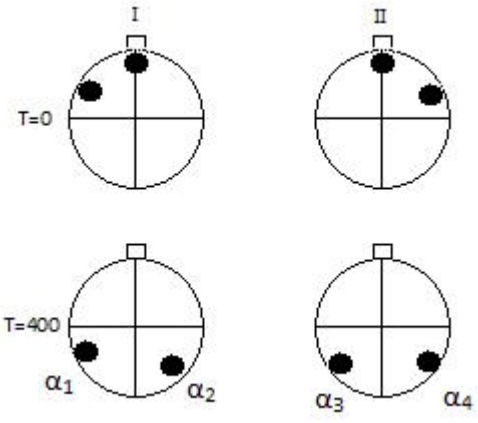

Figura 5.153 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.47°

T=400

α_1=-105° α_2=-240° α_3=-110° α_4=110°

L2=0.175 m

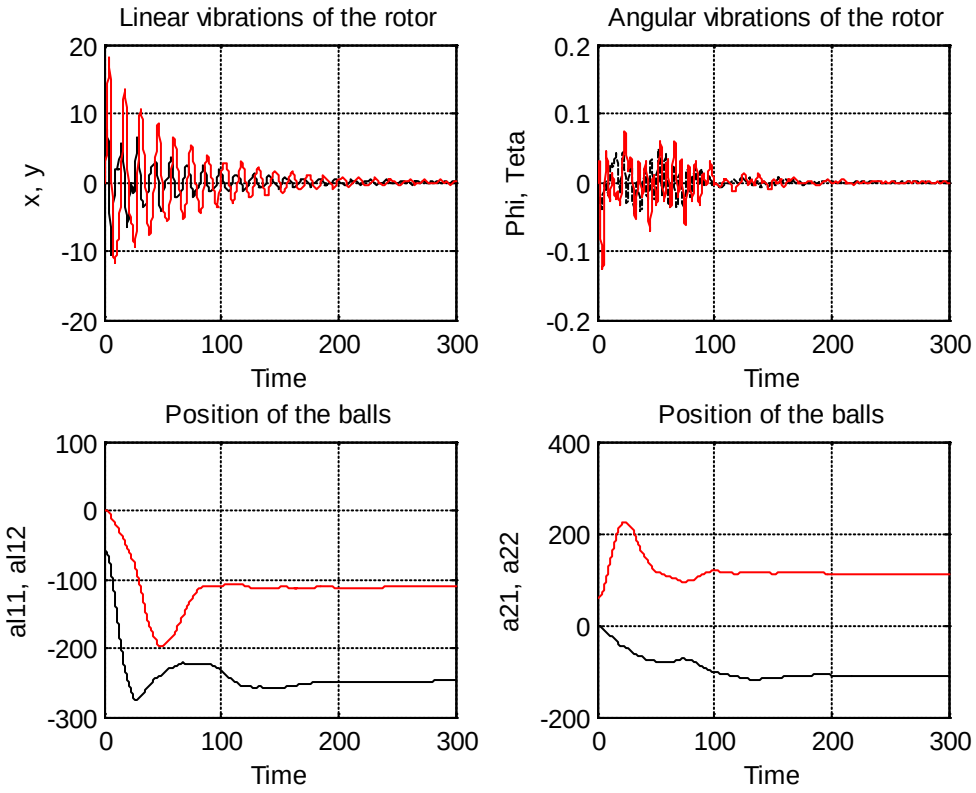

Figura 5.154 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

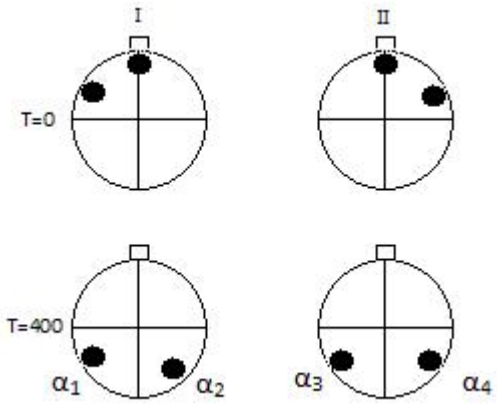

Figura 5.155 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=56.47°

T=400

α_1=-105° α_2=-240° α_3=-110° α_4=110°

L2=0.125 m

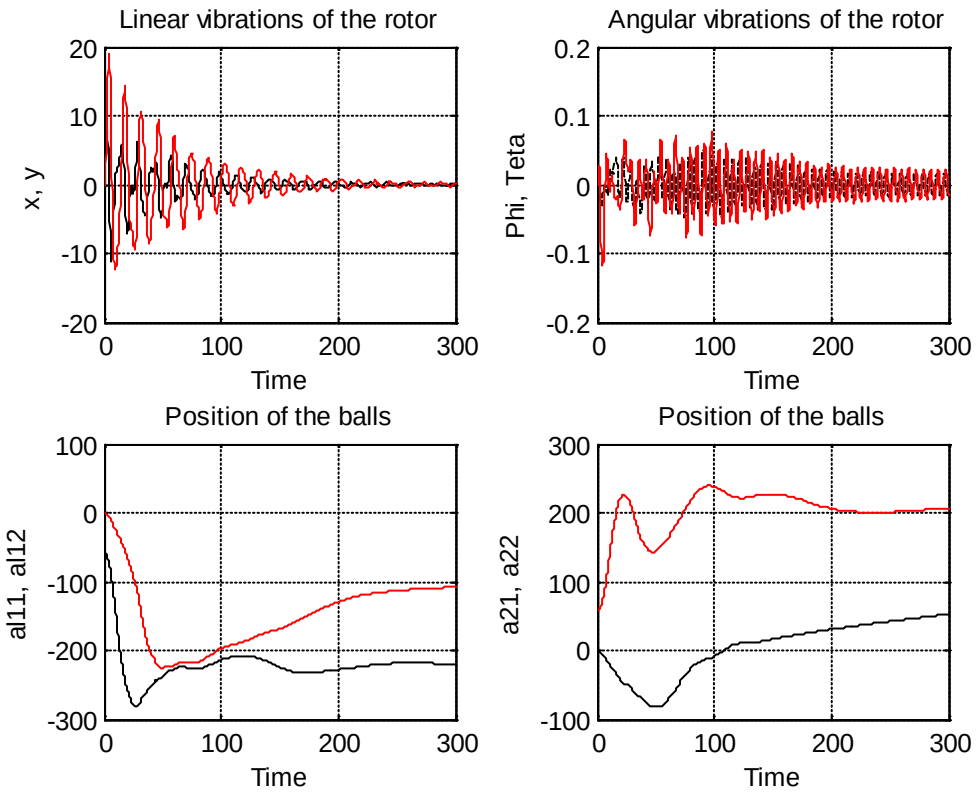

Figura 5.156 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

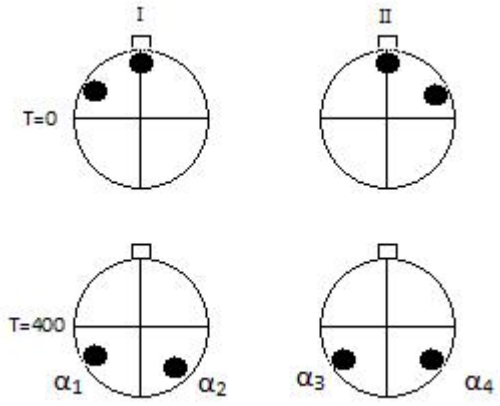

Figura 5.157 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=61.53° α_3=0° α_4=54.11°

T=400

α_1=-100° α_2=-220° α_3=70°α_4=210°

L2=0.075 m

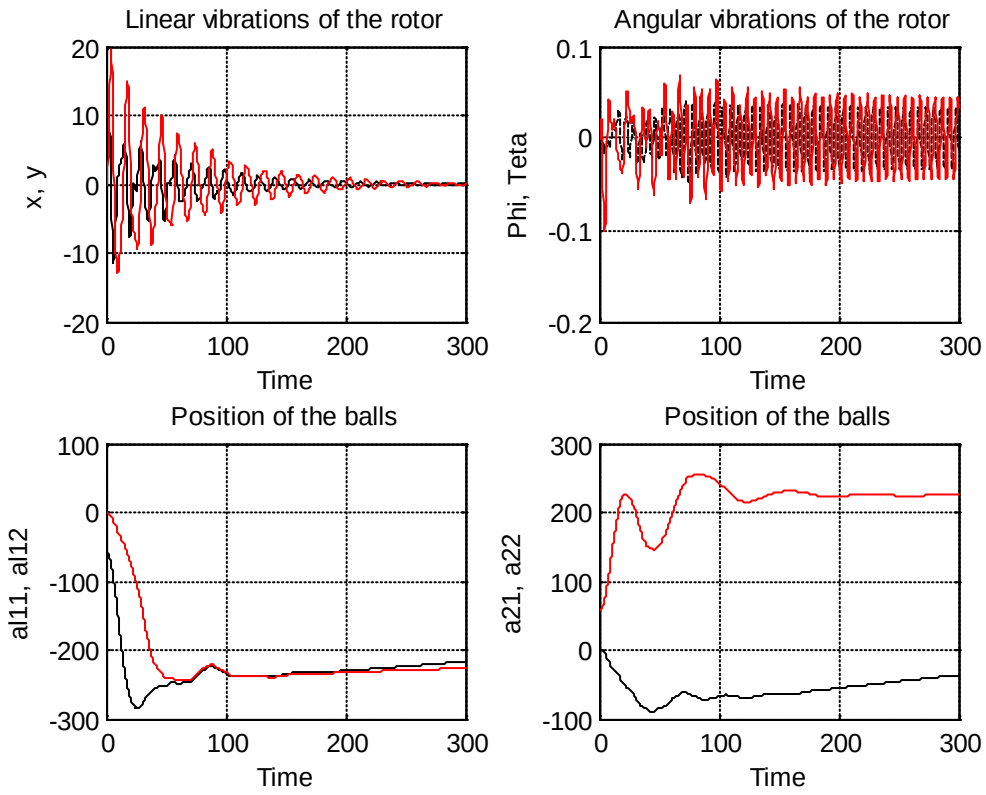

Figura 5.158 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

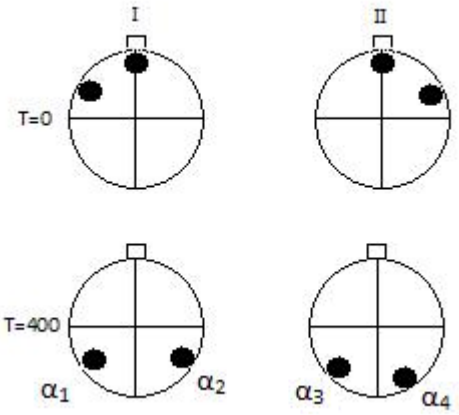

Figura 5.159 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.82°

T=400

α_1=-220° α_2=-215° α_3=-30° α_4=220°

L2=0.025 m

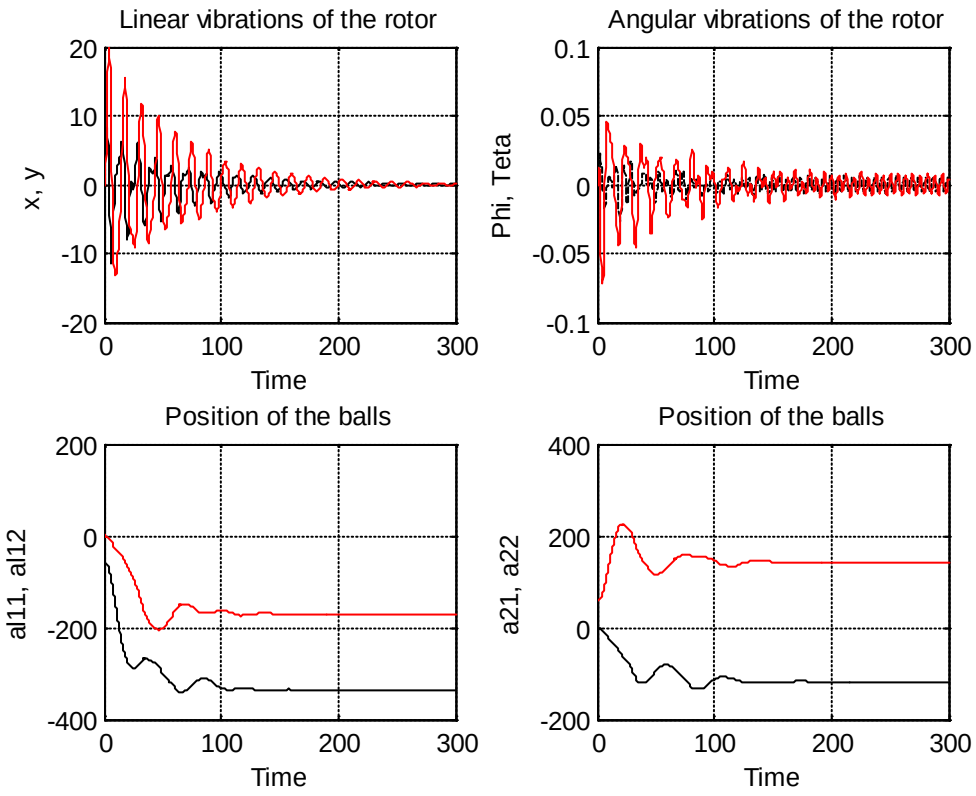

Figura 5.160 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

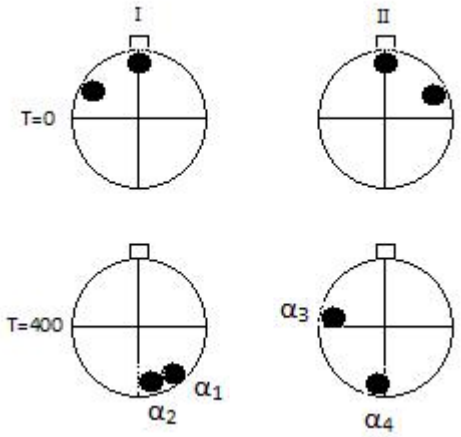

Figura 5.161 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=-61.53° α_3=0° α_4=58.28°

T=400

α_1=-160° α_2=-325° α_3=-120° α_4=160°

L2=0.001 m

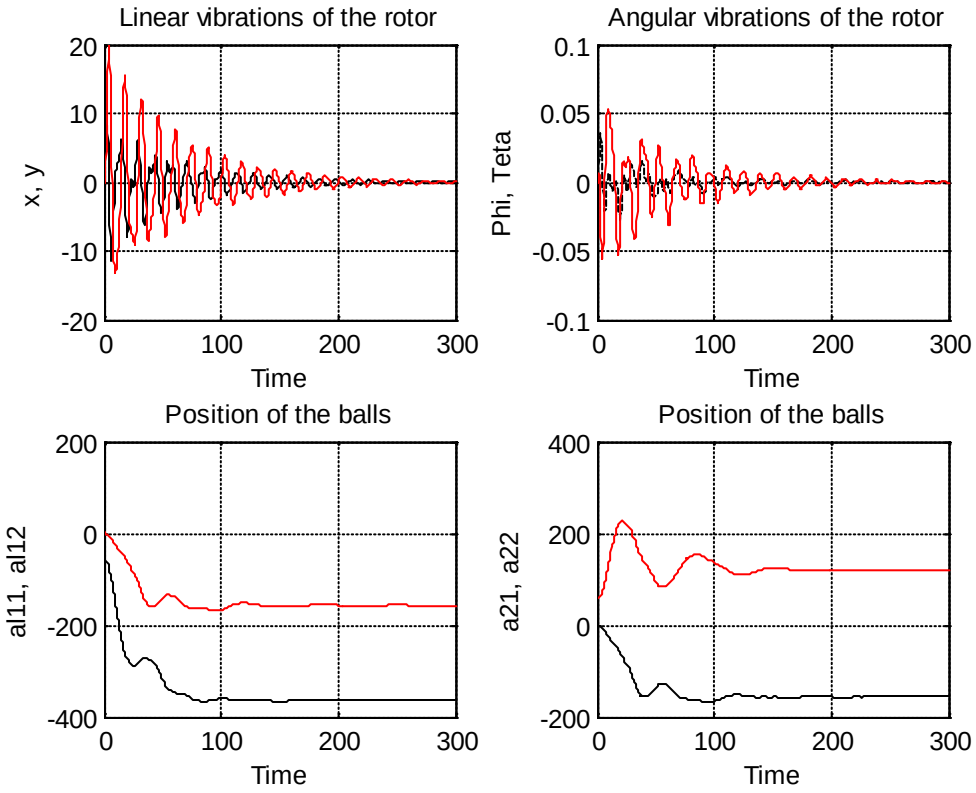

Figura 5.162 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

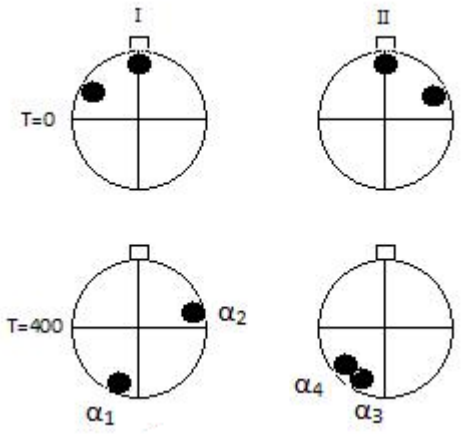

Figura 5.163 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=61.52° α_3=0° α_4=58.28°

T=400

α_1=-150° α_2=-350° α_3=-150° α_4=150°

5.3.3 Disco ubicado a un tercio de distancia.

CASO 1

Me=0.05 kgmm=0.15 kg

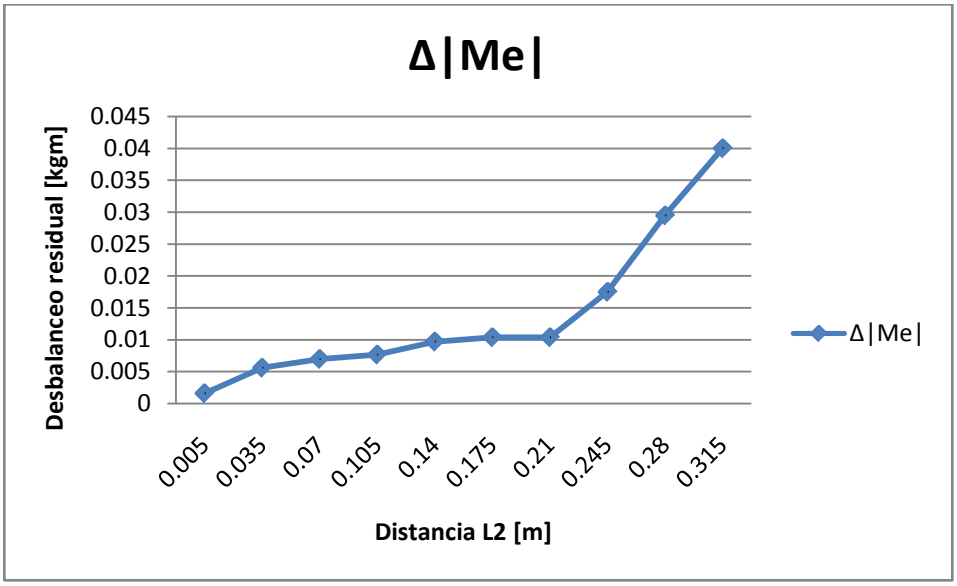

Figura 5.164 Muestra la grafica del desbalanceo estático residual.

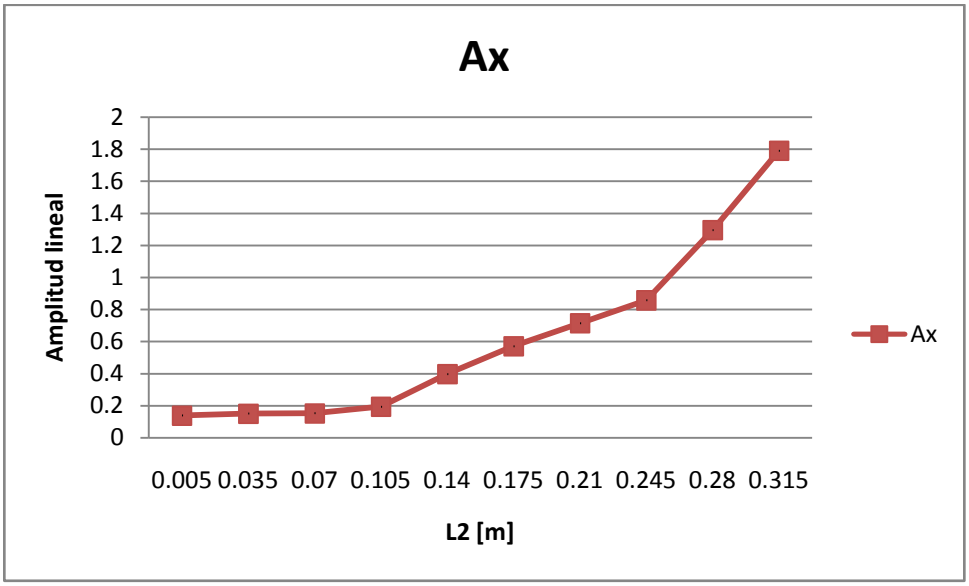

Figura 5.165 Muestra la grafica de amplitudes lineales residuales.

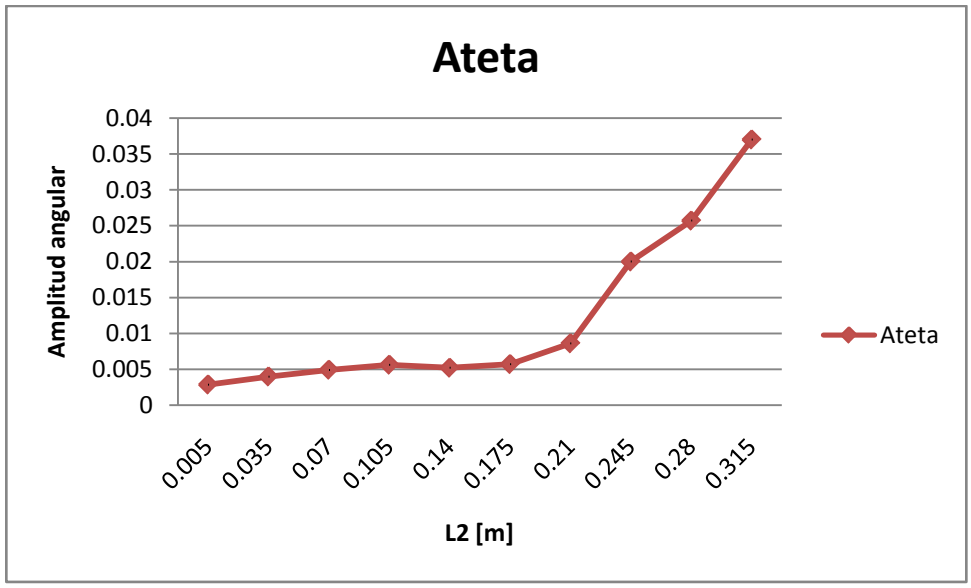

Figura 5.166 Muestra la grafica de las amplitudes angulares residuales del rotor.

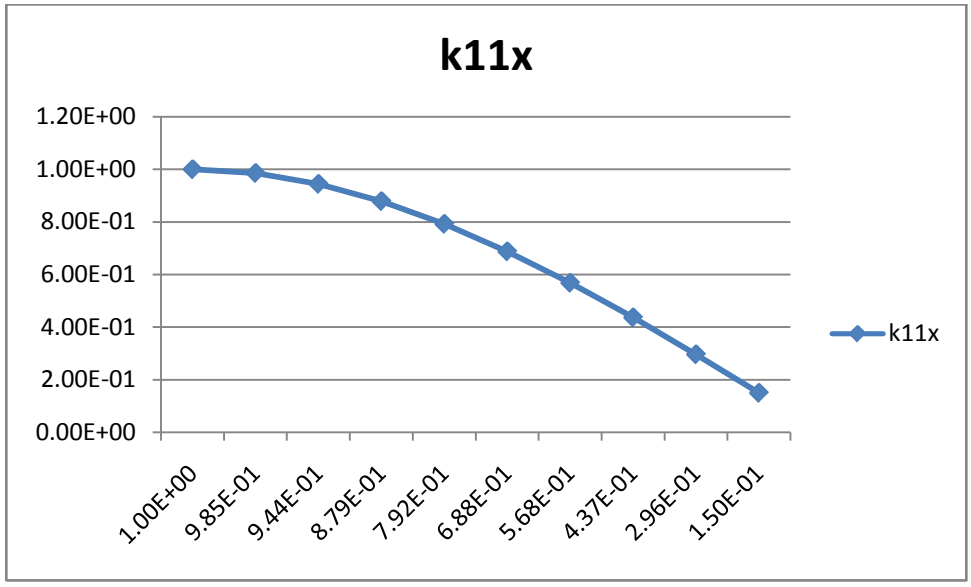

Figura 5.167 Coeficiente de transferencia de fuerza del tambor al plano del disco.

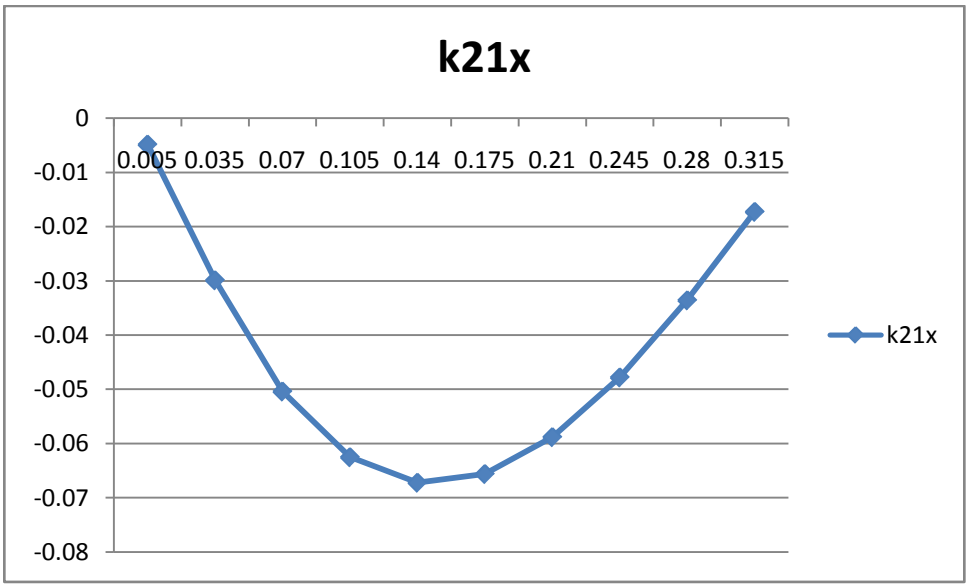

Figura 5.168 Coeficiente de influencia del tambor sobre el ángulo del disco.

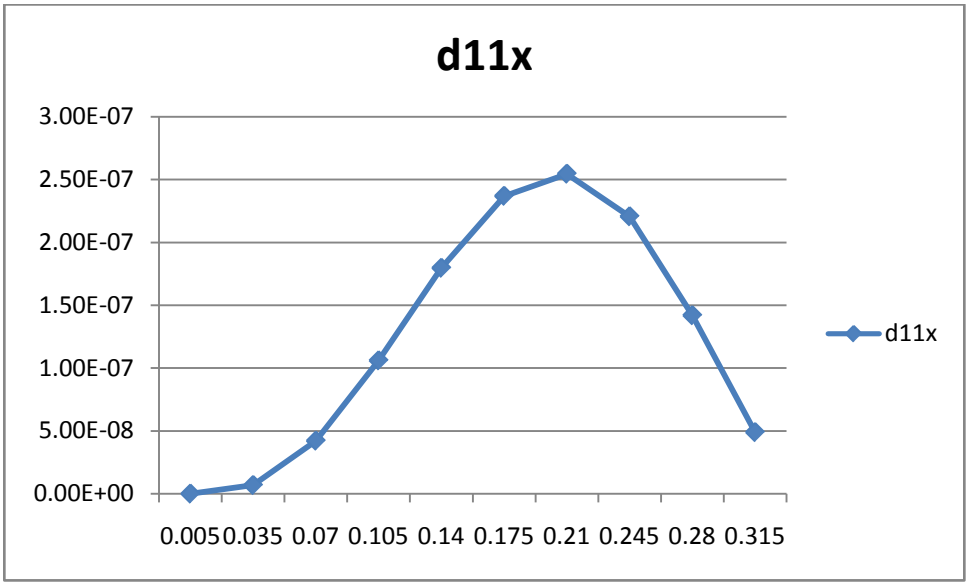

Figura 5.169 Coeficiente del rotor, desplazamiento y fuerza, que influyen en el desplazamiento del tambor.

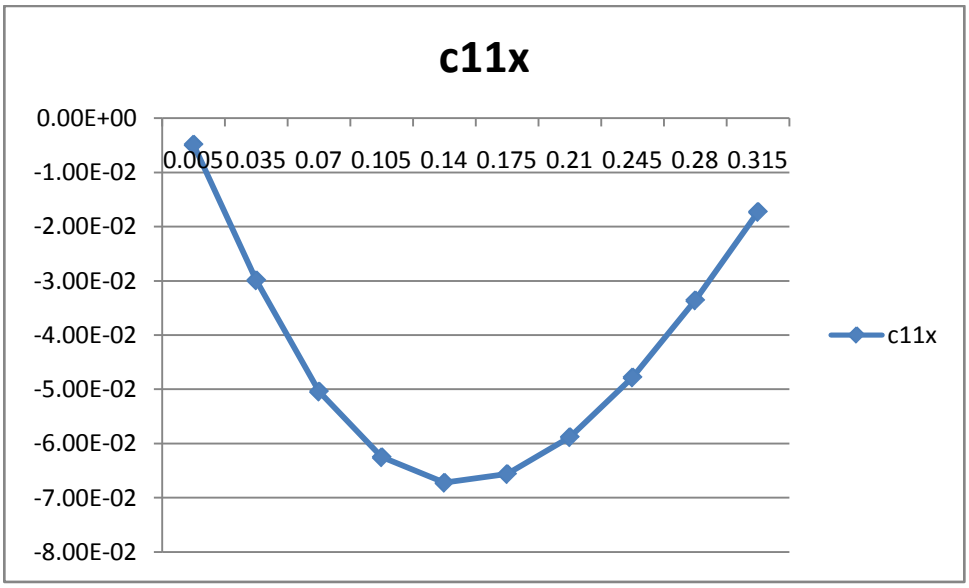

Figura 5.170 Coeficiente de influencia de rotación del disco con respecto el desplazamiento del tambor.

L2=0.315 m

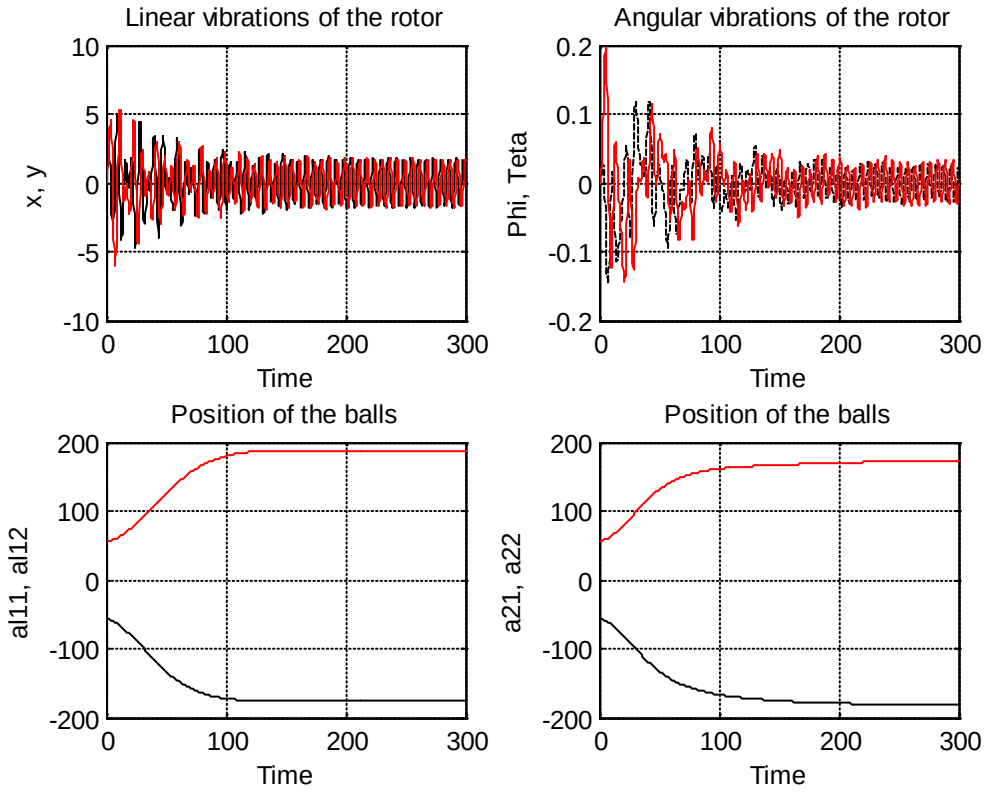

Figura 5.171 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

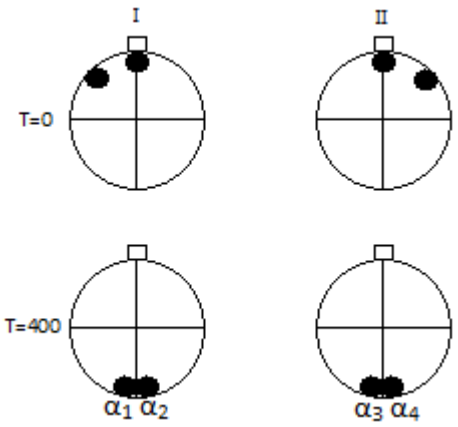

Figura 5.172 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-180° α_2=180° α_3=-180° α_4=180°

L2=0.28 m

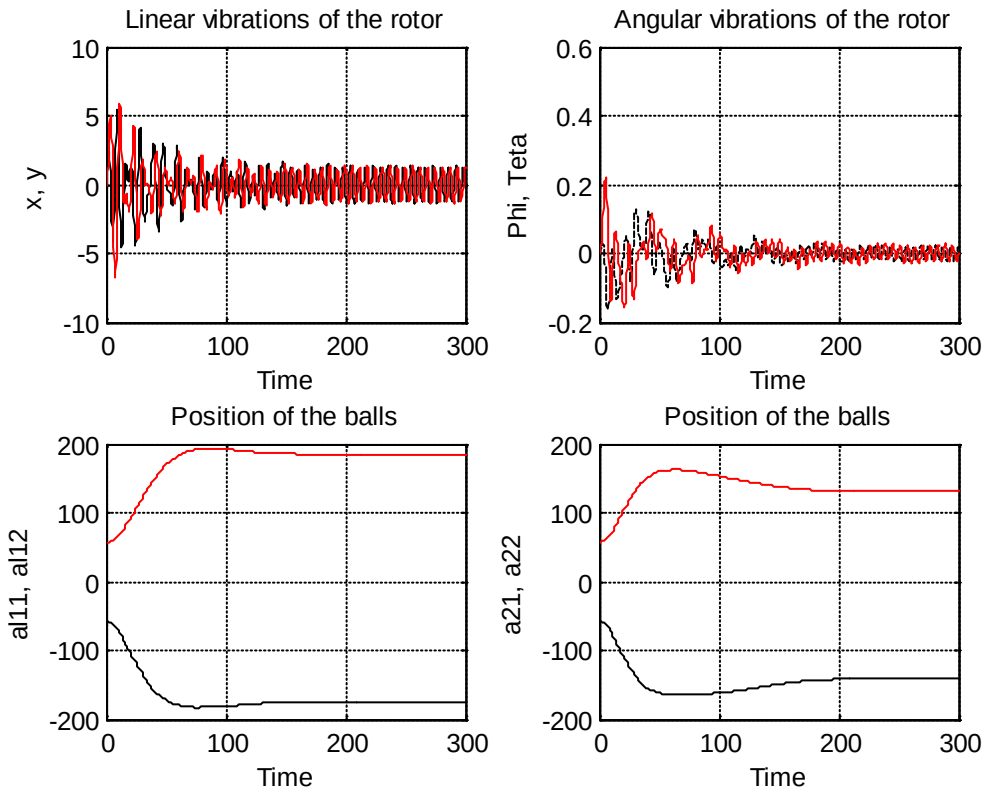

Figura 5.173 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

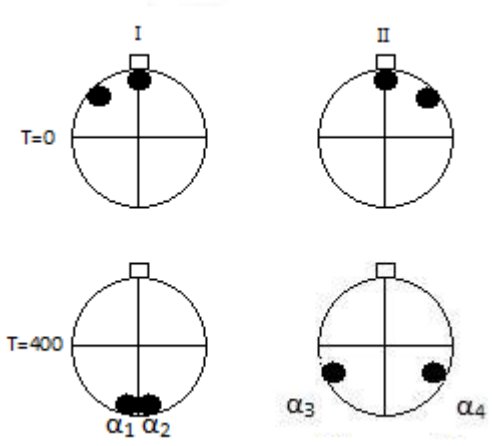

Figura 5.174 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-180° α_2=180° α_3=-140° α_4=140°

L2=0.245 m

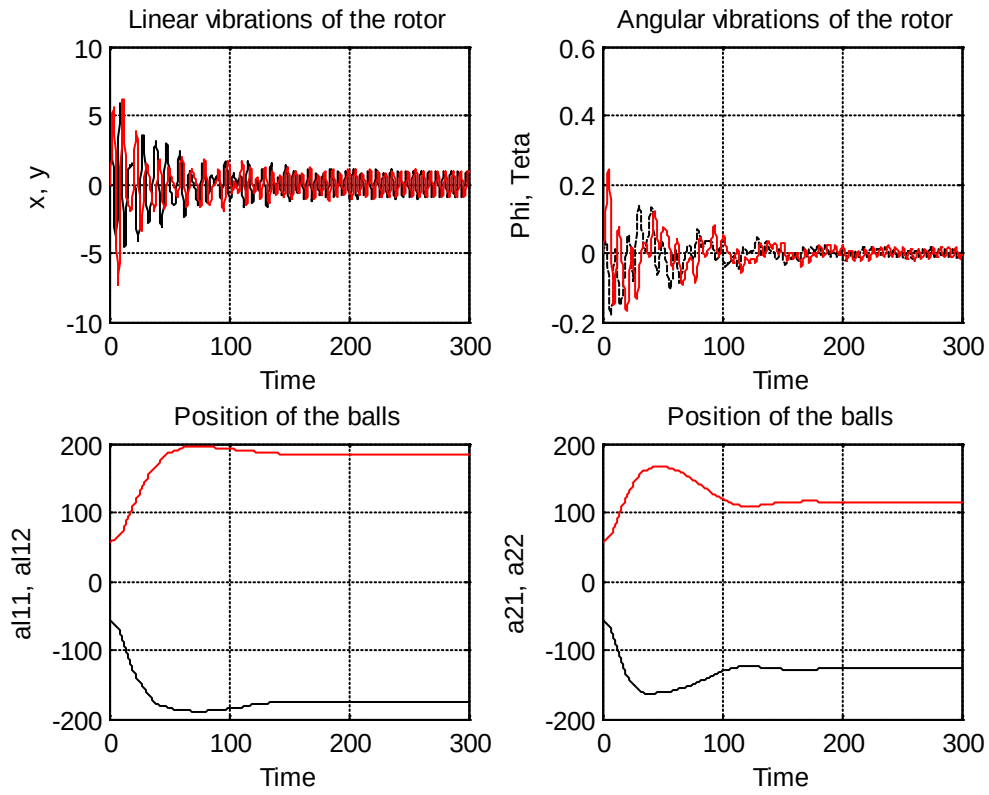

Figura 5.175 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

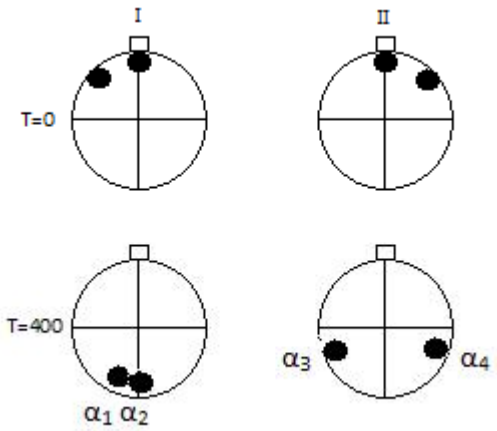

Figura 5.176 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-180° α_2=180° α_3=-120° α_4=120°

L2=0.21 m

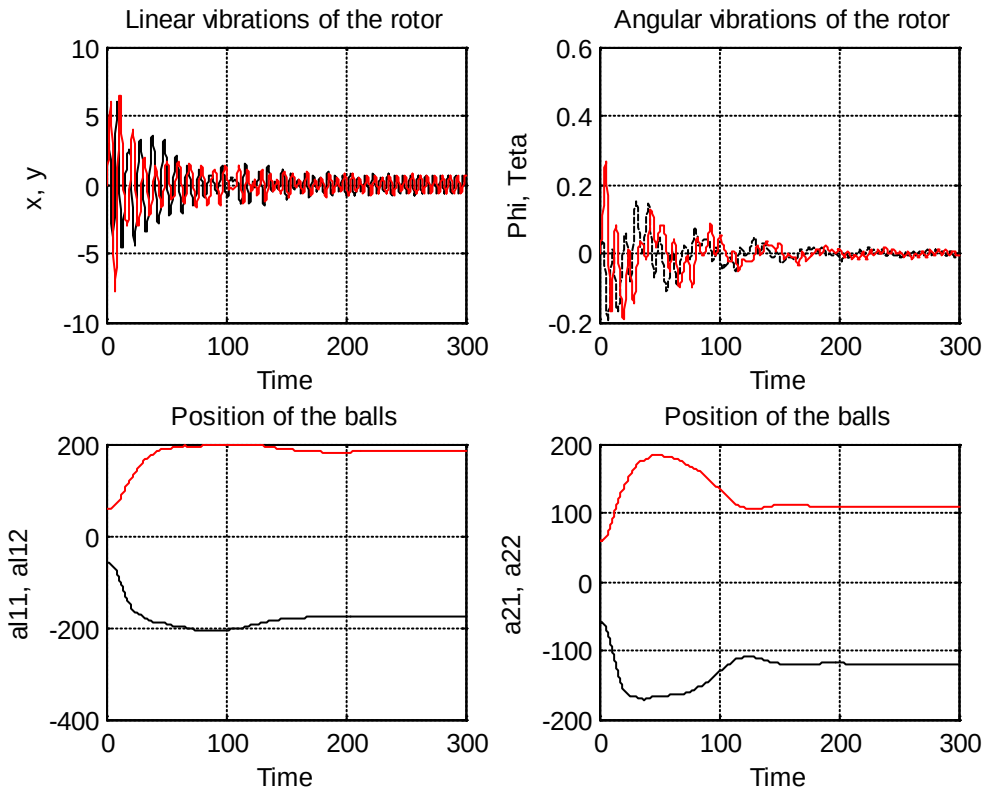

Figura 5.177 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

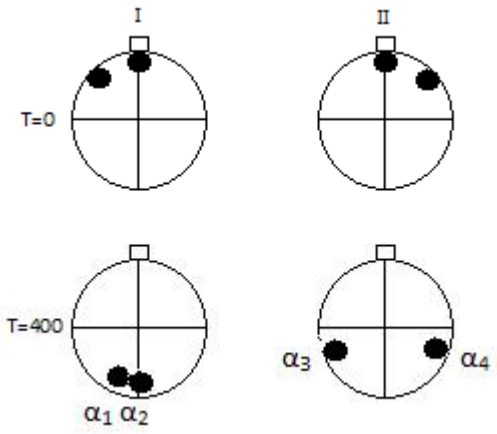

Figura 5.178 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-190° α_2=190° α_3=-110° α_4=110°

L2=0.175 m

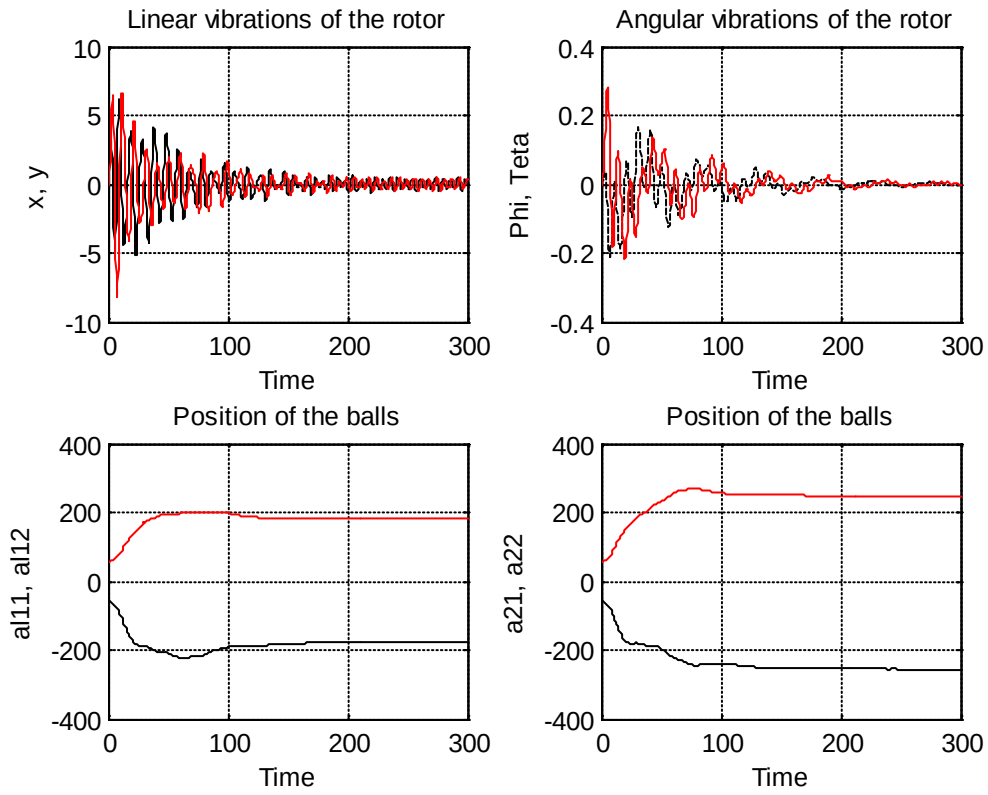

Figura 5.179 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

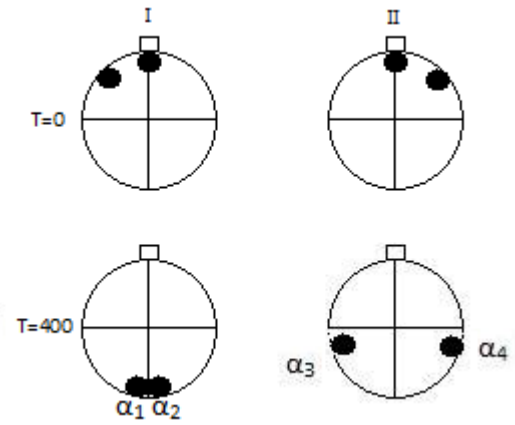

Figura 5.180 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-180° α_2=180° α_3=-250° α_4=250°

L2=0.14 m

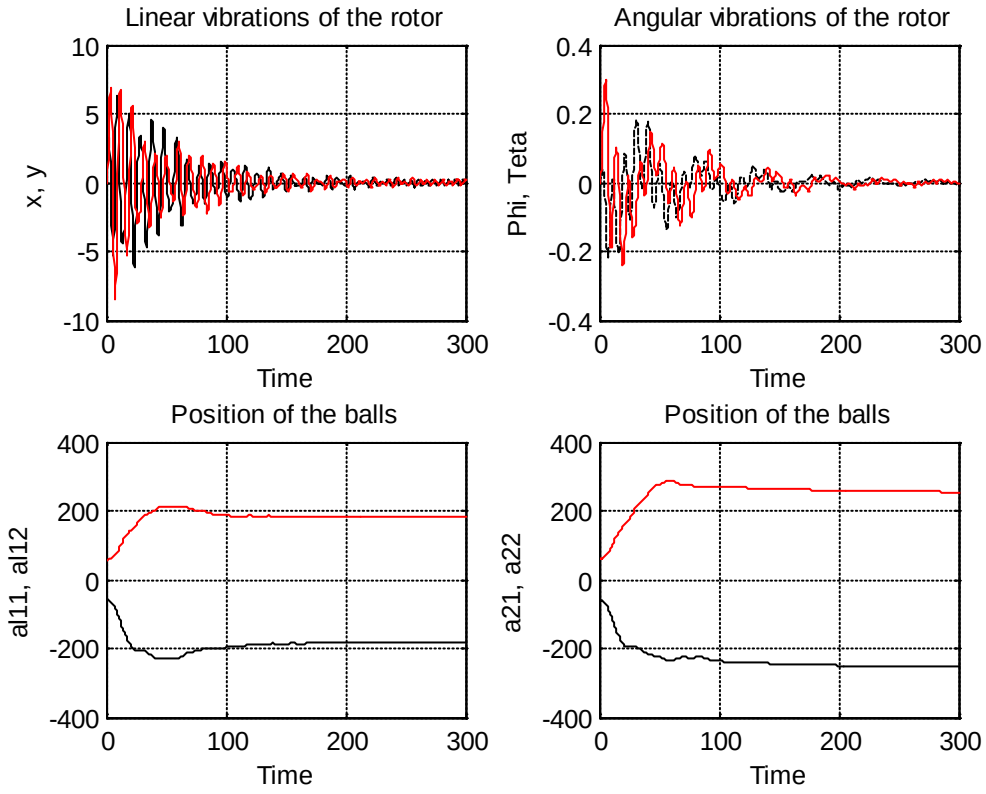

Figura 5.181 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

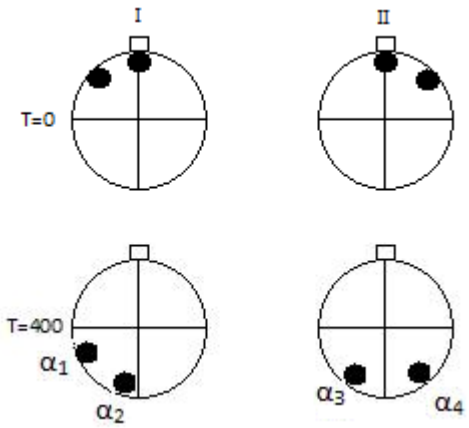

Figura 5.182 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-180° α_2=180° α_3=-250° α_4=250°

L2=0.105 m

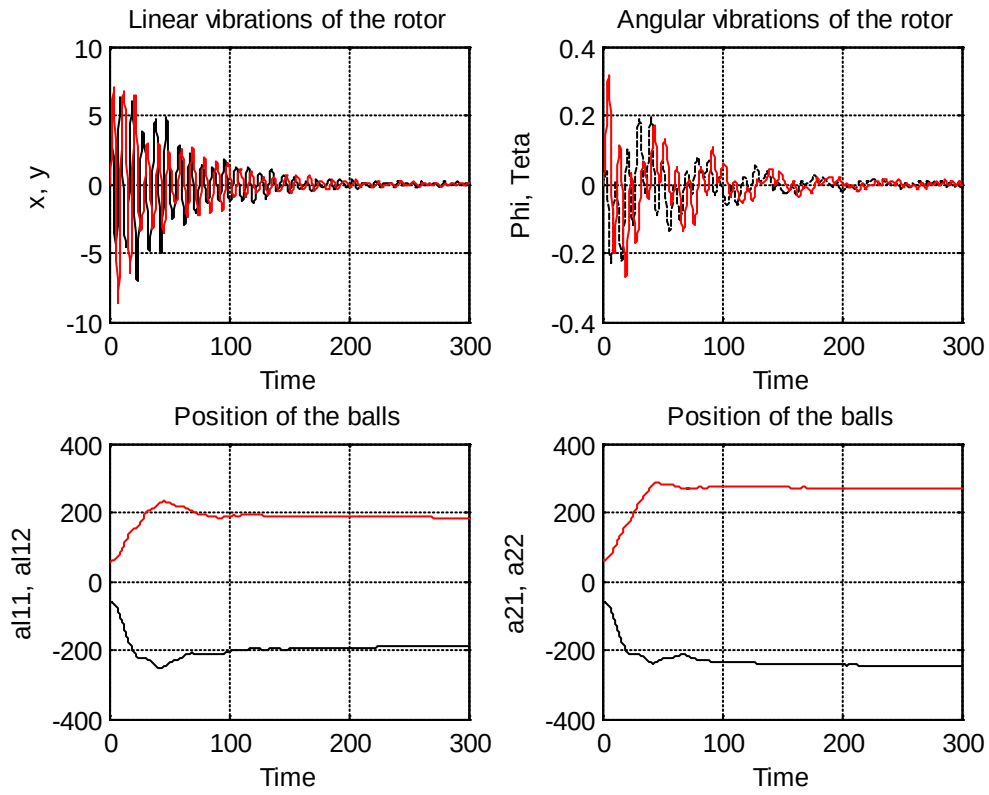

Figura 5.183 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

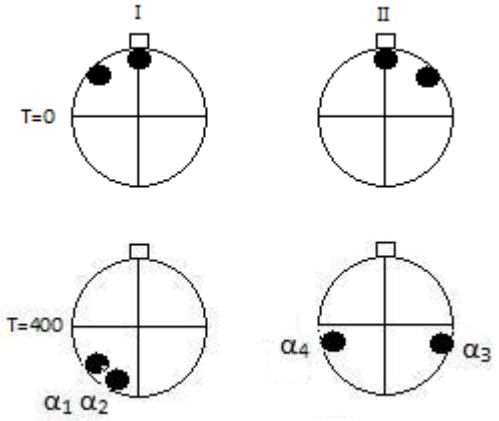

Figura 5.184 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-195° α_2=195° α_3=-260° α_4=260°

L2=0.07 m

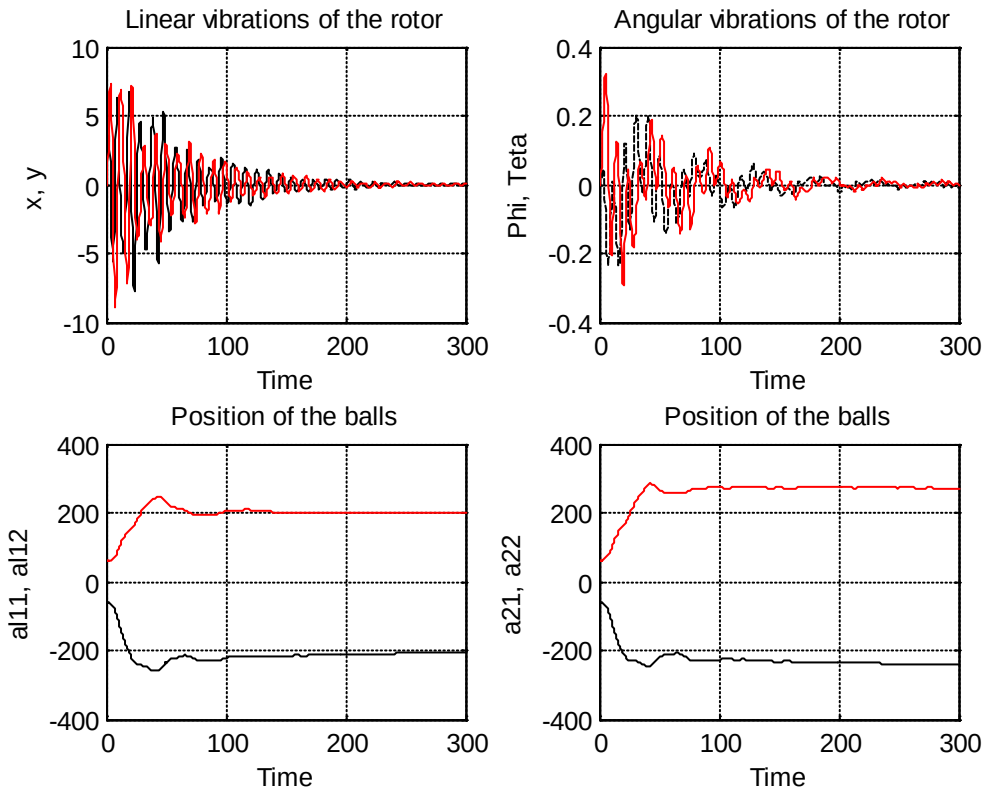

Figura 5.185 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

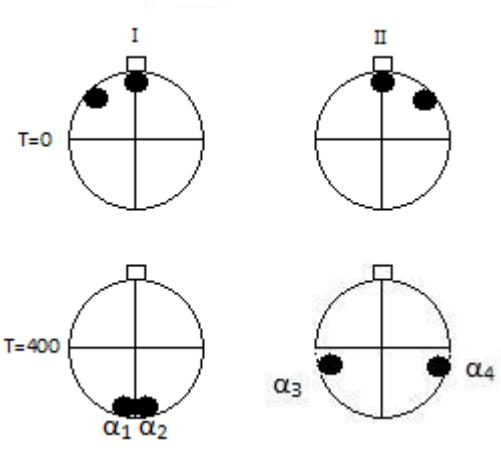

Figura 5.186 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-200° α_2=200° α_3=-270° α_4=270°

L2=0.035 m

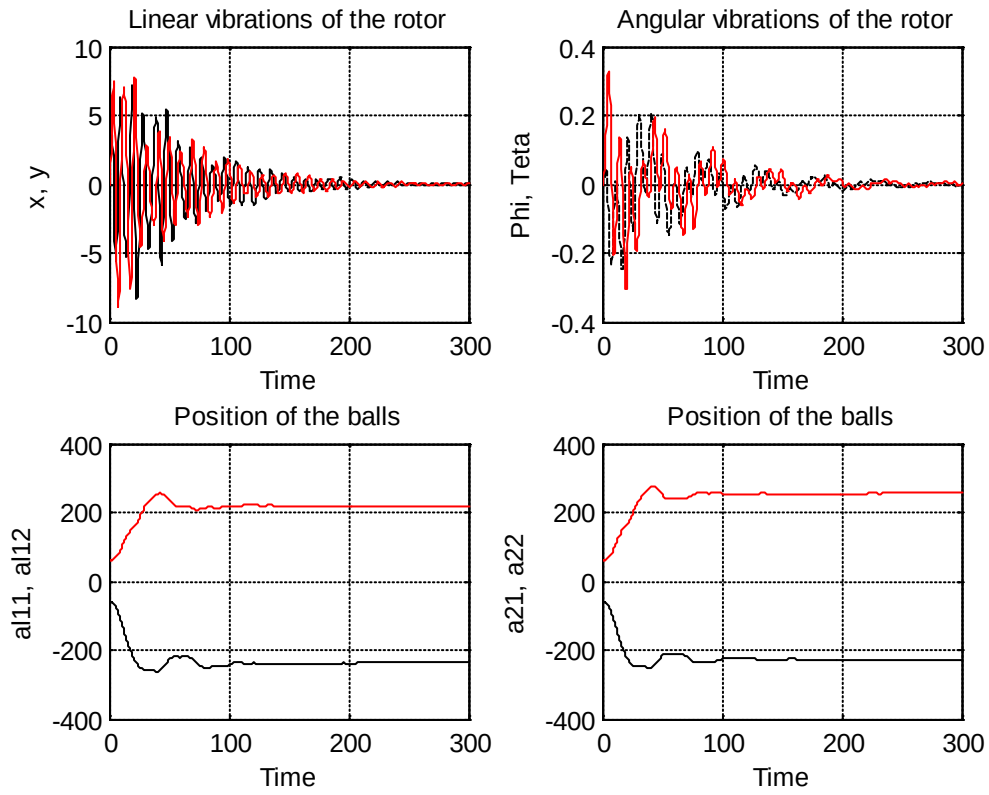

Figura 5.187 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

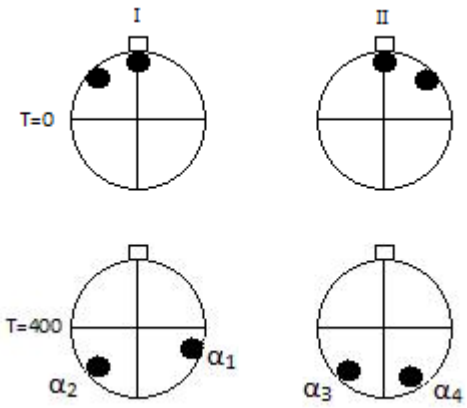

Figura 5.188 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-220° α_2=220° α_3=-220° α_4=260°

L2=0.005 m

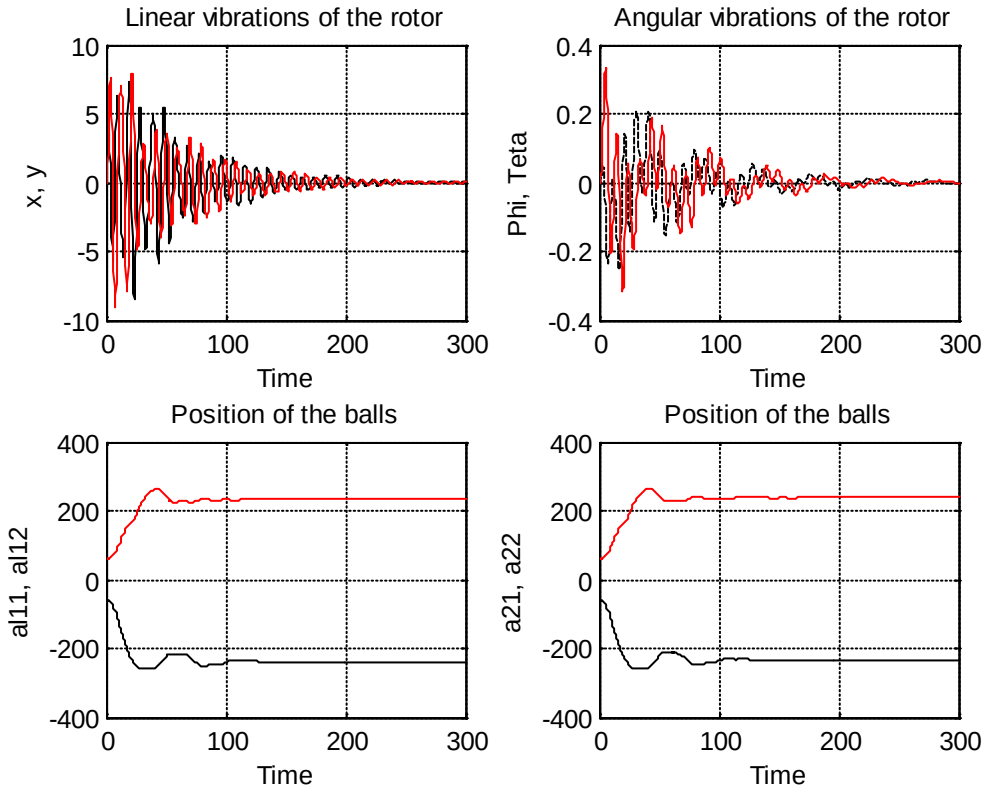

Figura 5.189 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

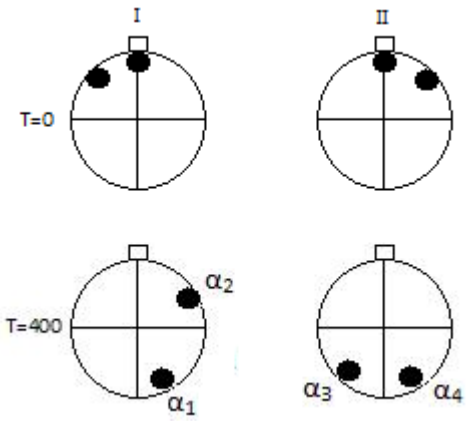

Figura 5.190 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-230° α_2=230° α_3=-230° α_4=230°

CASO 2

Me=0.05 kgmm=0.23 m

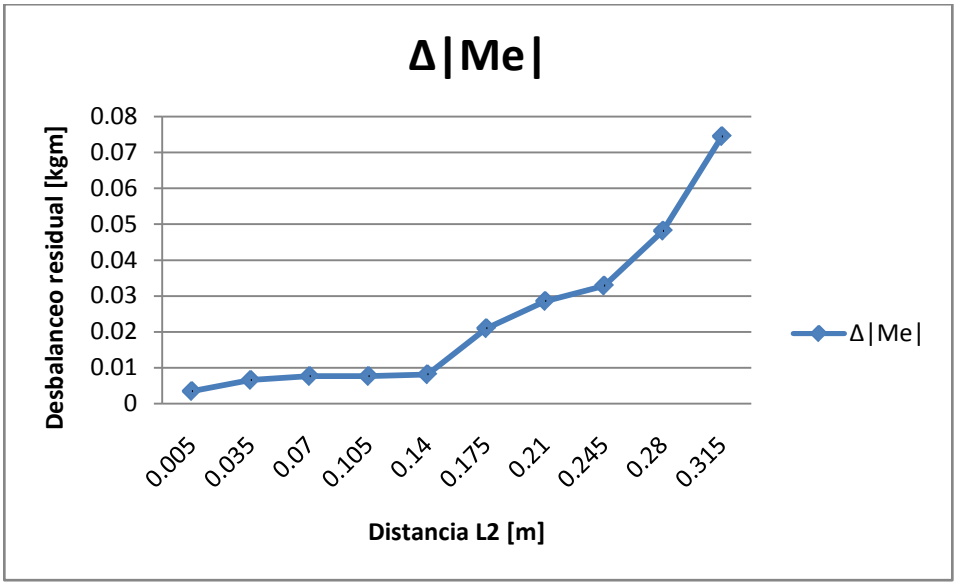

Figura 5.191 Muestra la grafica del desbalanceo estático residual.

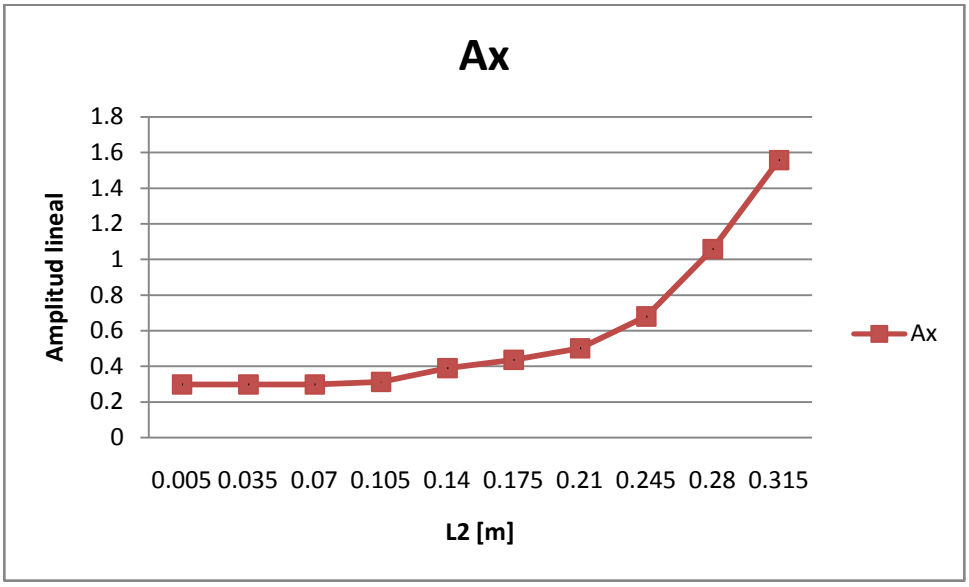

Figura 5.192 Muestra la grafica de amplitudes lineales residuales.

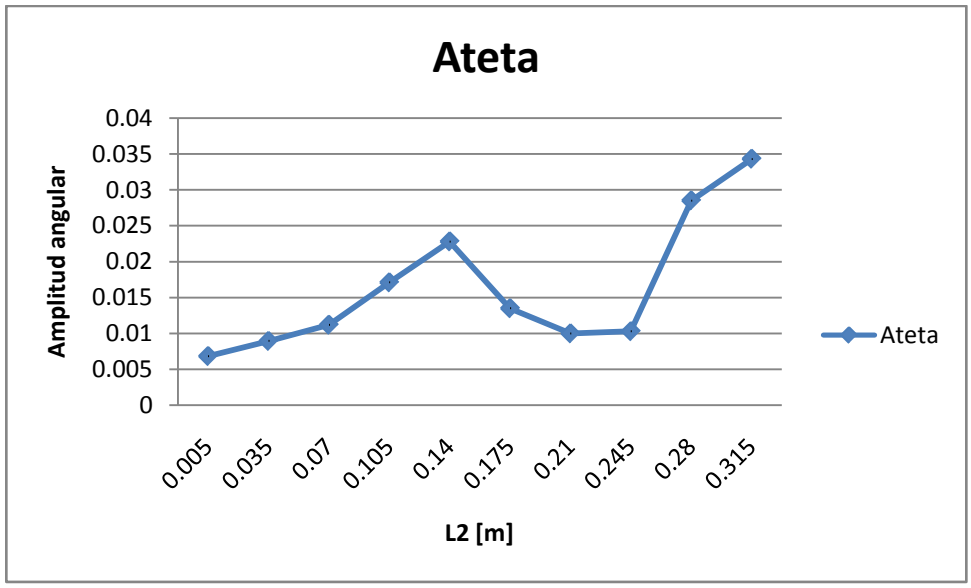

Figura 5.193 Muestra la grafica de las amplitudes angulares residuales del rotor.

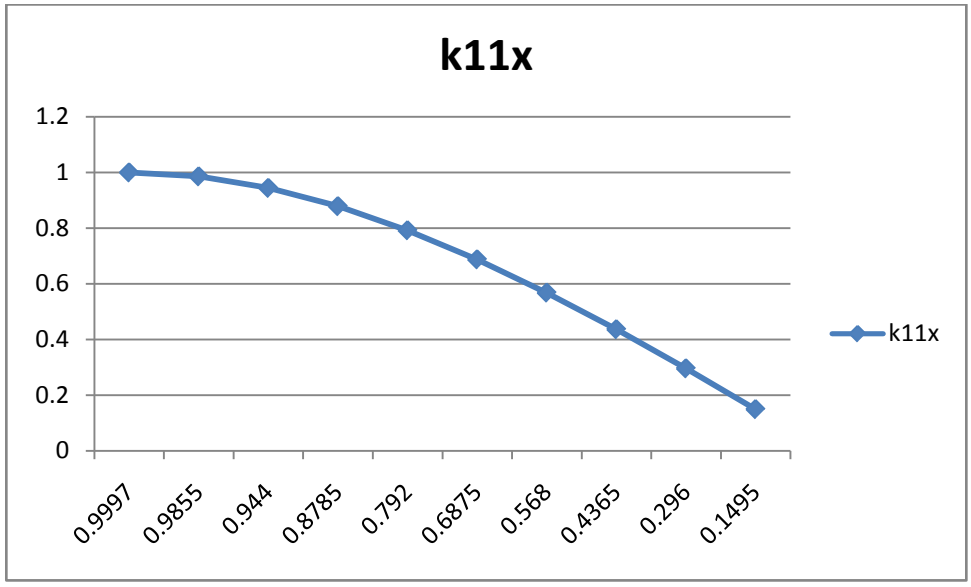

Figura 5.194 Coeficiente de transferencia de fuerza del tambor al plano del disco.

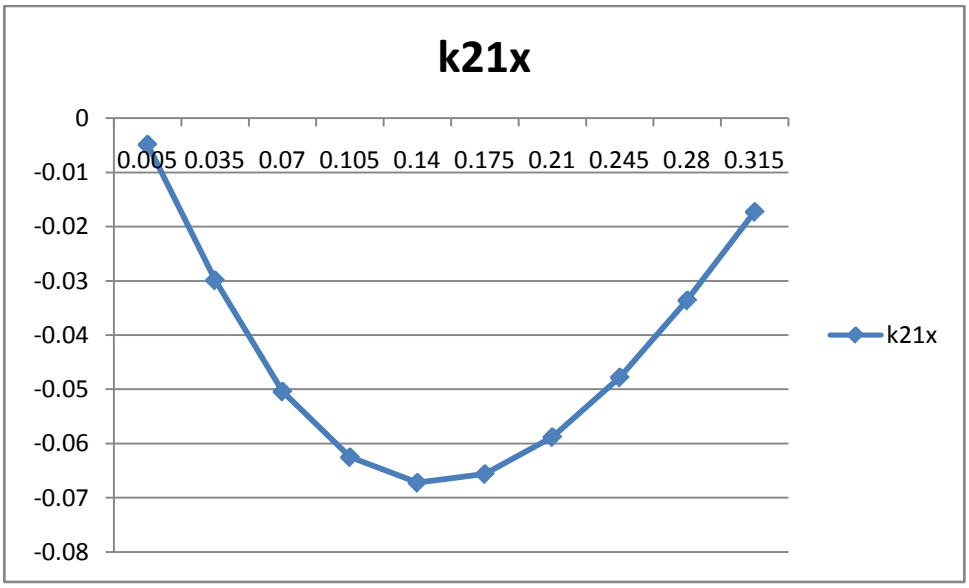

Figura 5.195 Coeficiente de influencia del tambor sobre el ángulo del disco.

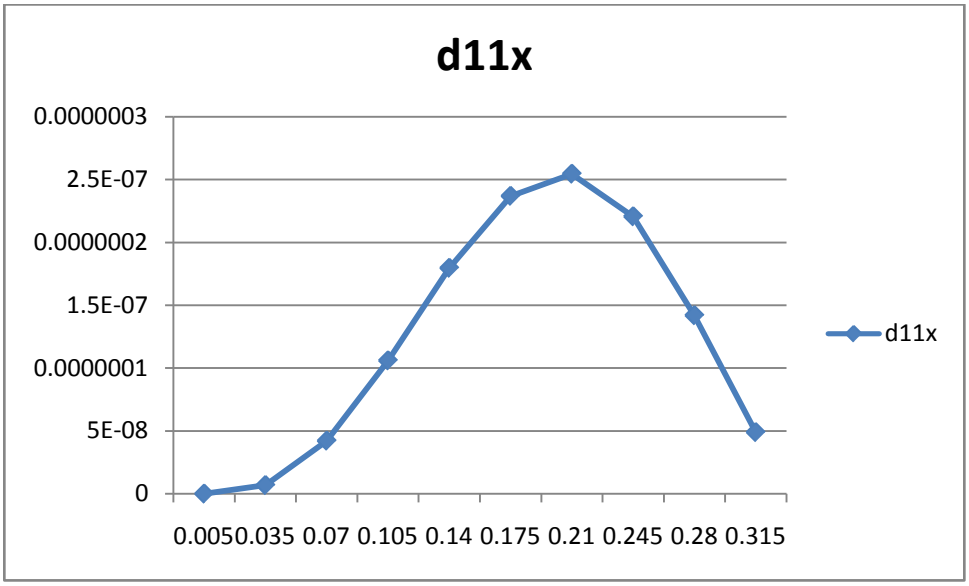

Figura 5.196 Coeficiente del rotor, desplazamiento y fuerza, que influyen en el desplazamiento del tambor.

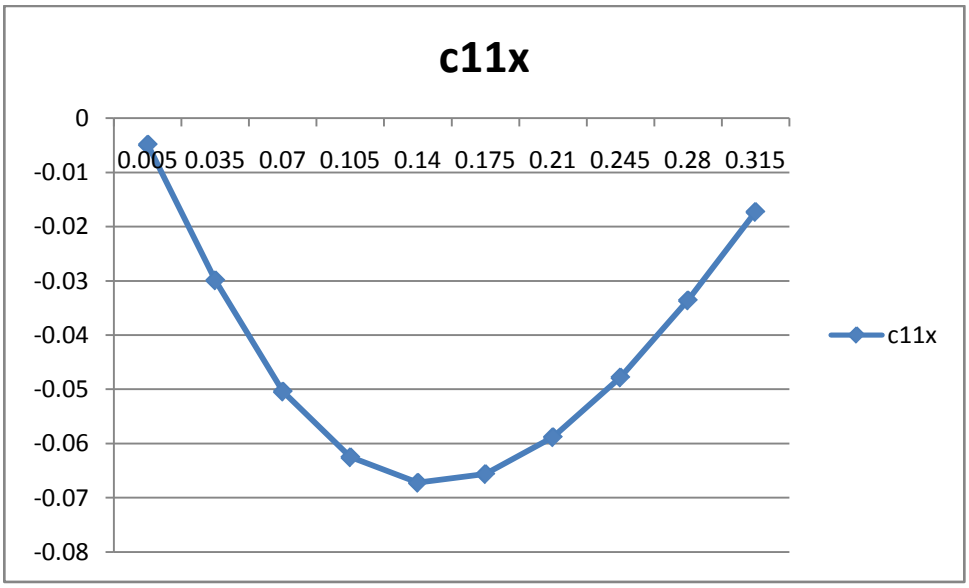

Figura 5.197 Coeficiente de influencia de rotación del disco con respecto el desplazamiento del tambor.

L2=0.315 m

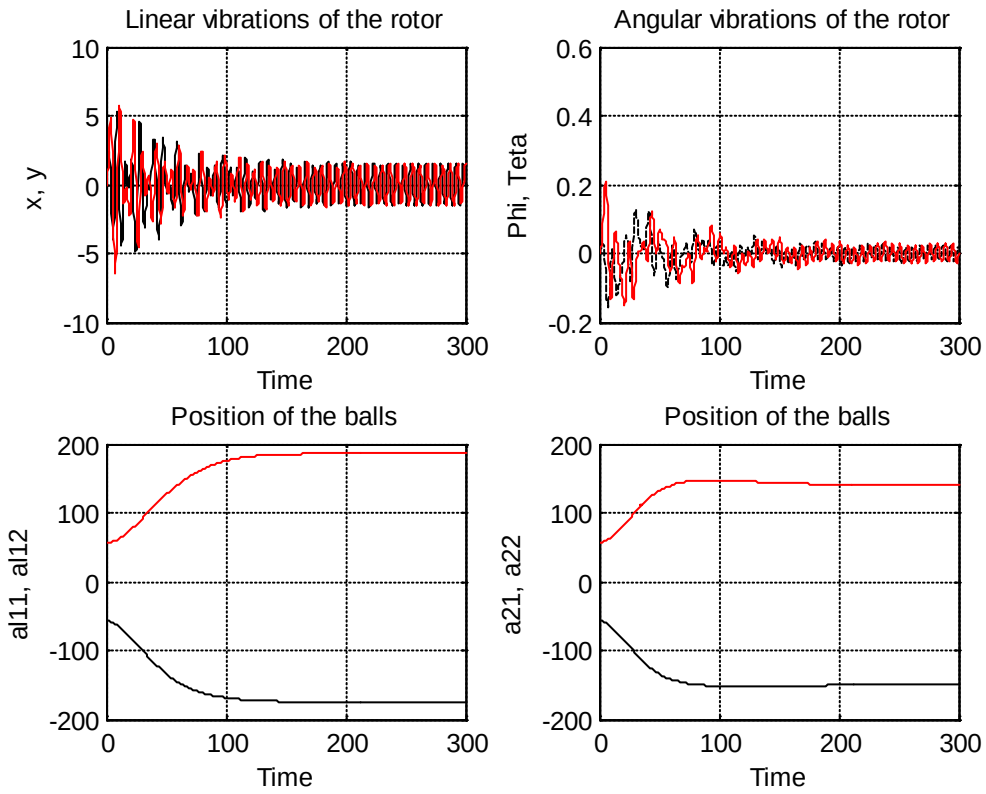

Figura 5.198 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

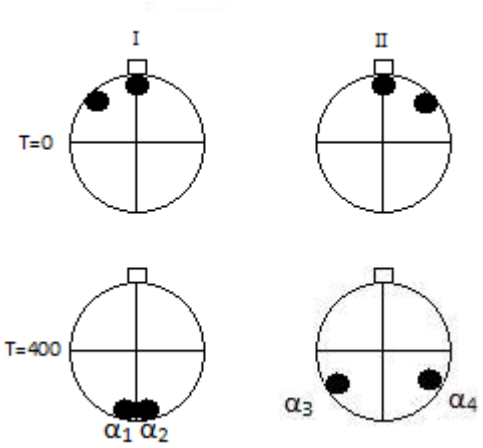

Figura 5.199 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-190° α_2=190° α_3=-145° α_4=145°

L2=0.28 m

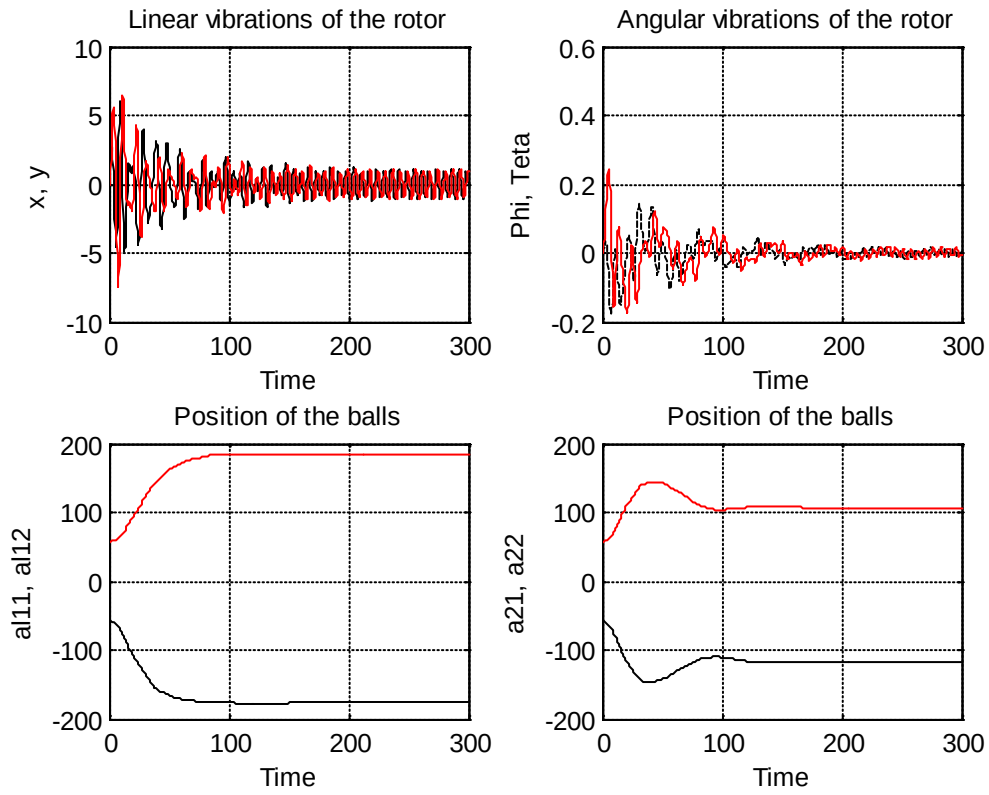

Figura 5.200 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

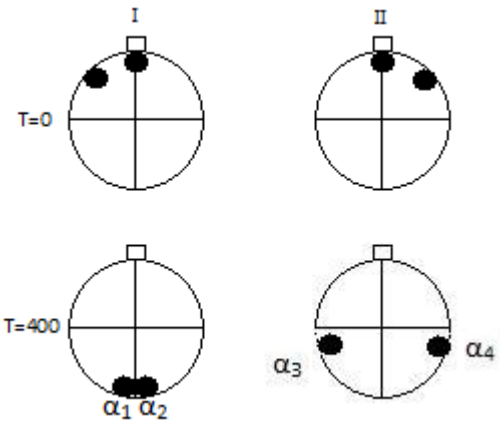

Figura 5.201 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-180° α_2=180° α_3=-115° α_4=115°

L2=0.245 m

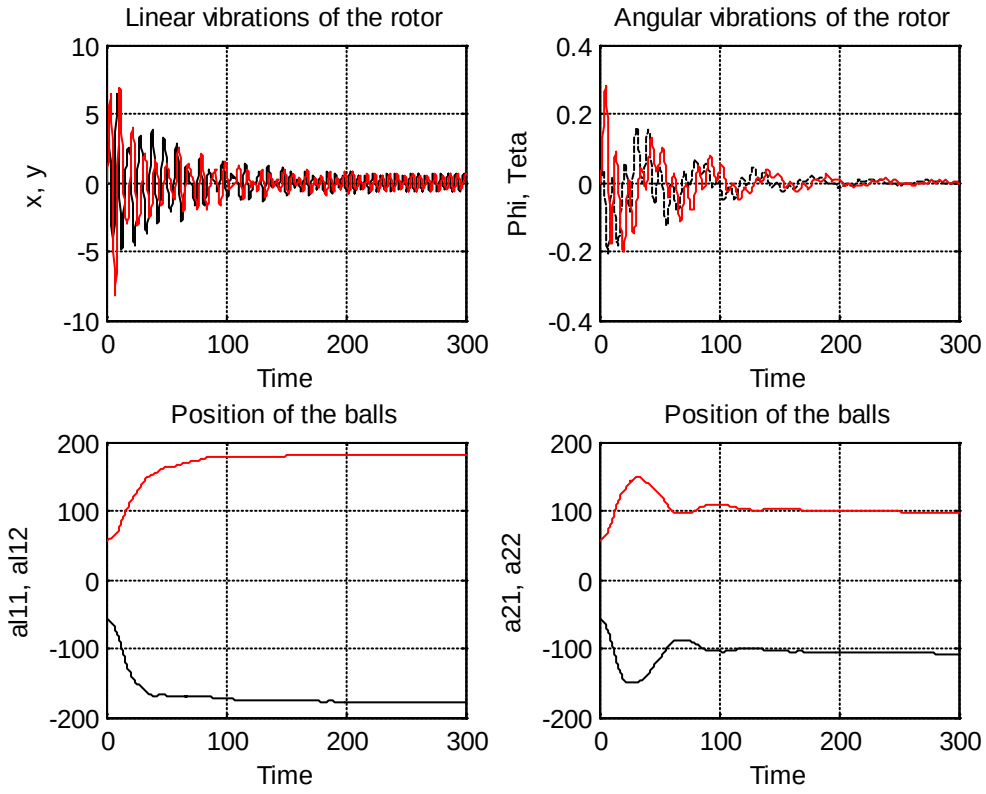

Figura 5.202 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

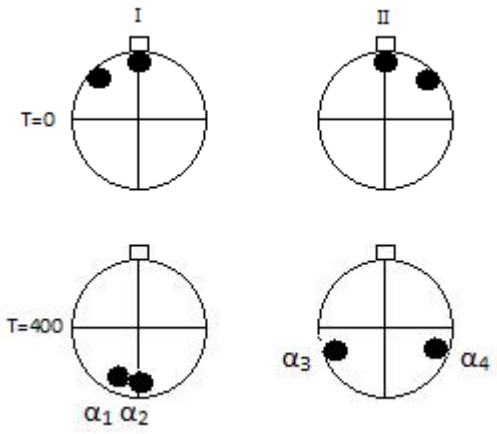

Figura 5.203 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-190° α_2=190° α_3=-105° α_4=100°

L2=0.21 m

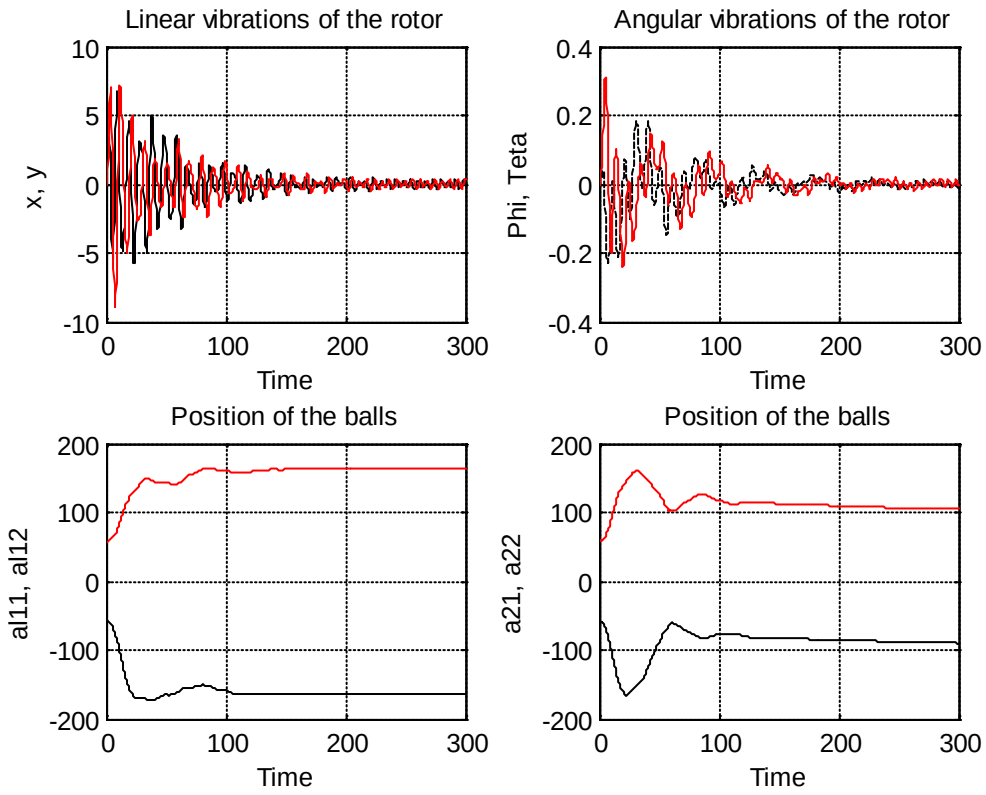

Figura 5.204 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

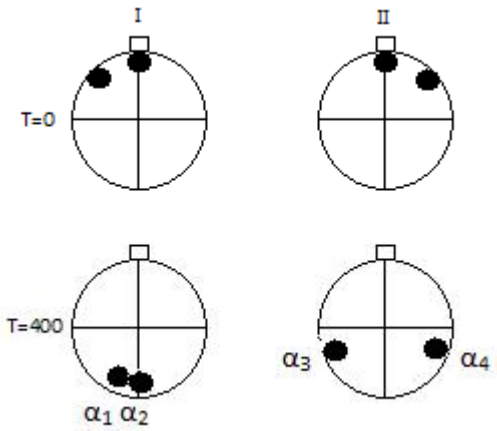

Figura 5.205 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-165° α_2=165° α_3=-95° α_4=105°

L2=0.175 m

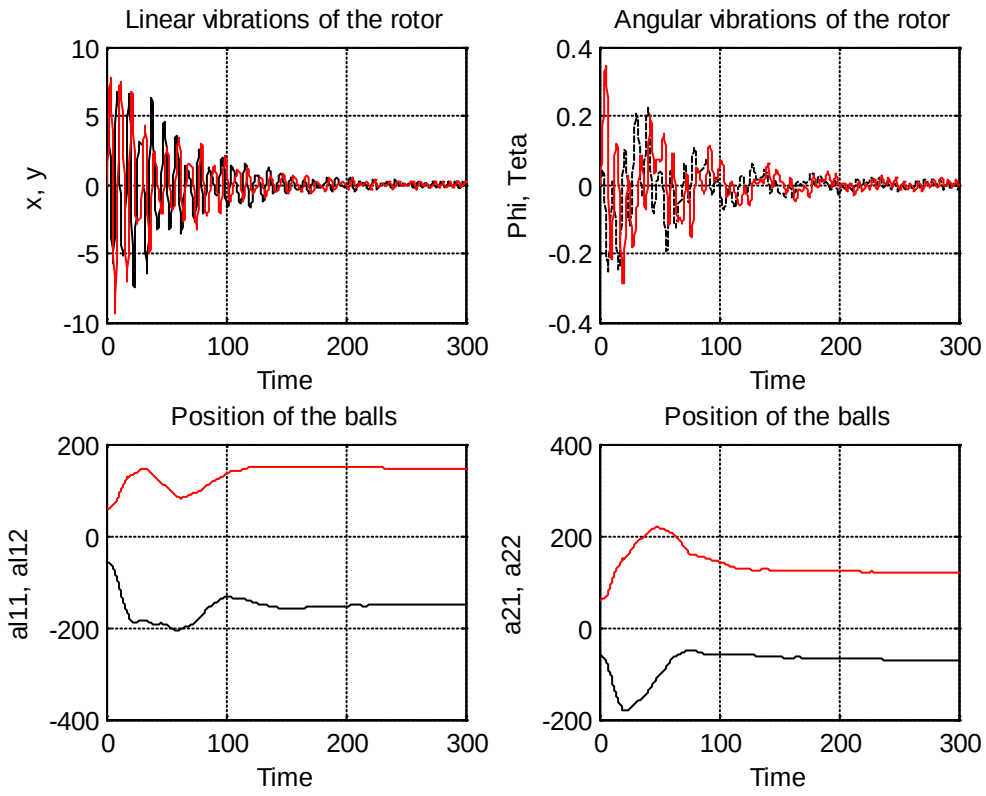

Figura 5.206 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

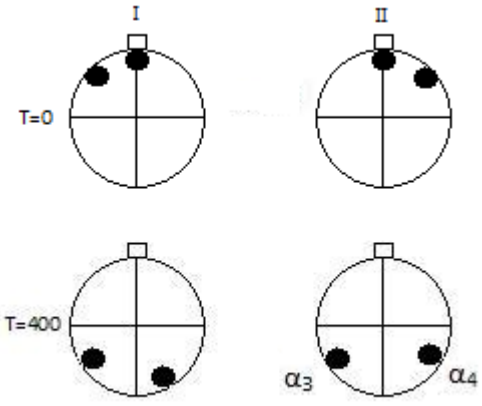

Figura 5.207 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-150° α_2=150° α_3=-80° α_4=120°

L2=0.14 m

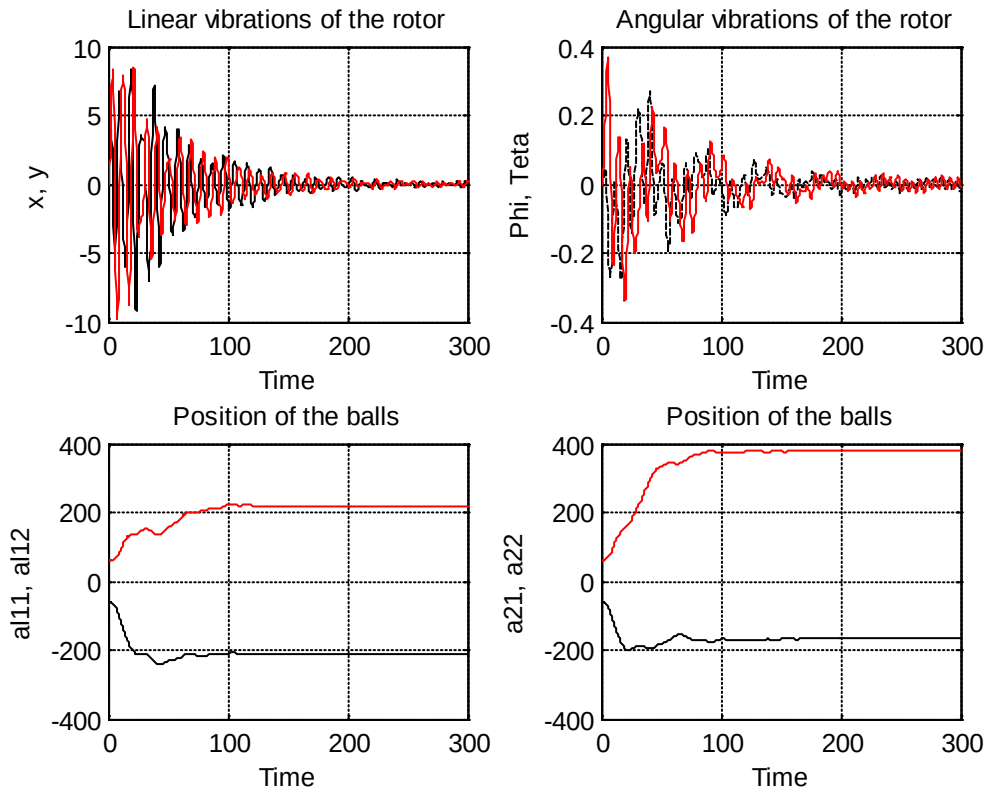

Figura 5.208 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

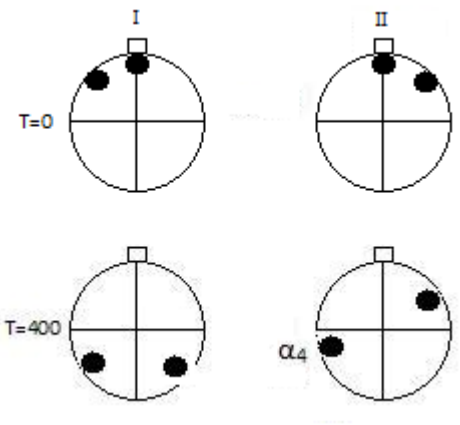

Figura 5.209 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-220° α_2=220° α_3=-170° α_4=-370°

L2=0.105 m

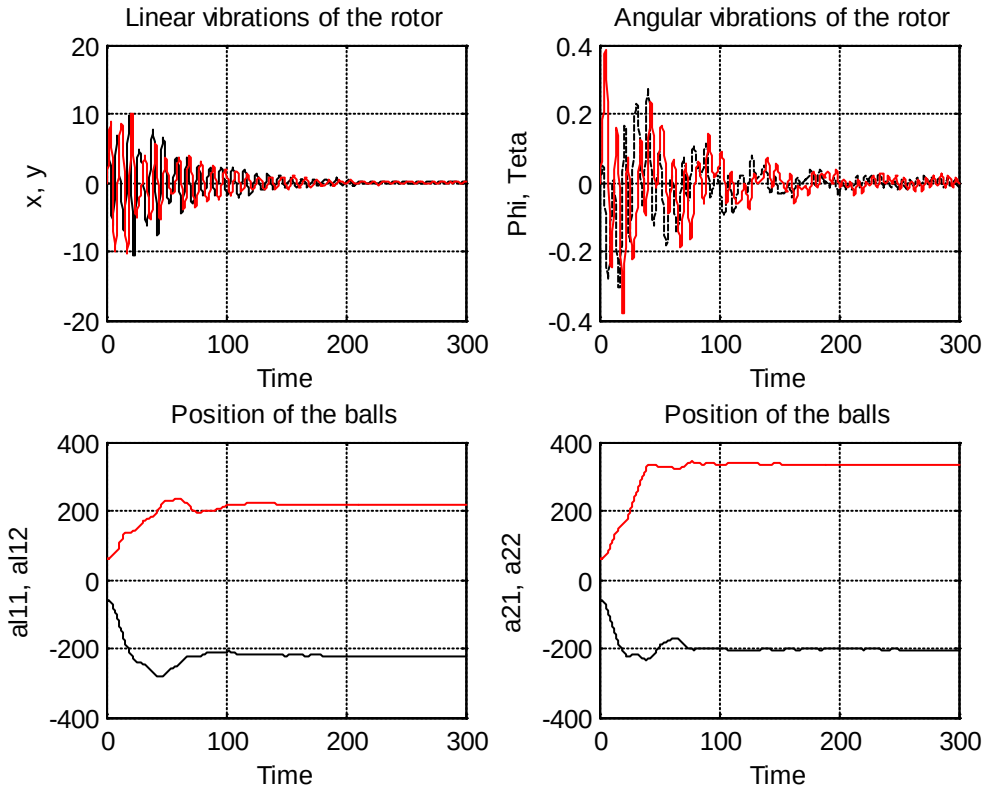

Figura 5.210 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

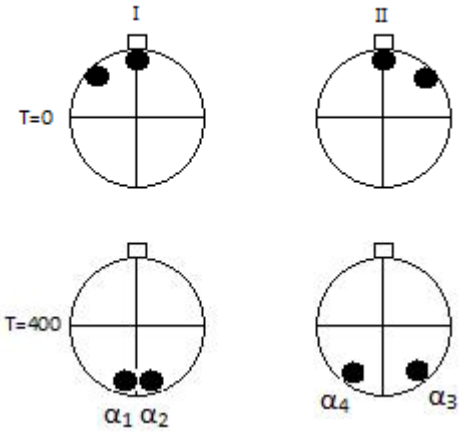

Figura 5.211 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-230° α_2=230| α_3=-200° α_4=330°

L2=0.07 m

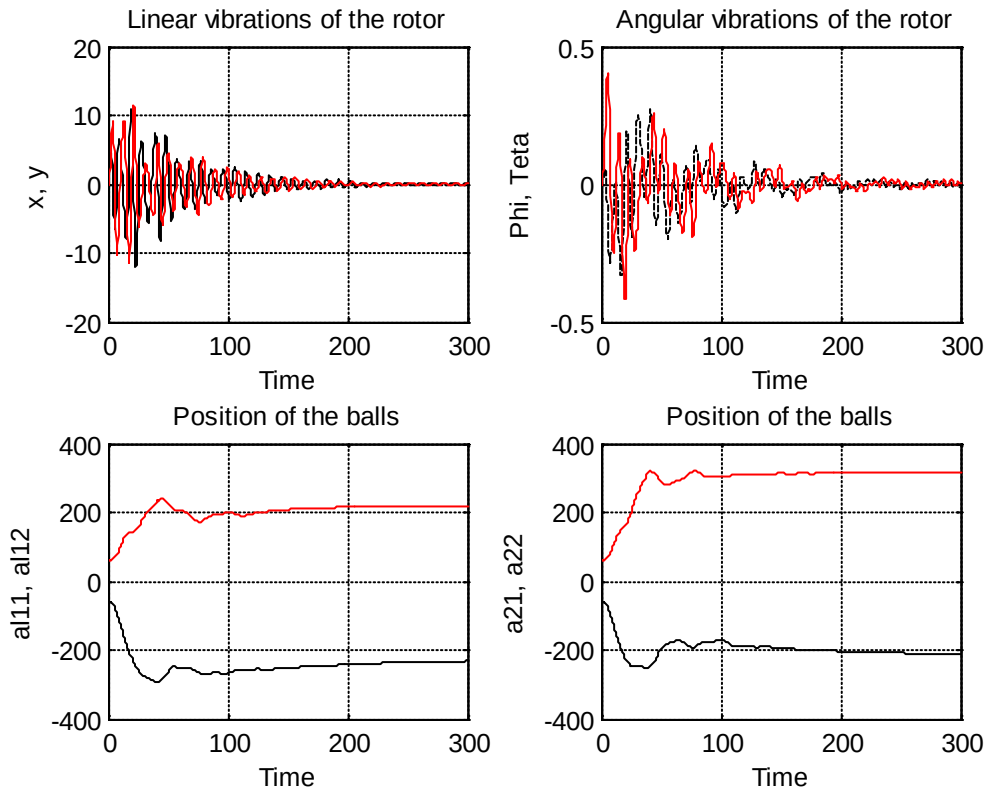

Figura 5.212 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

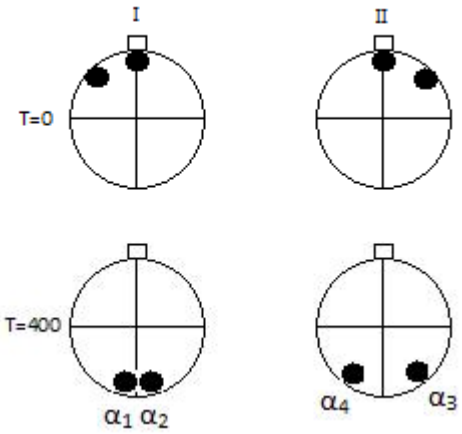

Figura 5.213 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-220° α_2=220° α_3=-205° α_4=320°

L2=0.035 m

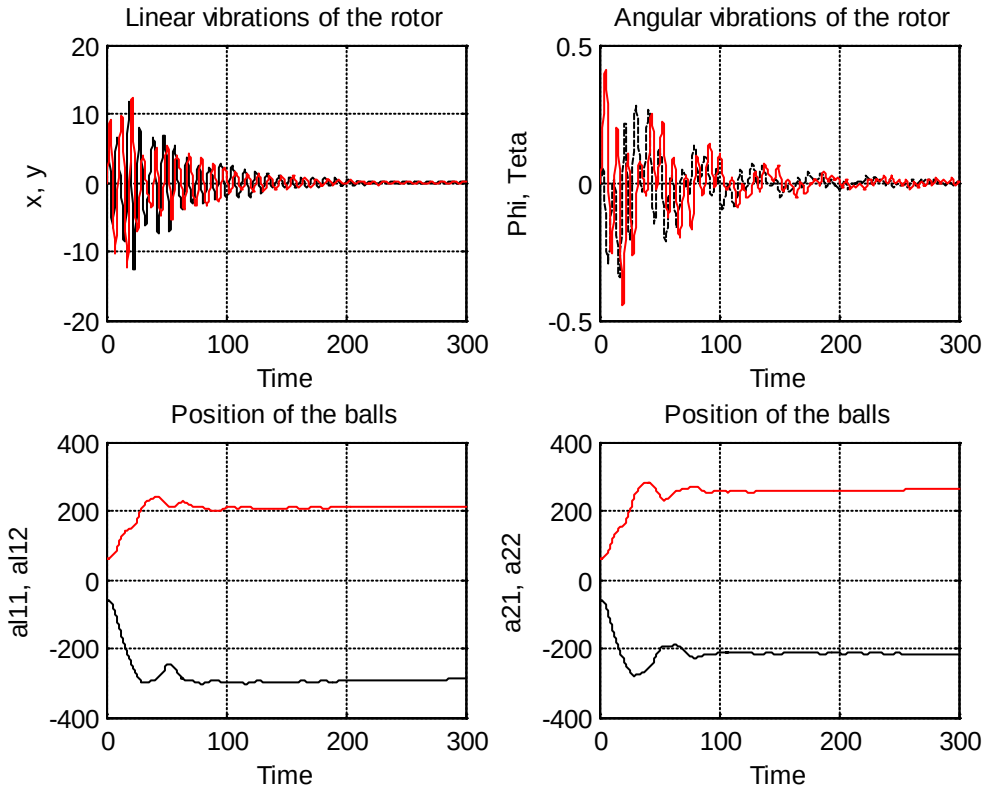

Figura 5.214 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

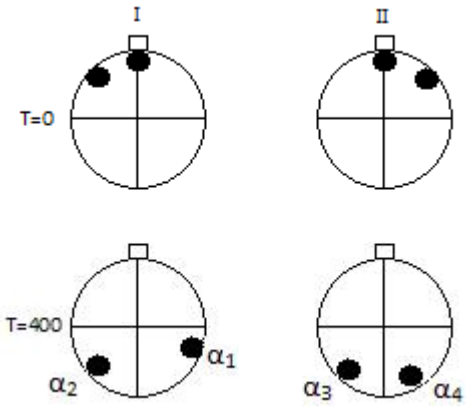

Figura 5.215 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-300° α_2=205° α_3=-150° α_4=150°

L2=0.005 m

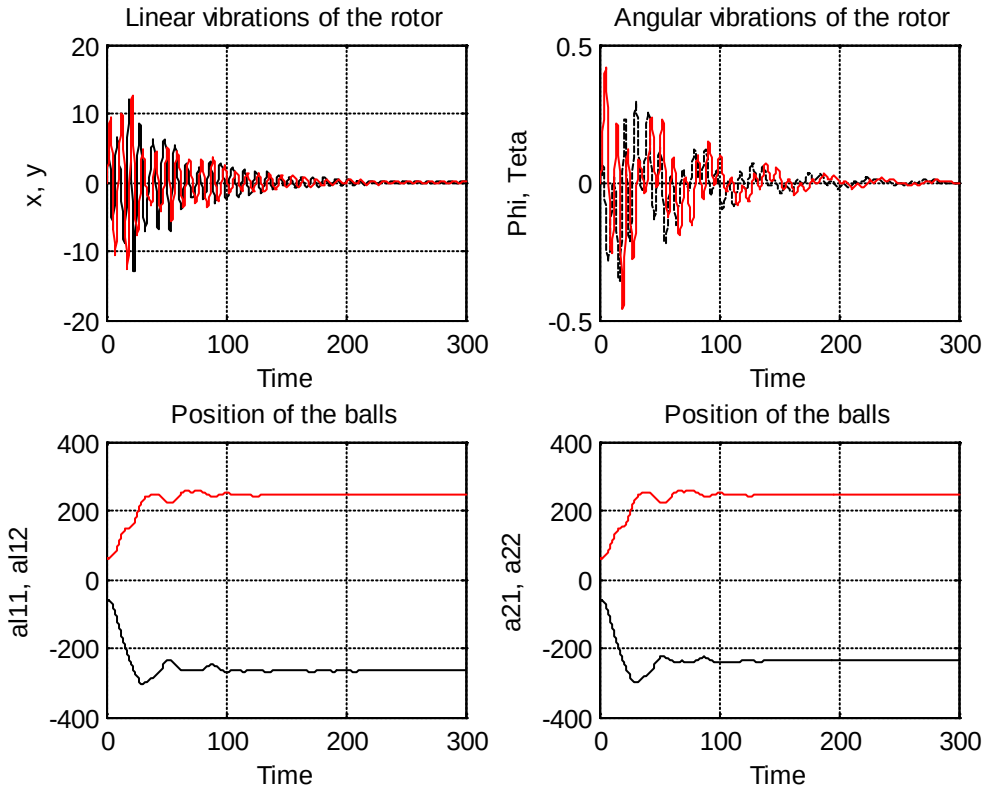

Figura 5.216 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

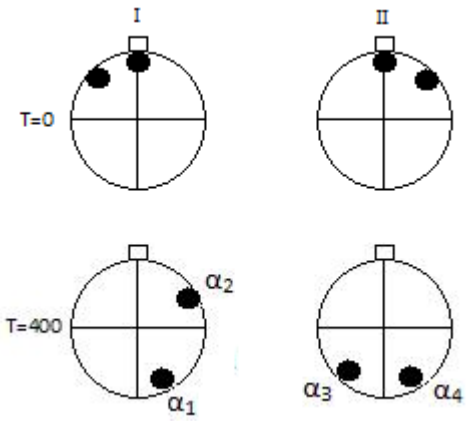

Figura 5.217 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-260° α_2=260° α_3=-240° α_4=240°

CASO 3

Me=0.05 kgmm=0.30 kg

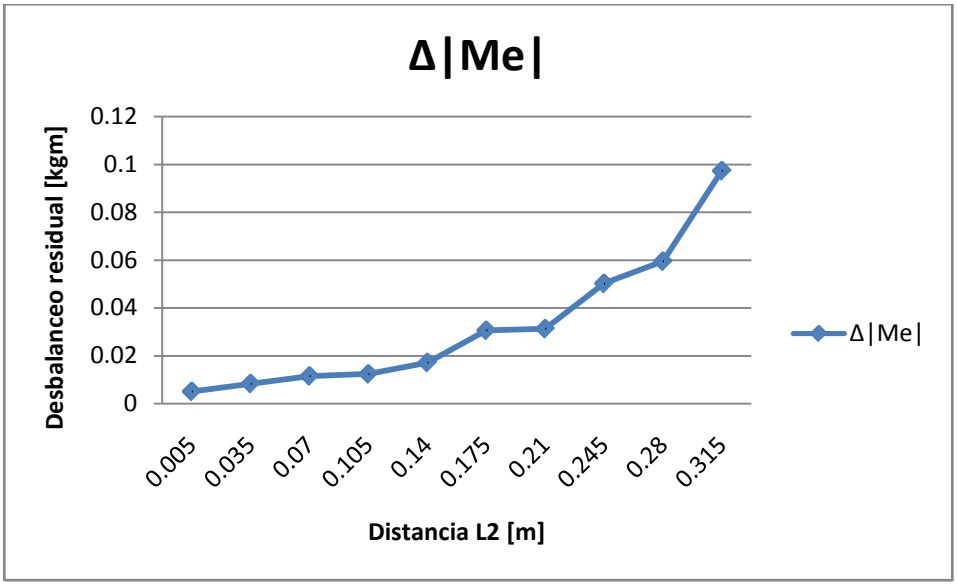

Figura 5.218 Muestra la grafica del desbalanceo estático residual.

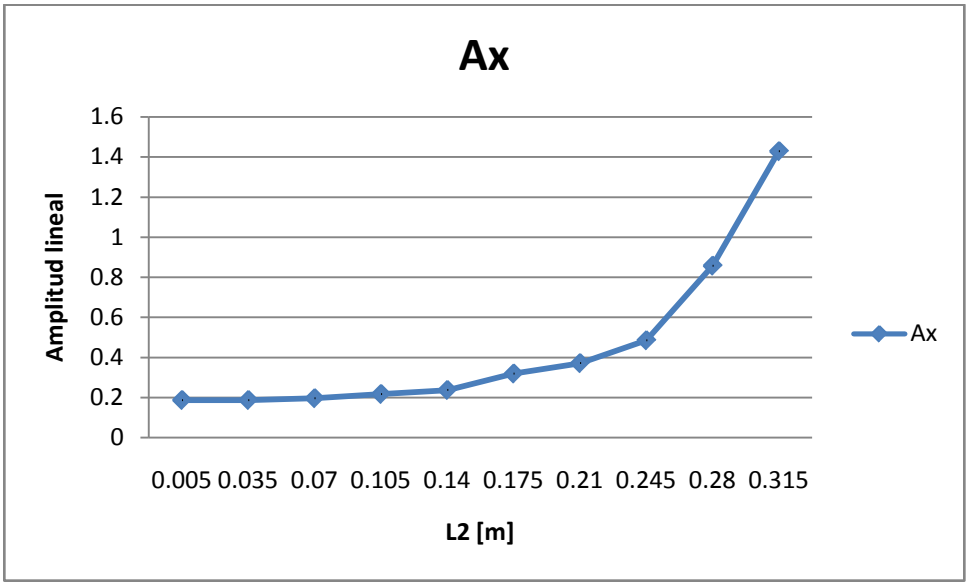

Figura 5.219 Muestra la grafica de amplitudes lineales residuales.

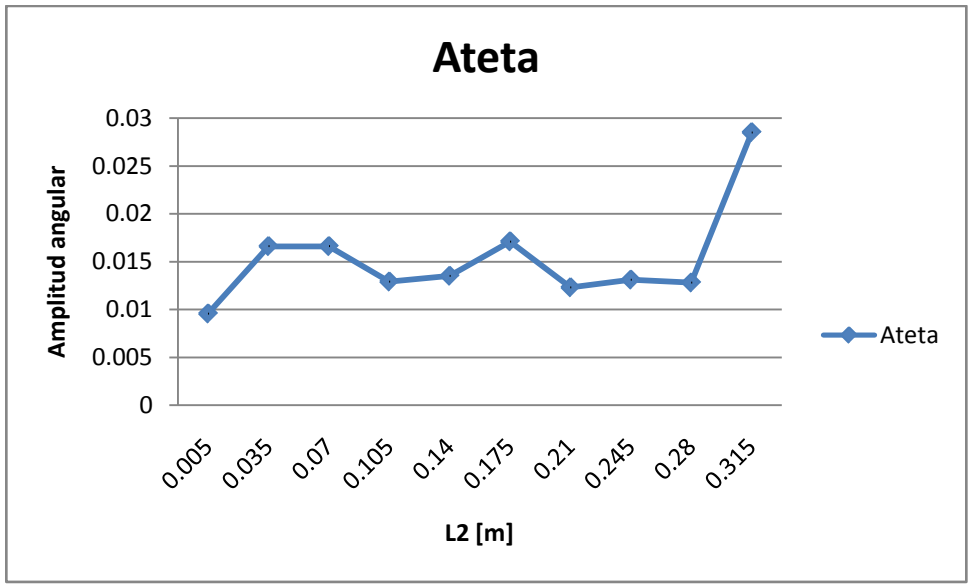

Figura 5.220 Muestra la grafica de las amplitudes angulares residuales del rotor.

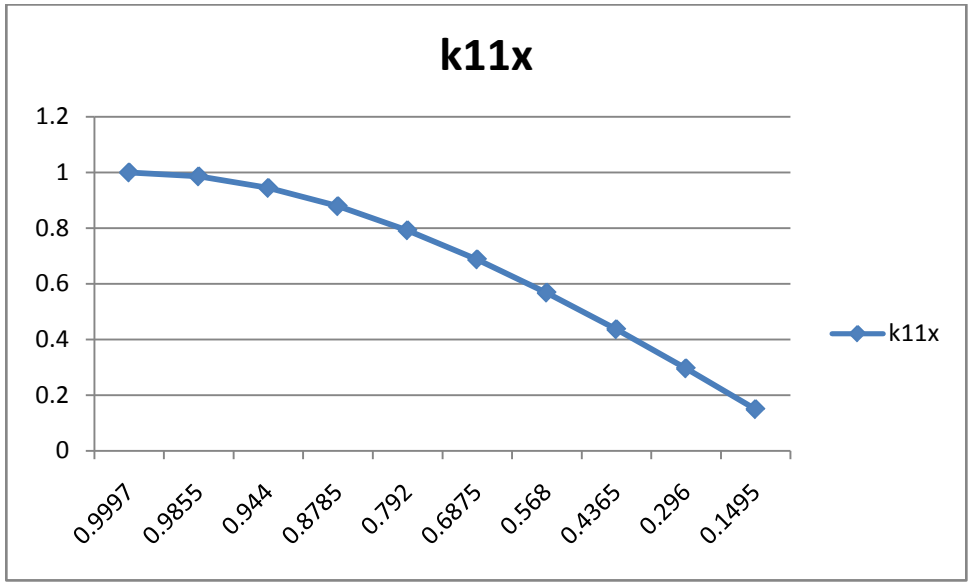

Figura 5.221 Coeficiente de transferencia de fuerza del tambor al plano del disco.

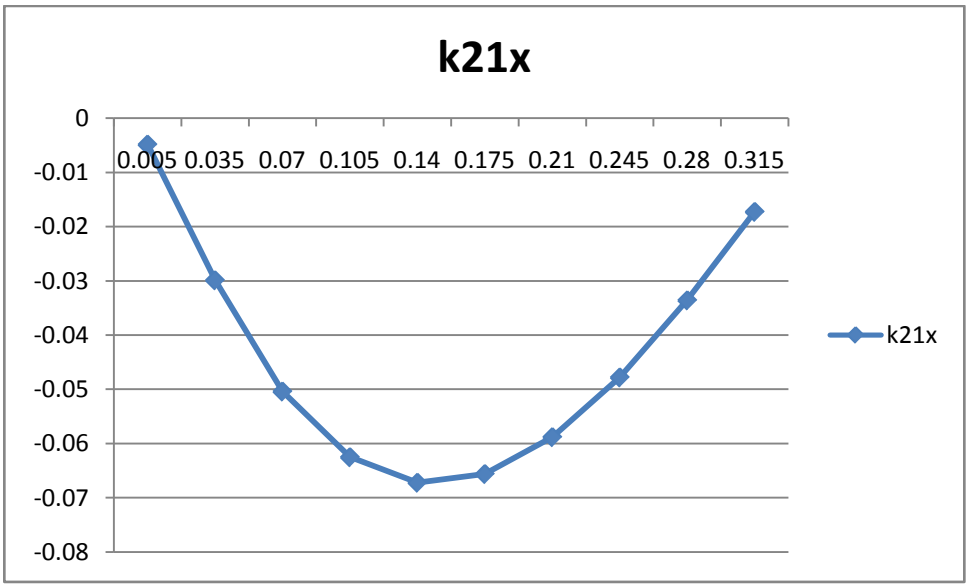

Figura 5.222 Coeficiente de influencia del tambor sobre el ángulo del disco.

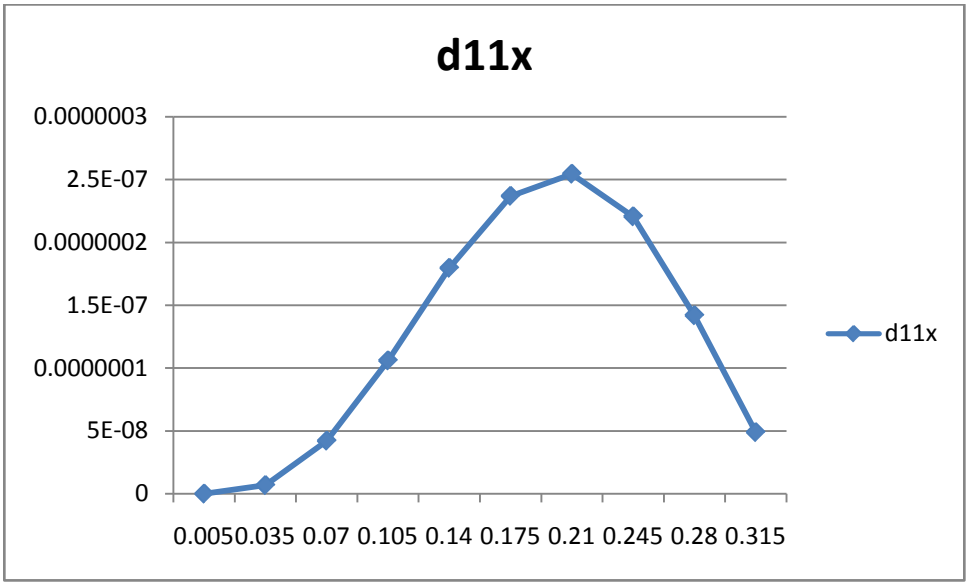

Figura 5.223 Coeficiente del rotor, desplazamiento y fuerza, que influyen en el desplazamiento del tambor.

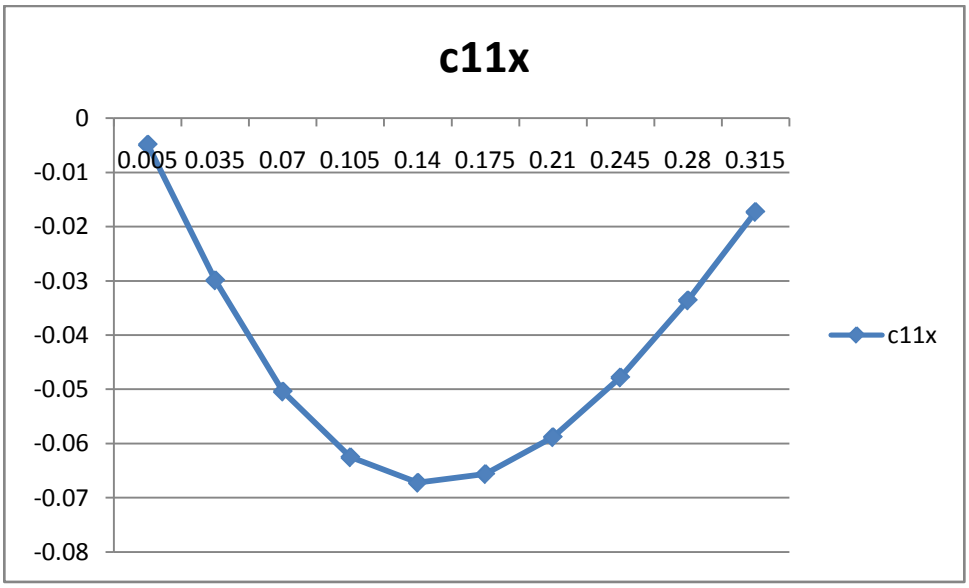

Figura 5.224 Coeficiente de influencia de rotación del disco con respecto el desplazamiento del tambor.

L2=0.315 m

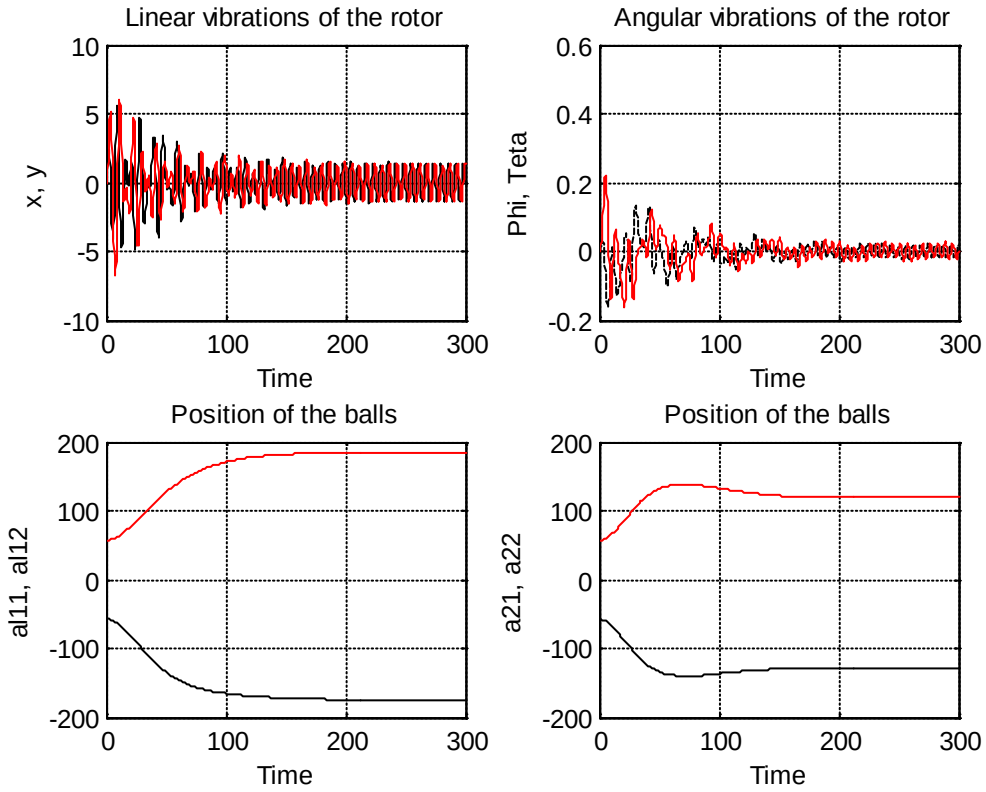

Figura 5.225 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

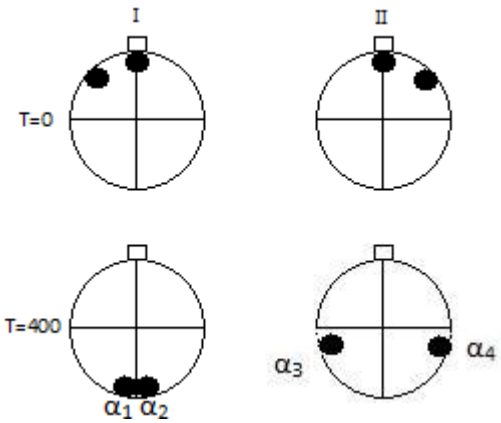

Figura 5.226 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-175° α_2=175° α_3=-130° α_4=130°

L2=0.28 m

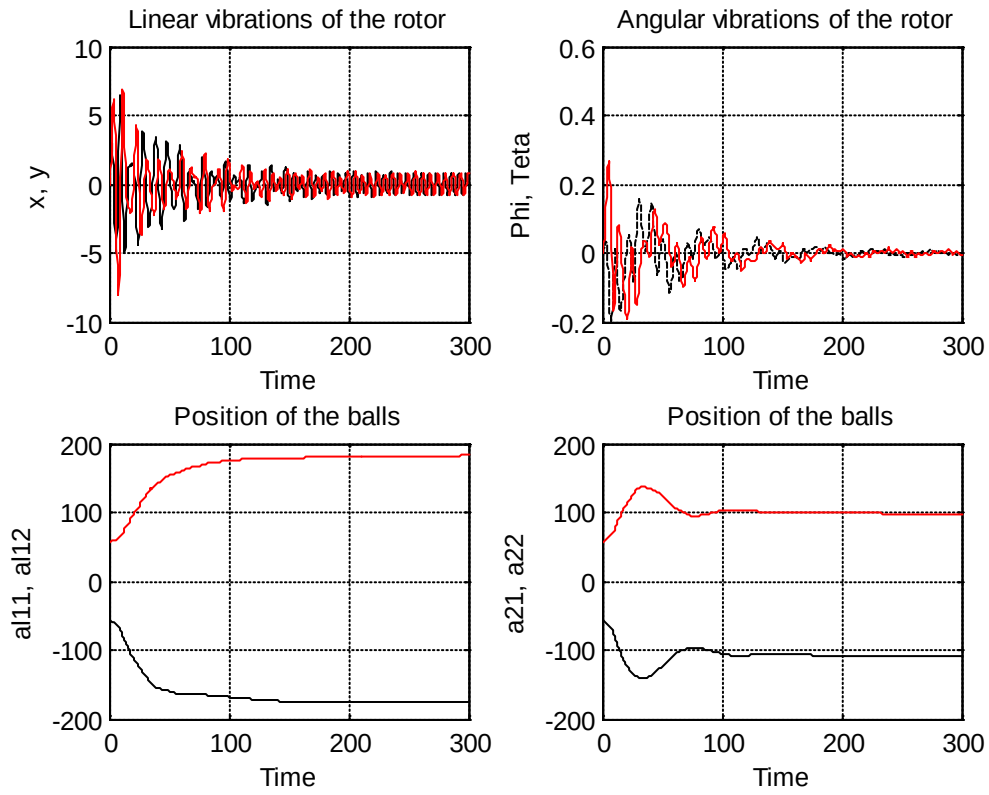

Figura 5.227 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

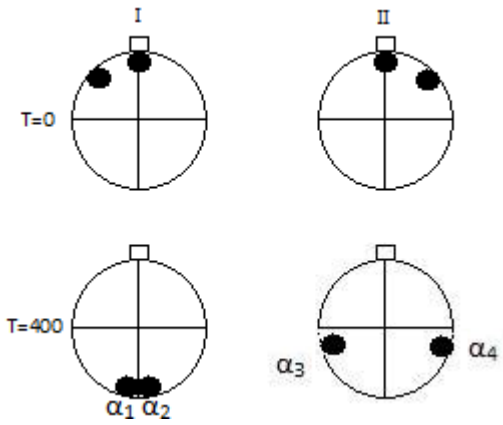

Figura 5.228 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-180° α_2=180 α_3=-105° α_4=100°

L2=0.245 m

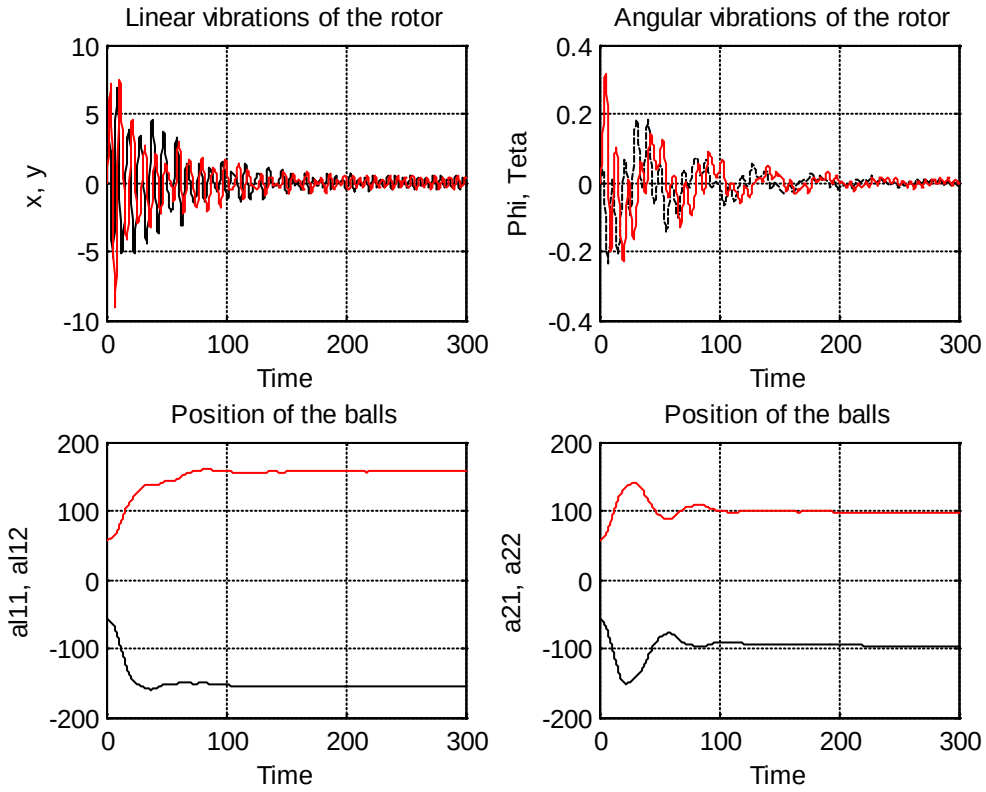

Figura 5.229 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

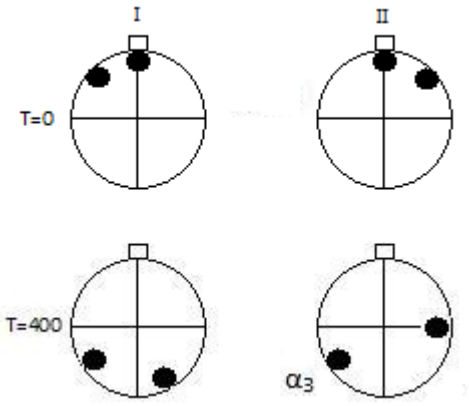

Figura 5.230 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-160° α_2=160° α_3=-100° α_4=100°

L2=0.21 m

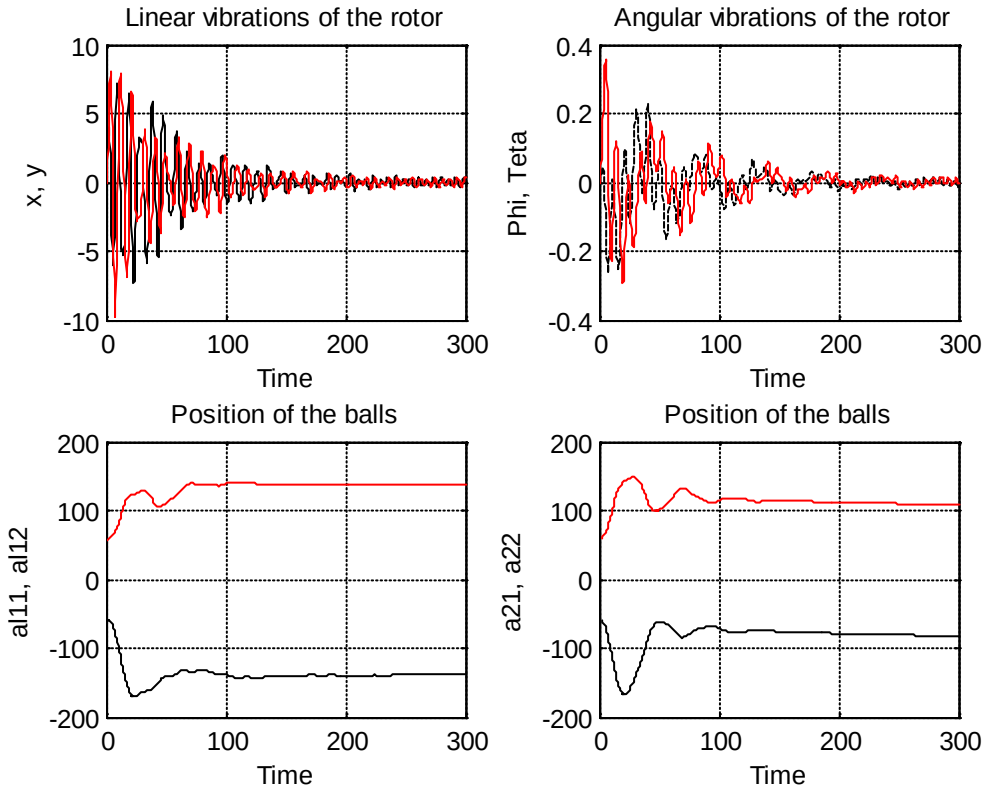

Figura 5.231 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

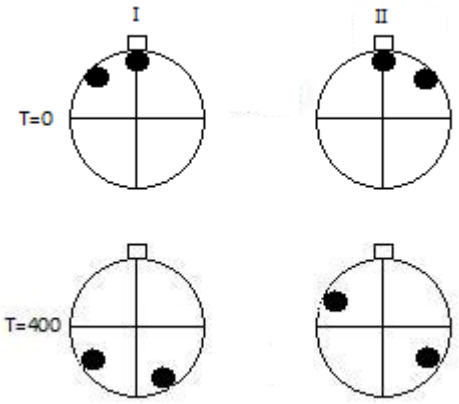

Figura 5.232 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-140° α_2=140° α_3=-90° α_4=-105°

L2=0.175 m

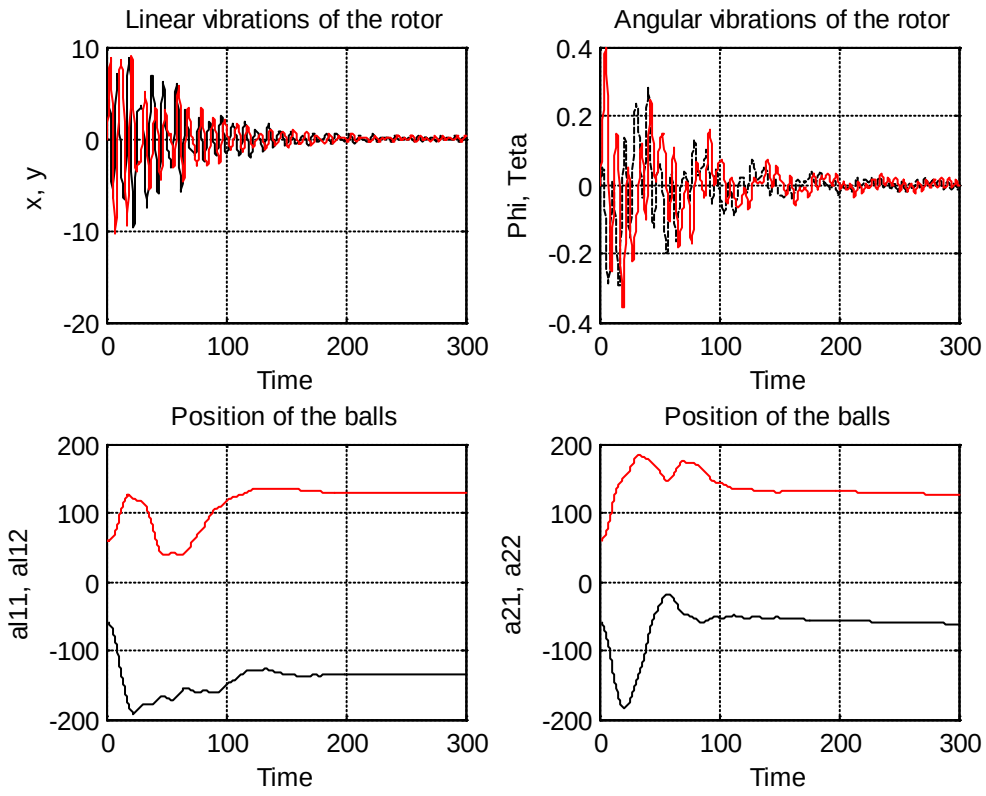

Figura 5.233 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

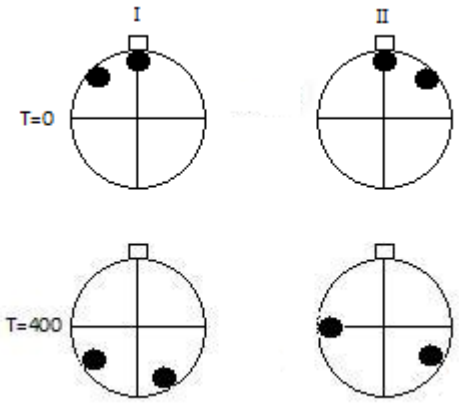

Figura 5.234 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-130° α_2=130° α_3=-60° α_4=120°

L2=0.14 m

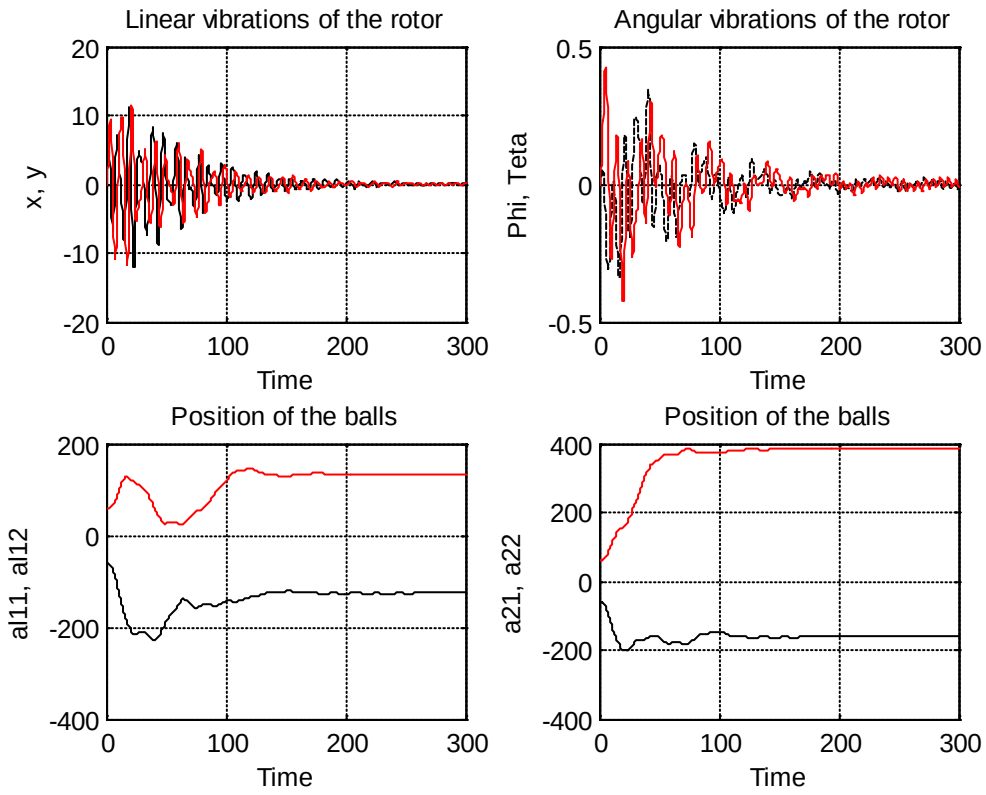

Figura 5.235 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

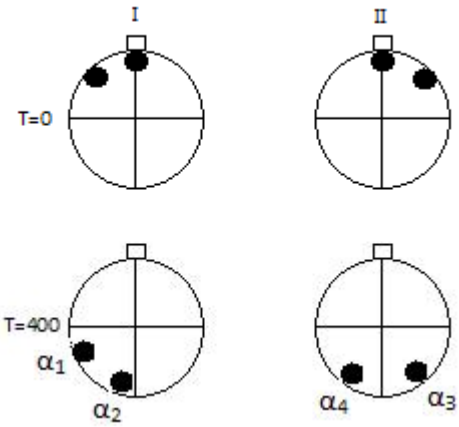

Figura 5.236 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=57.3° α_3=0° α_4=57.3°

T=400

α_1=-150° α_2=150° α_3=-160° α_4=390°

L2=0.105 m

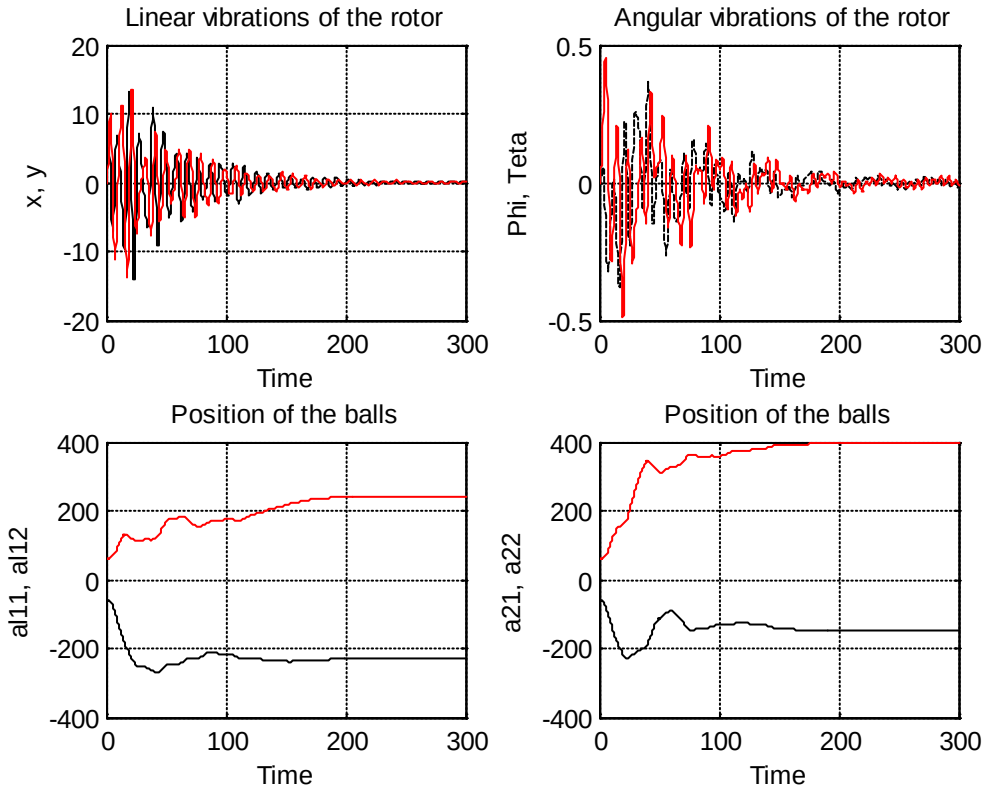

Figura 5.237 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

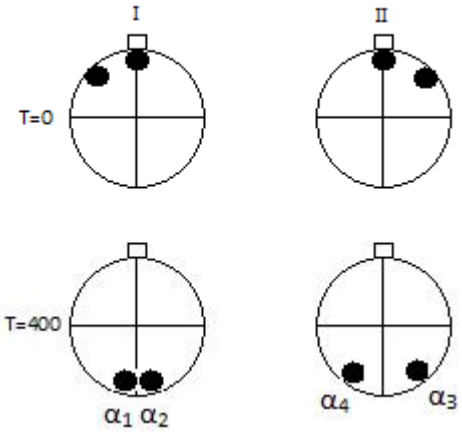

Figura 5.238 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-230° α_2=230° α_3=-150° α_4=400°

L2=0.07 m

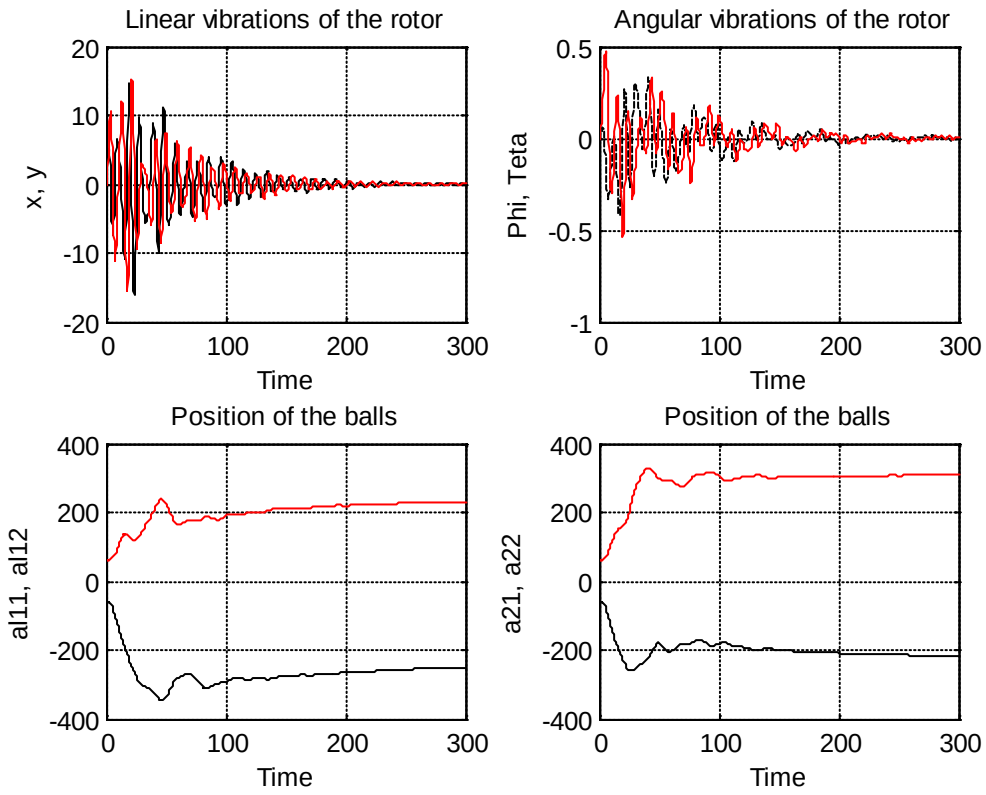

Figura 5.239 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

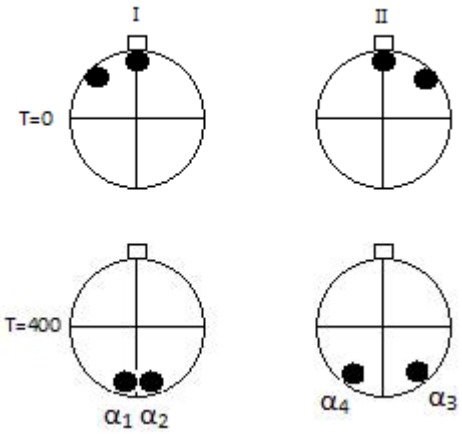

Figura 5.240 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-240° α_2=240° α_3=-210° α_4=300°

L2=0.035 m

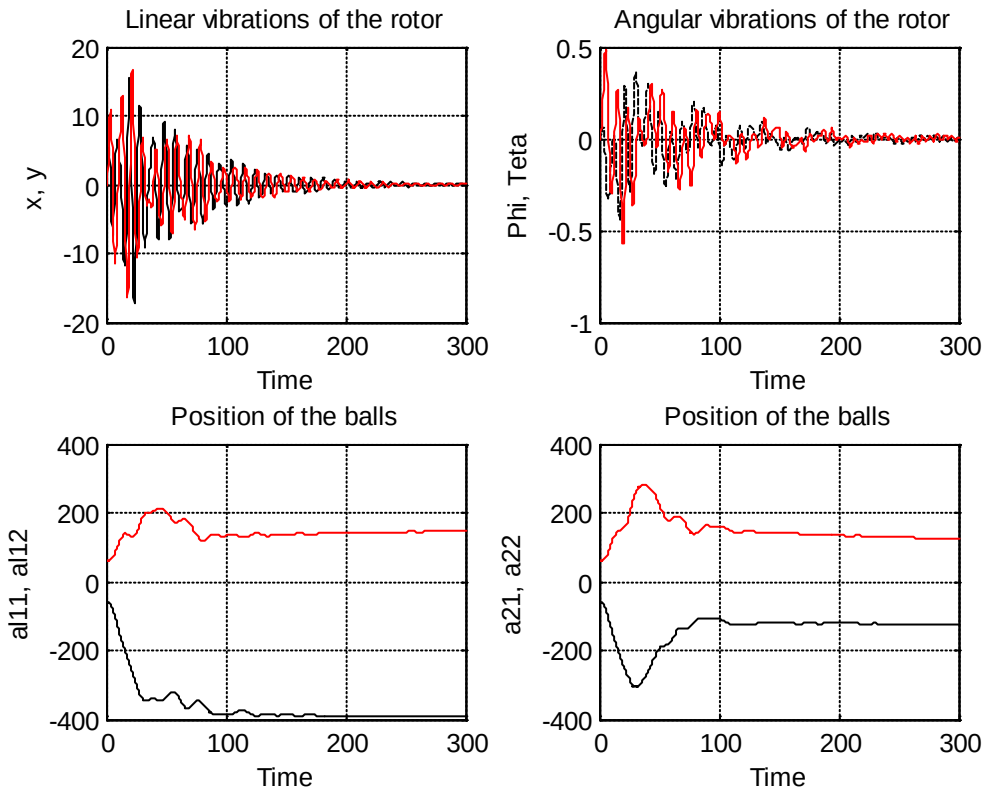

Figura 5.241 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

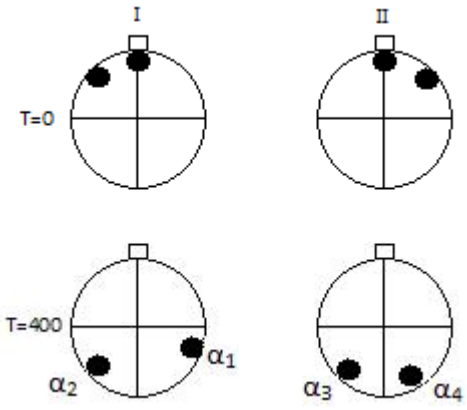

Figura 5.242 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-380° α_2=150° α_3=-120° α_4=120°

L2=0.005 m

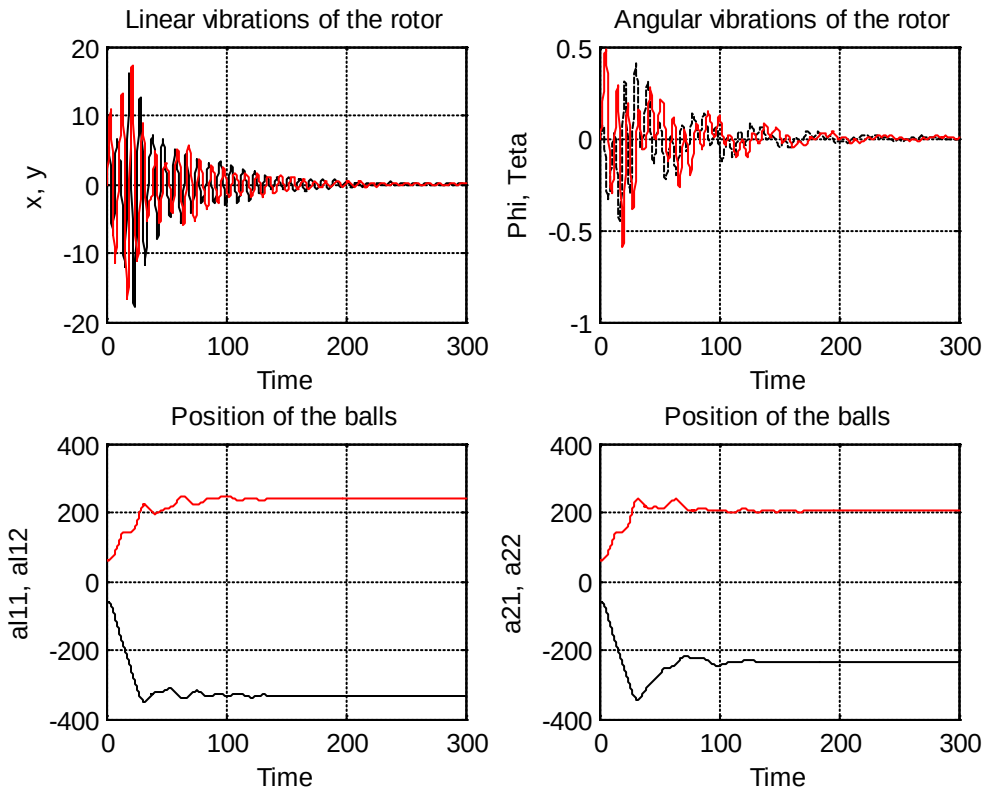

Figura 5.243 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

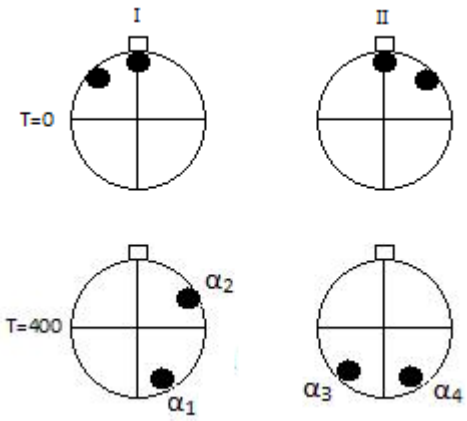

Figura 5.244 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-370° α_2=345° α_3=-230° α_4=200°

5.3.4 Disco ubicado a un tercio de distancia

CASO 1

Me=0.06 kgmm=0.15 kg

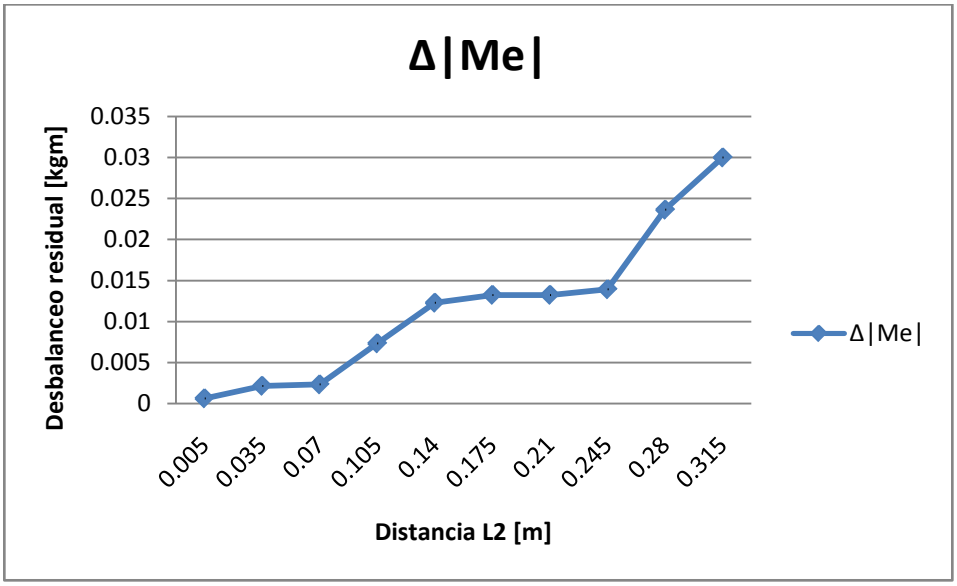

Figura 5.245 Muestra la grafica del desbalanceo estático residual.

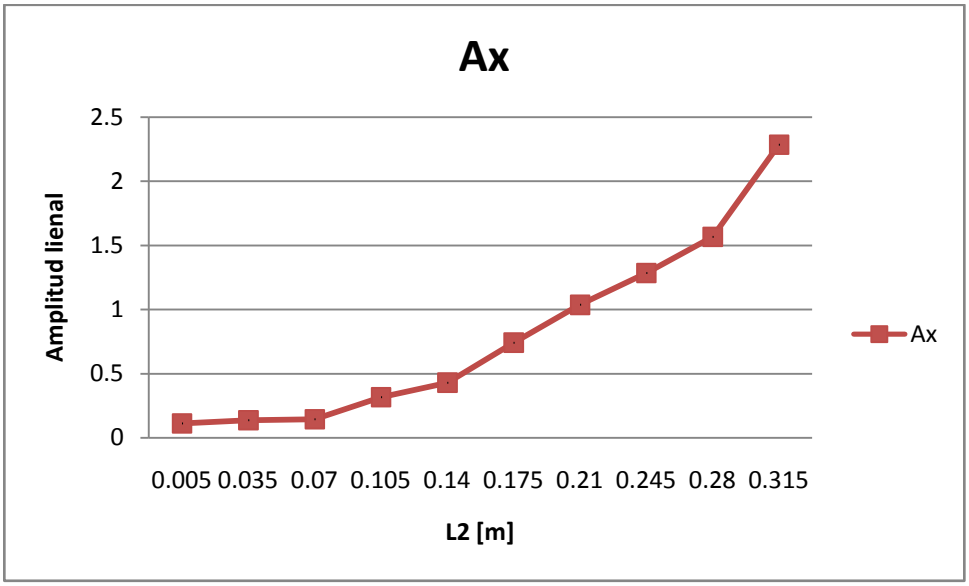

Figura 5.246 Muestra la grafica de amplitudes lineales residuales.

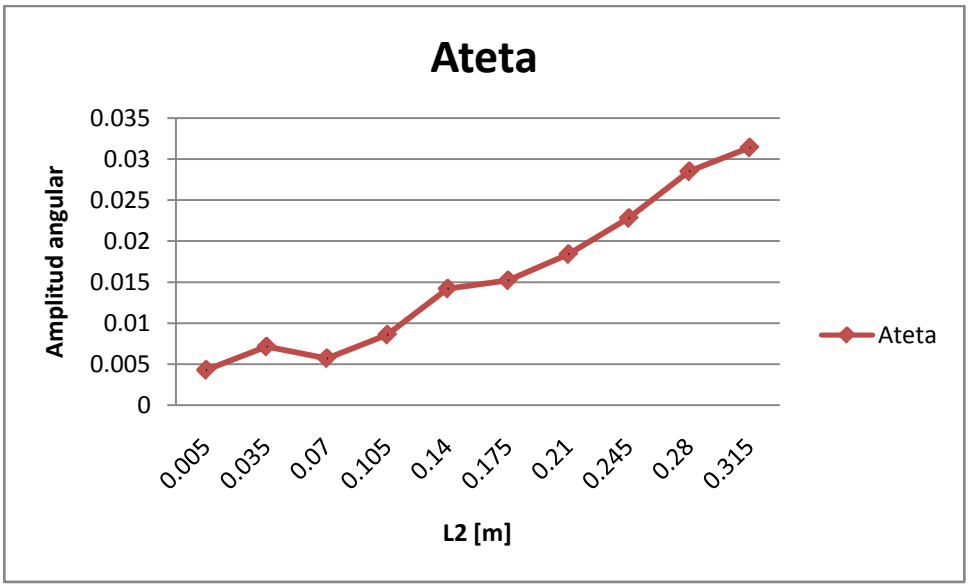

Figura 5.247 Muestra la grafica de las amplitudes angulares residuales del rotor.

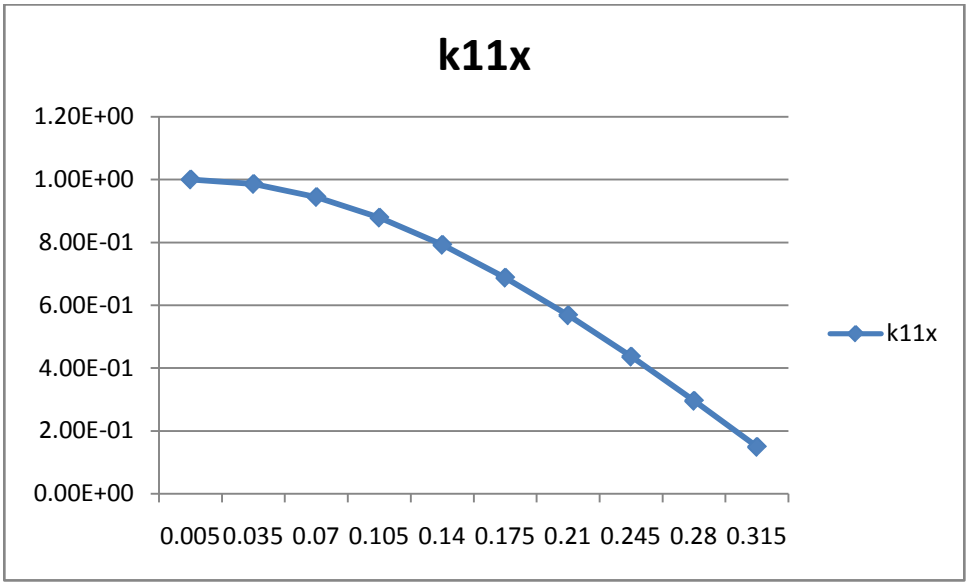

Figura 5.248 Coeficiente de transferencia de fuerza del tambor al plano del disco.

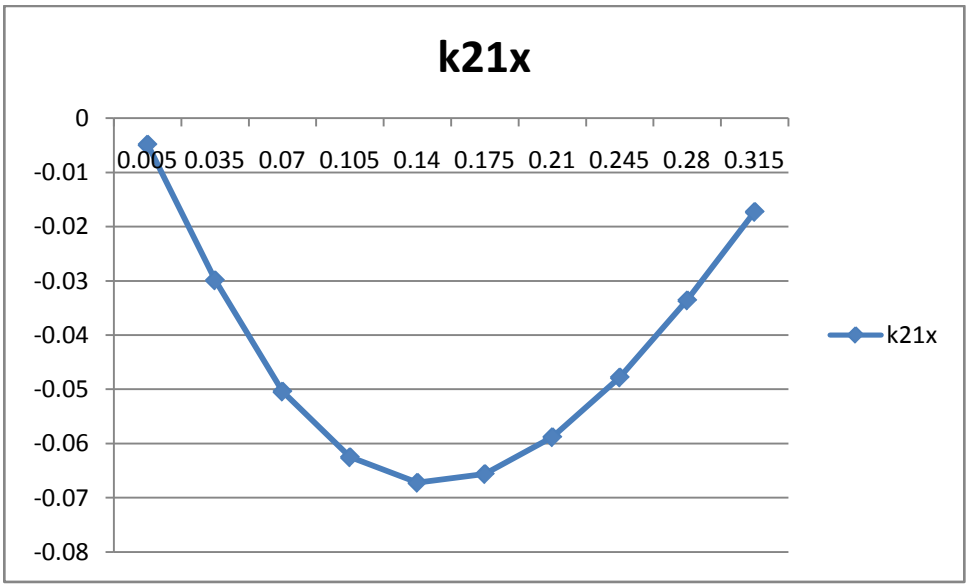

Figura 5.249 Coeficiente de influencia del tambor sobre el ángulo del disco.

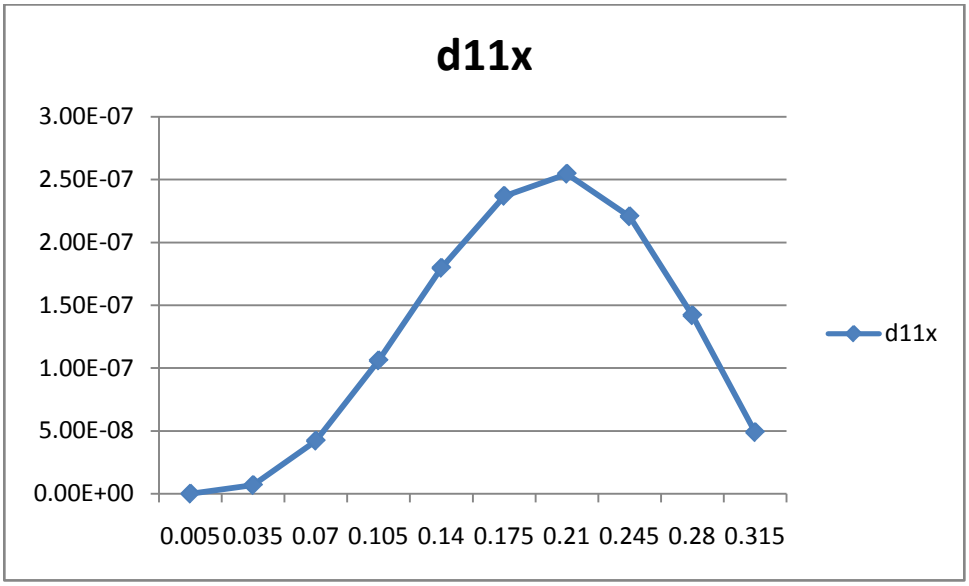

Figura 5.250 Coeficiente del rotor, desplazamiento y fuerza, que influyen en el desplazamiento del tambor.

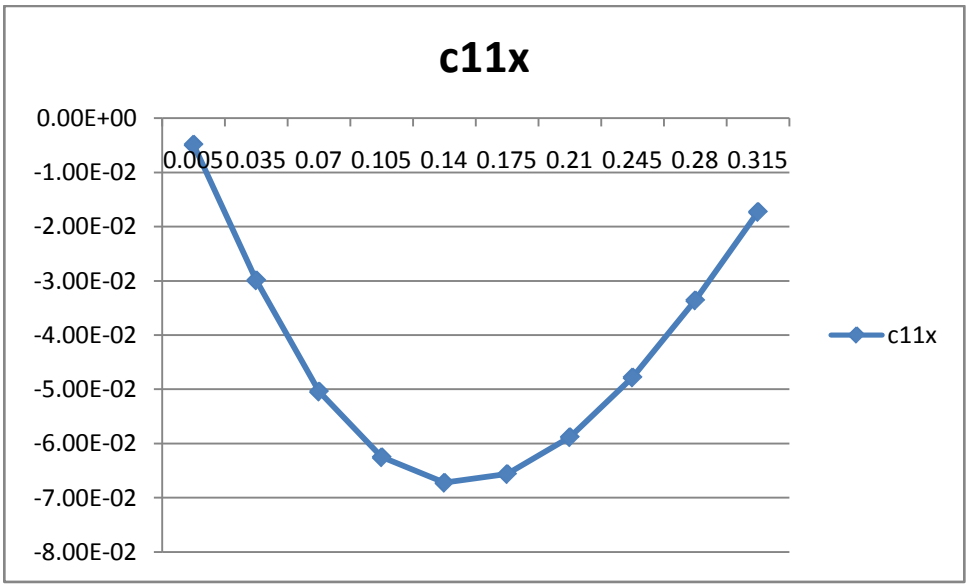

Figura 5.251 Coeficiente de influencia de rotación del disco con respecto el desplazamiento del tambor.

L2=0.315 m

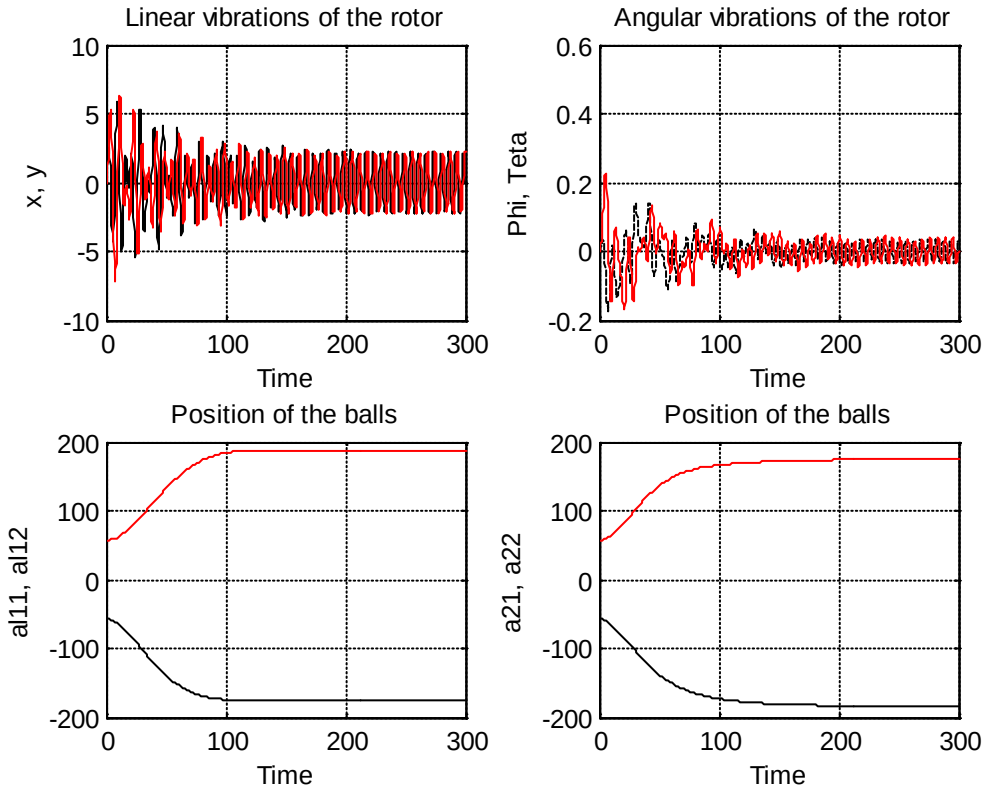

Figura 5.252 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

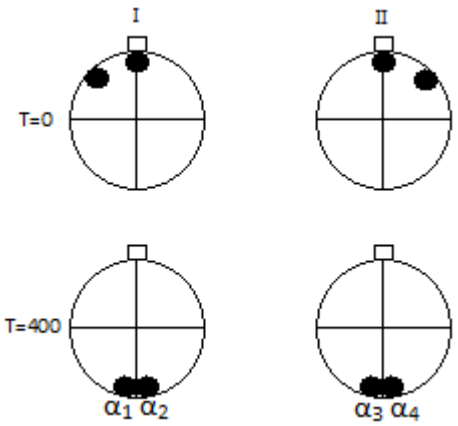

Figura 5.253 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-180° α_2=180° α_3=-180° α_4=180°

L2=0.28 m

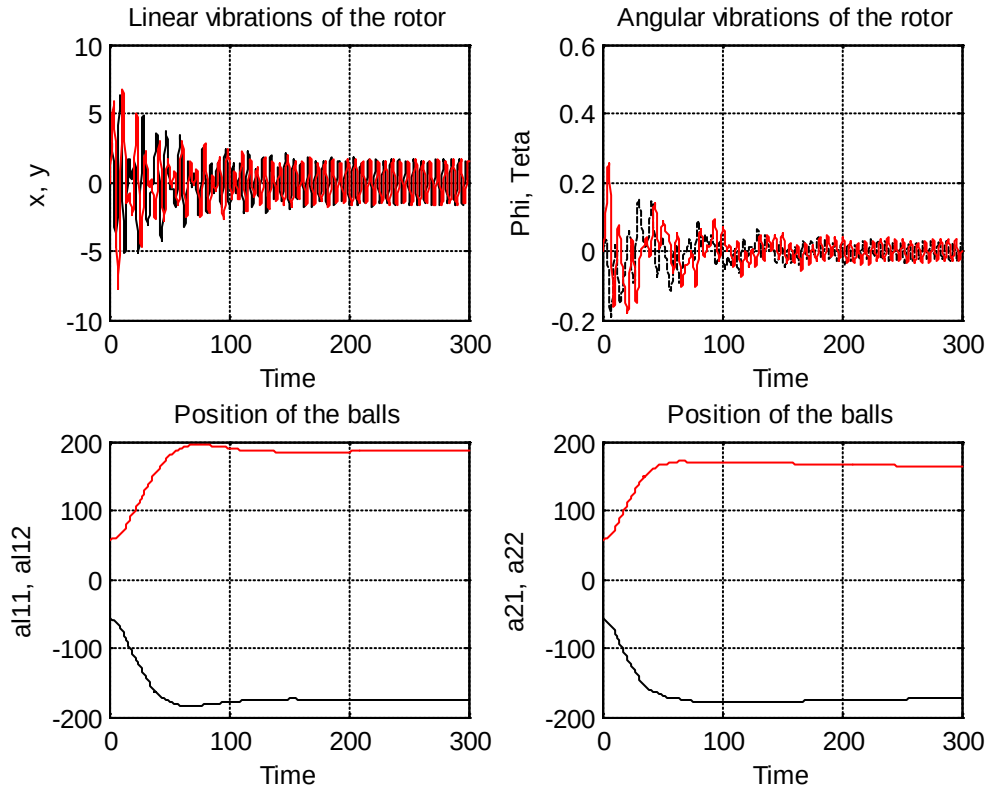

Figura 5.254 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

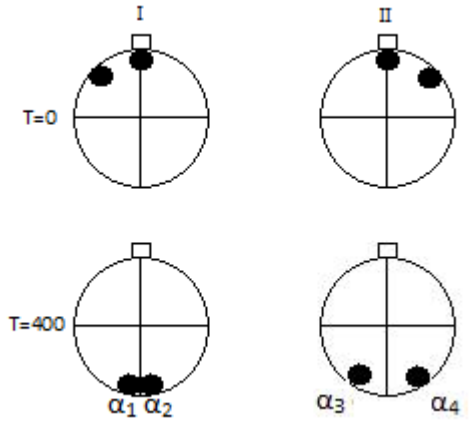

Figura 5.255 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-170° α_2=180° α_3=-150° α_4=150°

L2=0.245 m

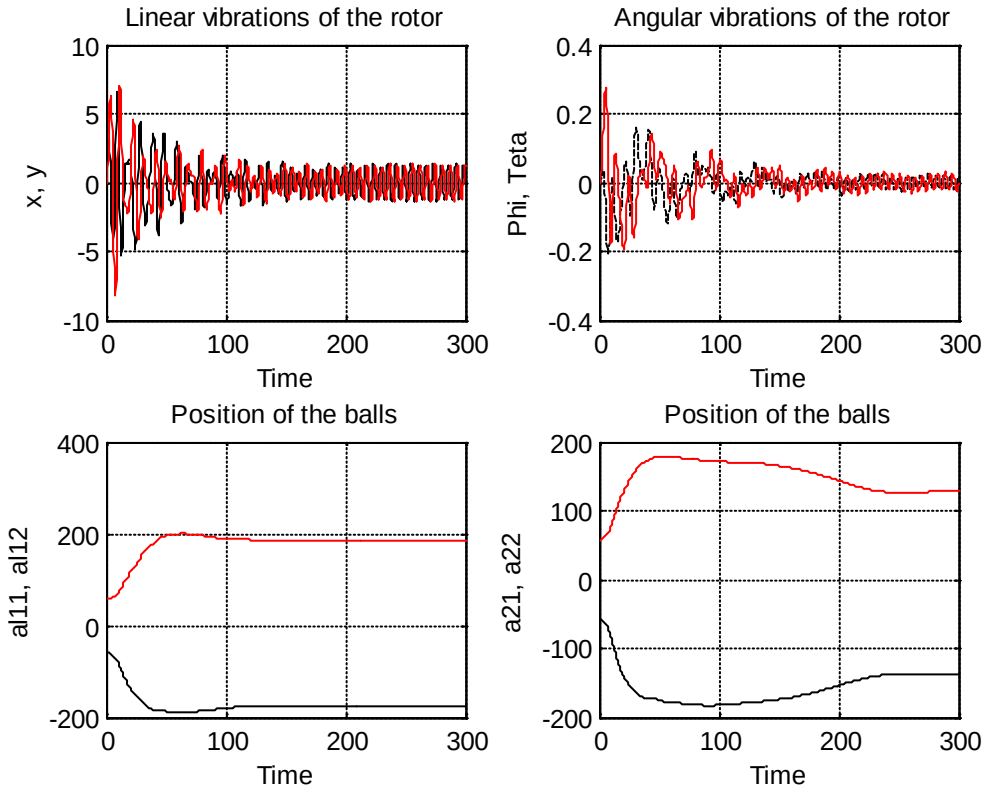

Figura 5.256 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

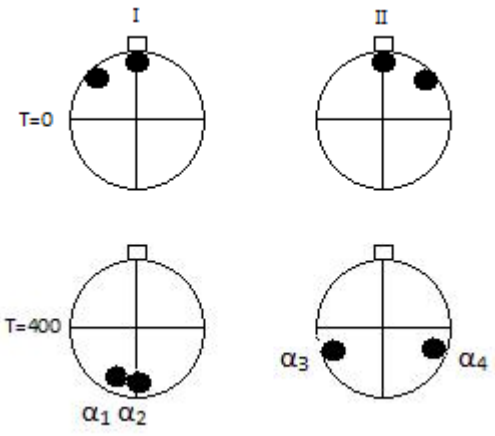

Figura 5.257 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-180° α_2=180° α_3=-130° α_4=130°

L2=0.21 m

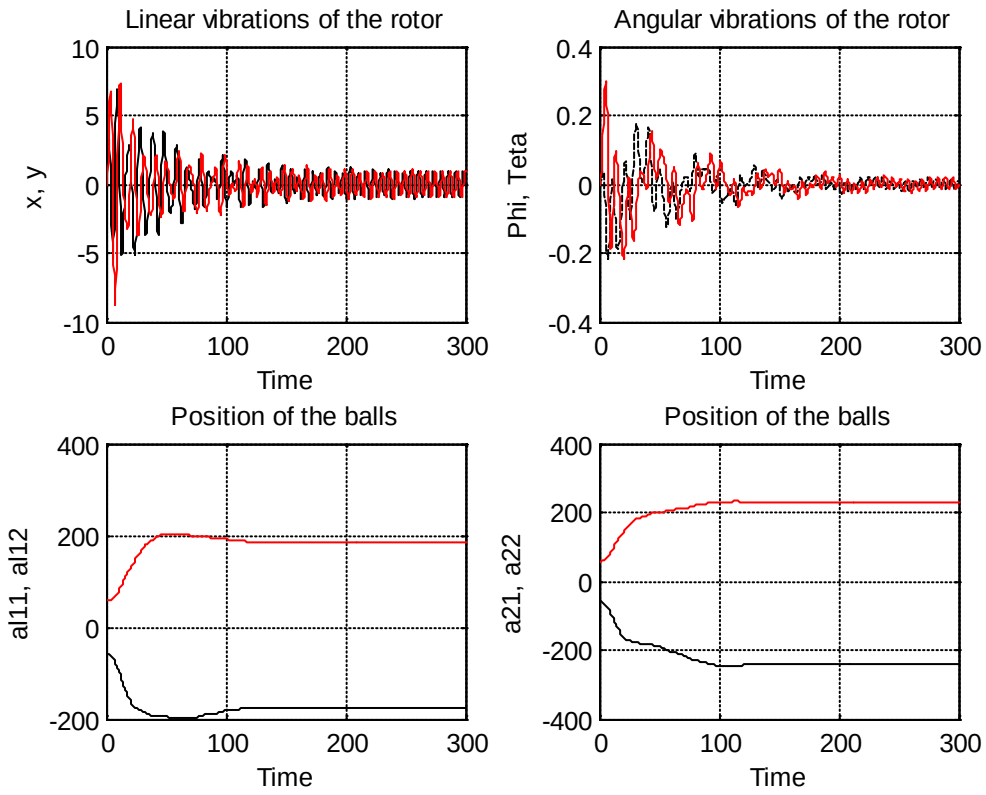

Figura 5.258 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

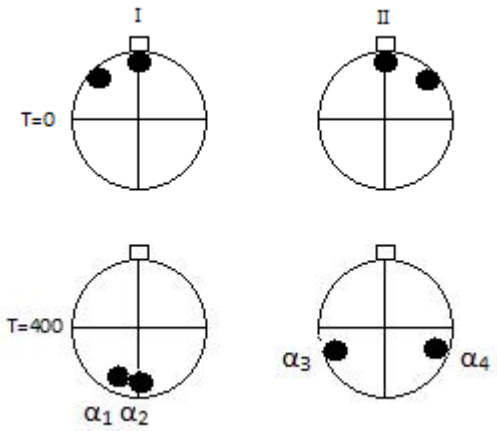

Figura 5.259 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-190° α_2=190° α_3=-230° α_4=230°

L2=0.175 m

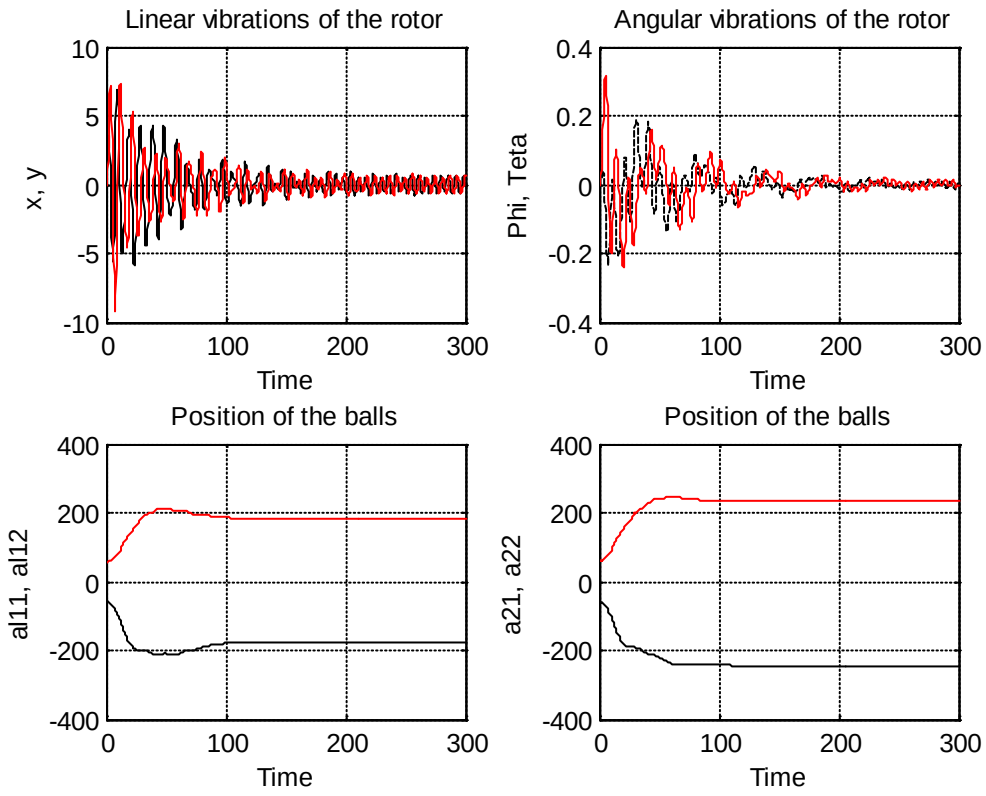

Figura 5.260 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

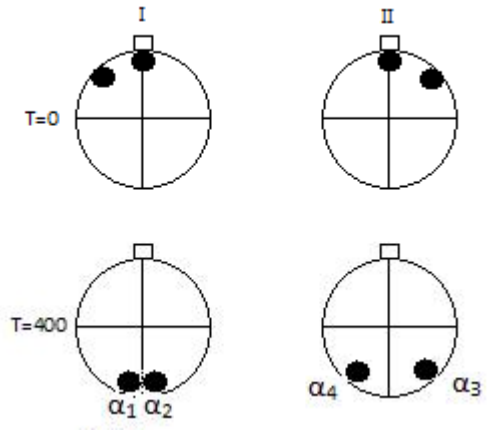

Figura 5.261 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-190° α_2=190° α_3=-230° α_4=230°

L2=0.14 m

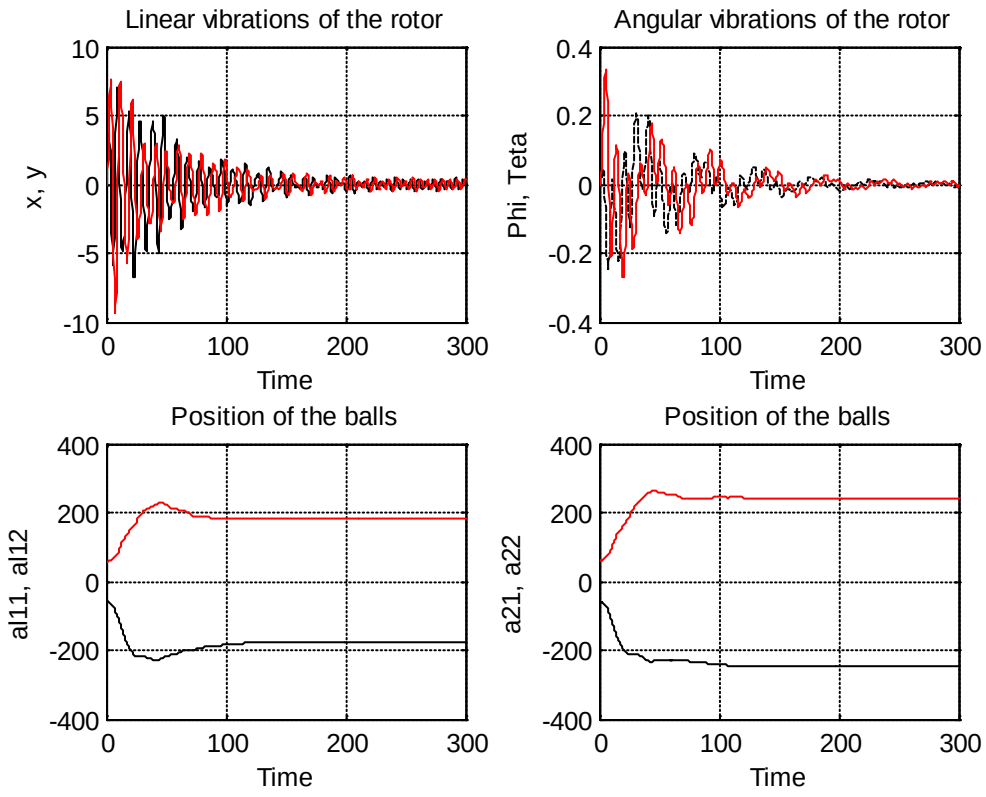

Figura 5.262 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

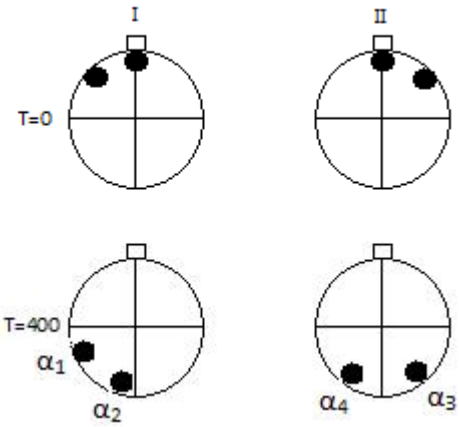

Figura 5.263 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-180° α_2=180° α_3=-230° α_4=230°

L2=0.105 m

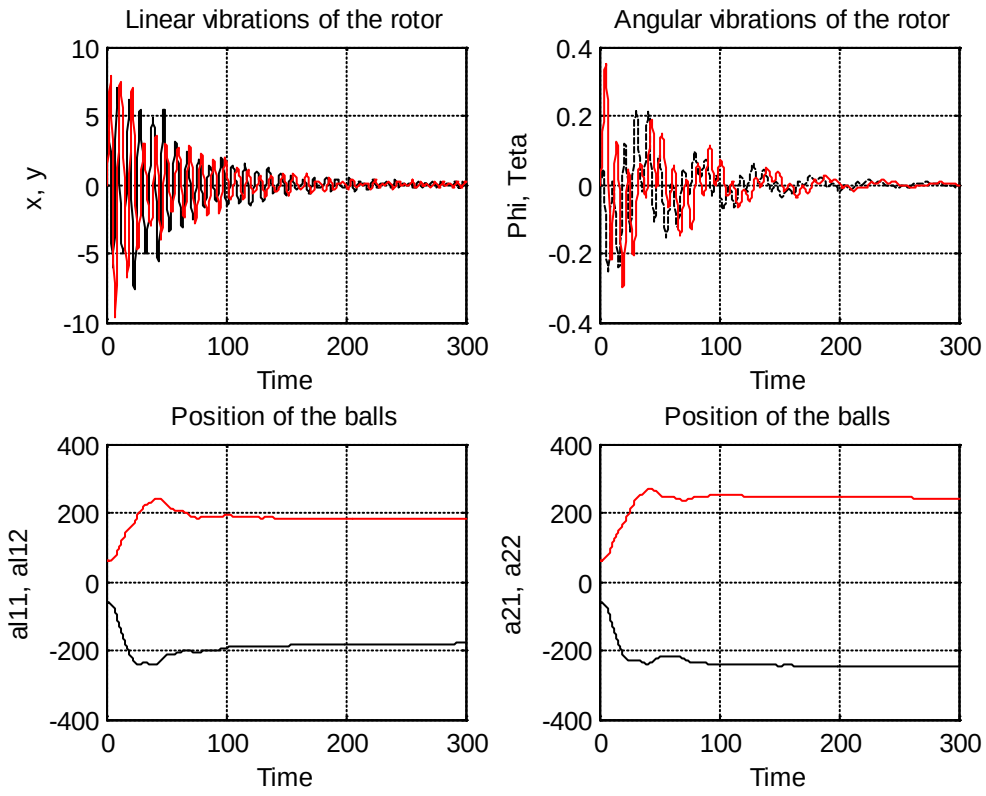

Figura 5.264 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

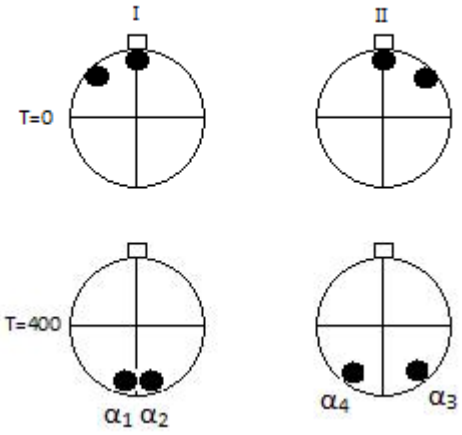

Figura 5.265 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-190° α_2=190° α_3=-225° α_4=225°

L2=0.07 m

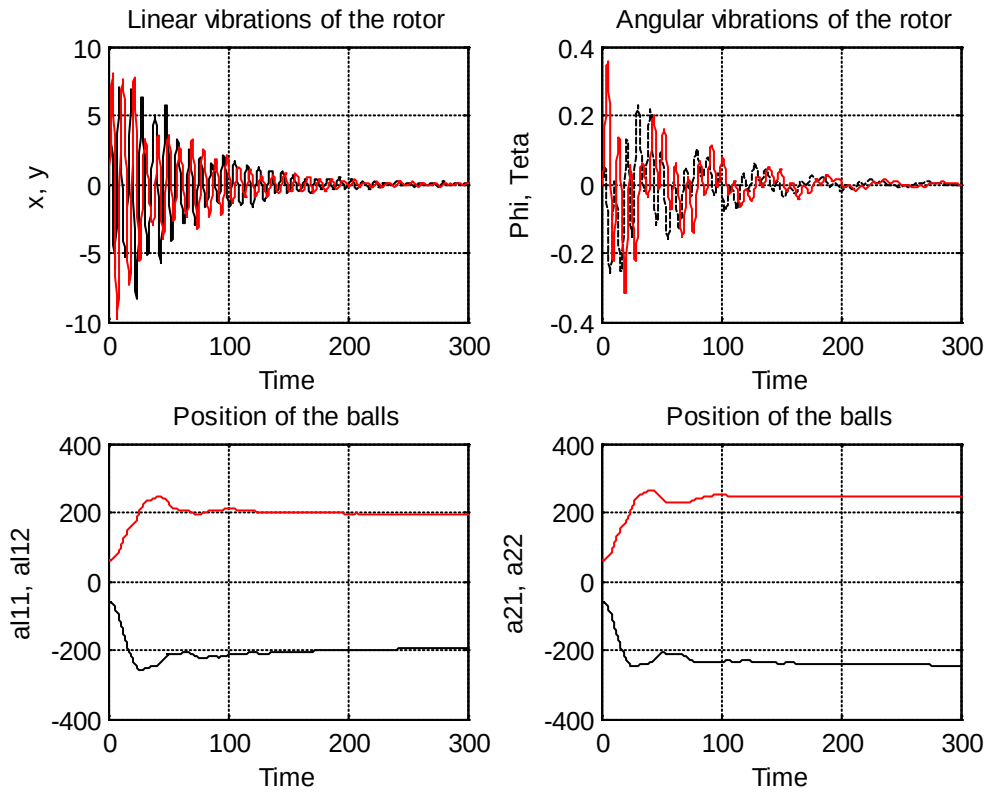

Figura 5.266 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

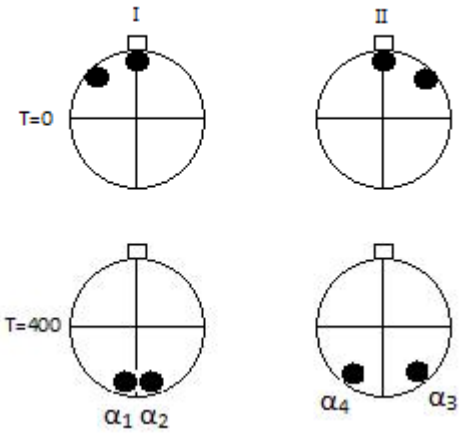

Figura 5.267 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-200° α_2=200° α_3=-250° α_4=250°

L2=0.035 m

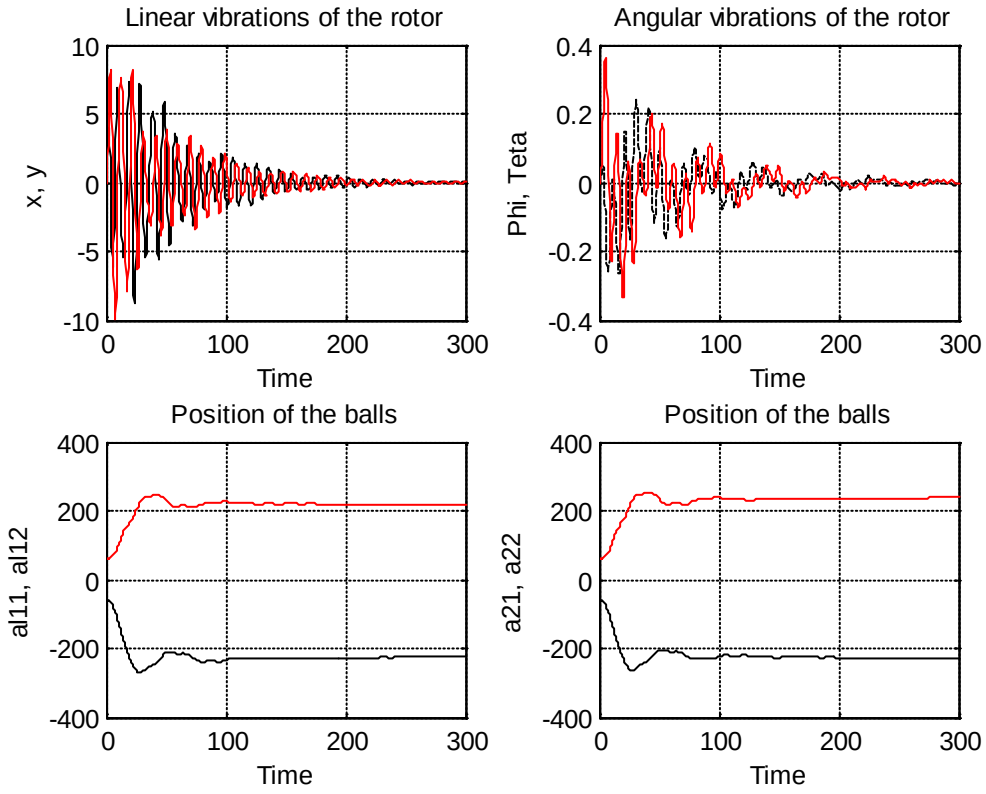

Figura 5.268 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

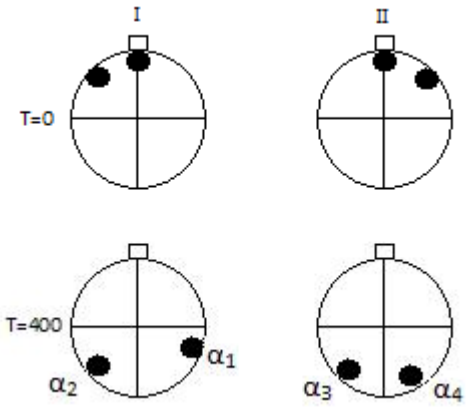

Figura 5.269 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-230° α_2=230° α_3=-230° α_4=230°

L2=0.005 m

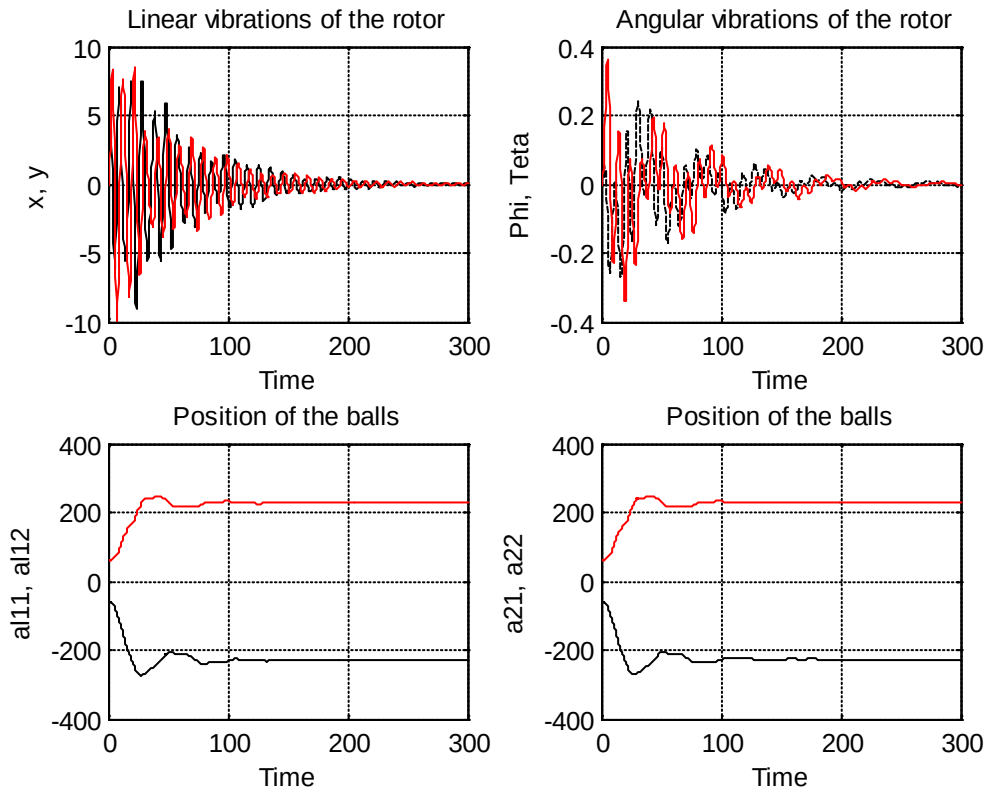

Figura 5.270 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

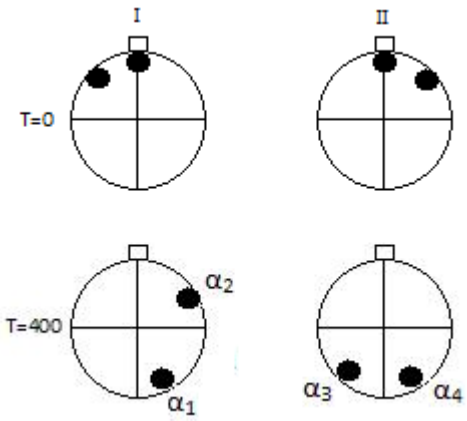

Figura 5.271 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-230° α_2=230° α_3=-230° α_4=230°

CASO 2

Me=0.06 kgmm=0.23 kg

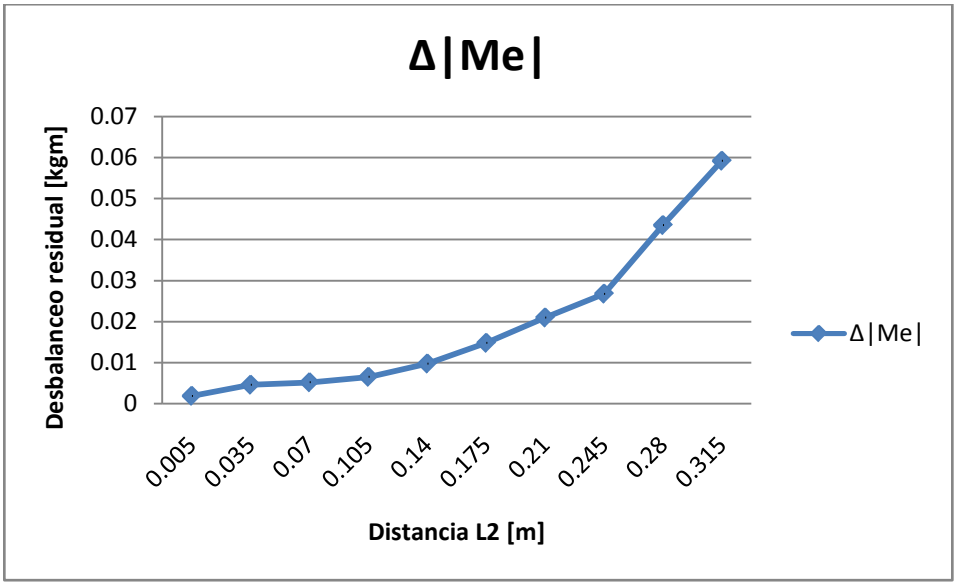

Figura 5.272 Muestra la grafica del desbalanceo estático residual.

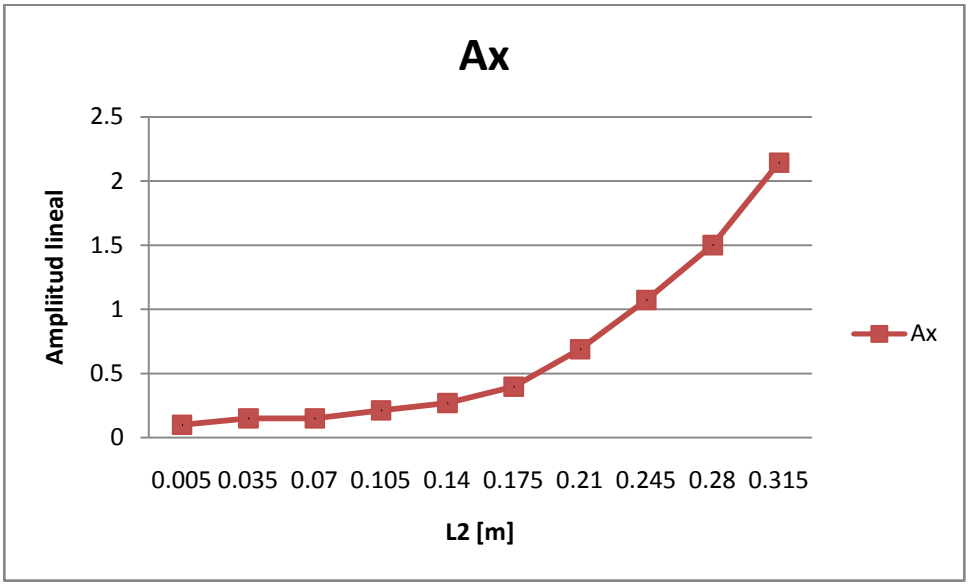

Figura 5.273 Muestra la grafica de amplitudes lineales residuales.

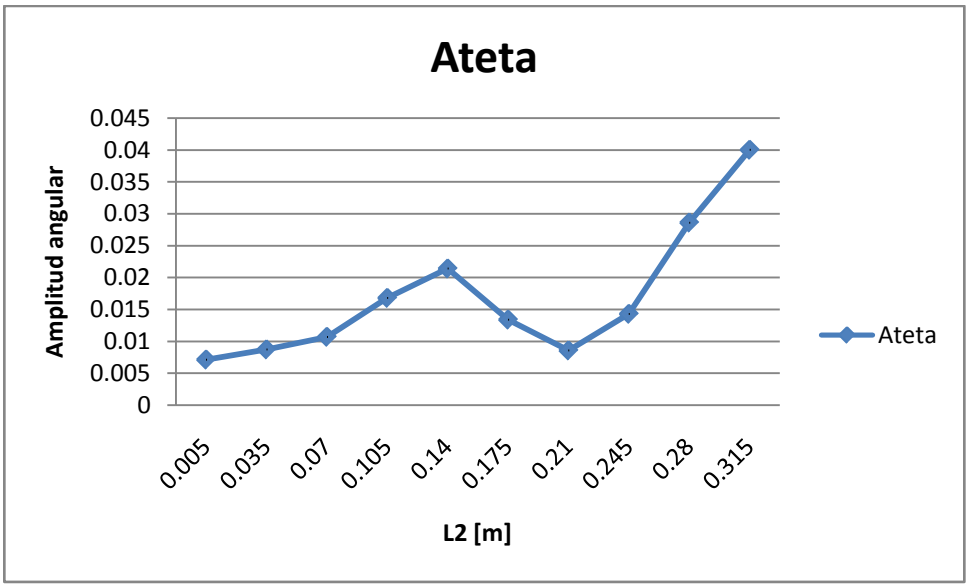

Figura 5.274 Muestra la grafica de las amplitudes angulares residuales del rotor.

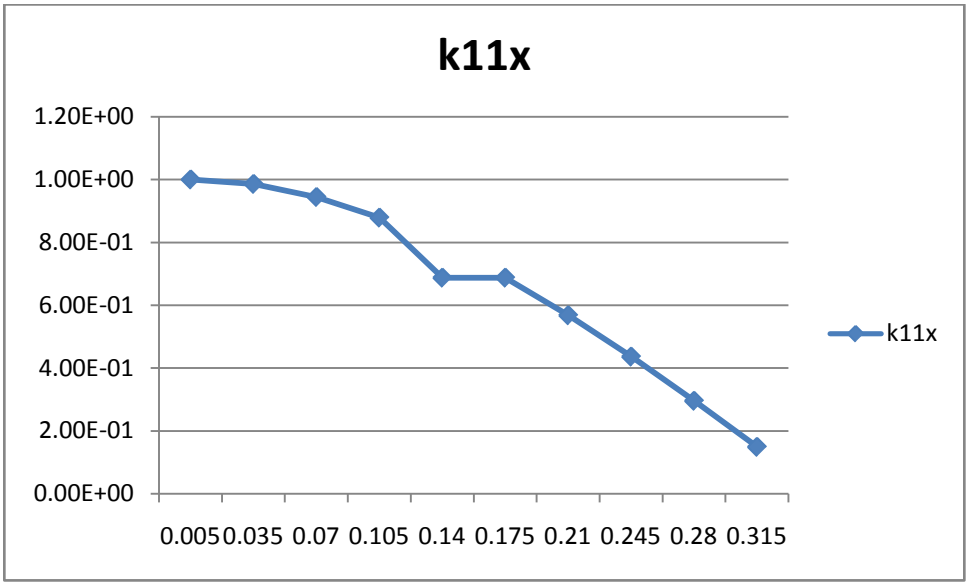

Figura 5.275 Coeficiente de transferencia de fuerza del tambor al plano del disco.

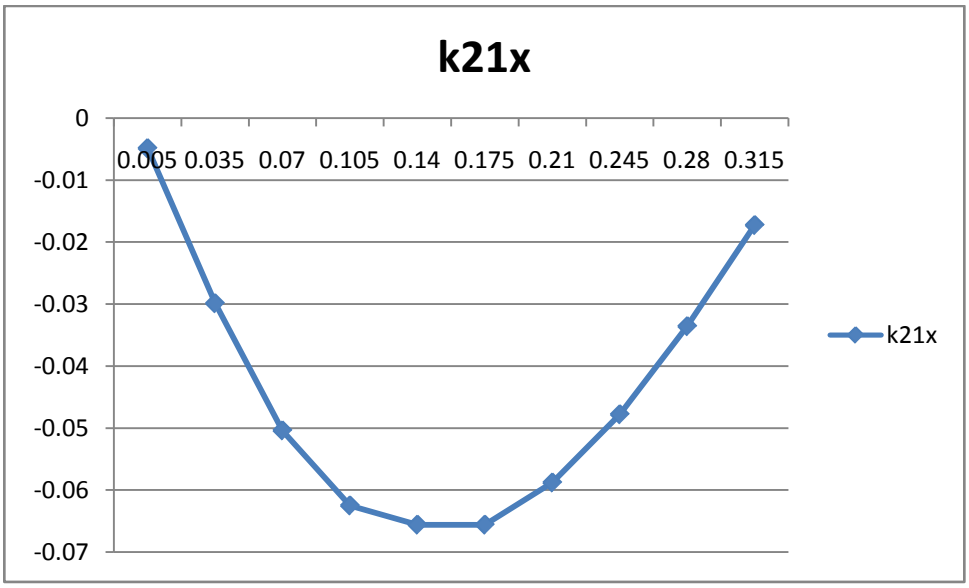

Figura 5.276 Coeficiente de influencia del tambor sobre el ángulo del disco.

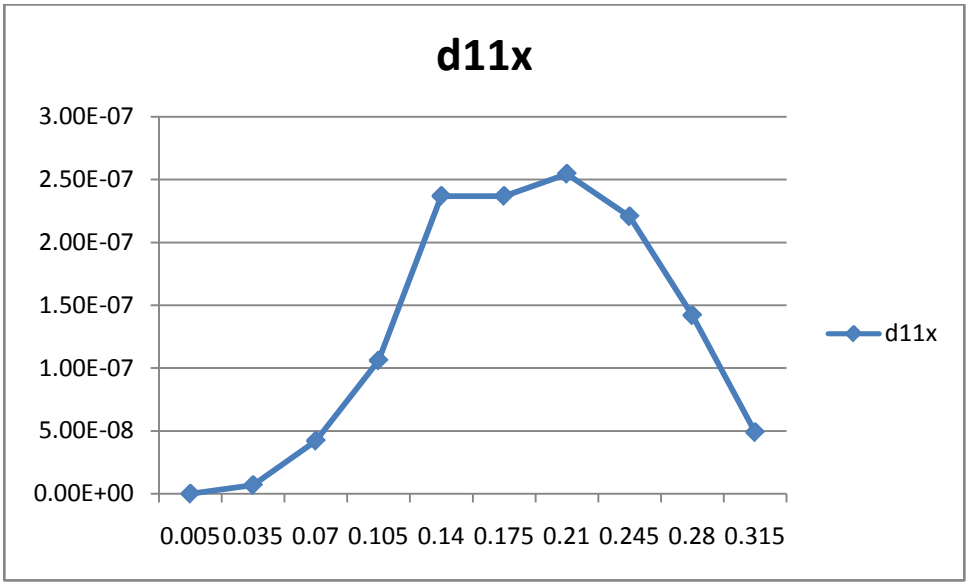

Figura 5.277 Coeficiente del rotor, desplazamiento y fuerza, que influyen en el desplazamiento del tambor.

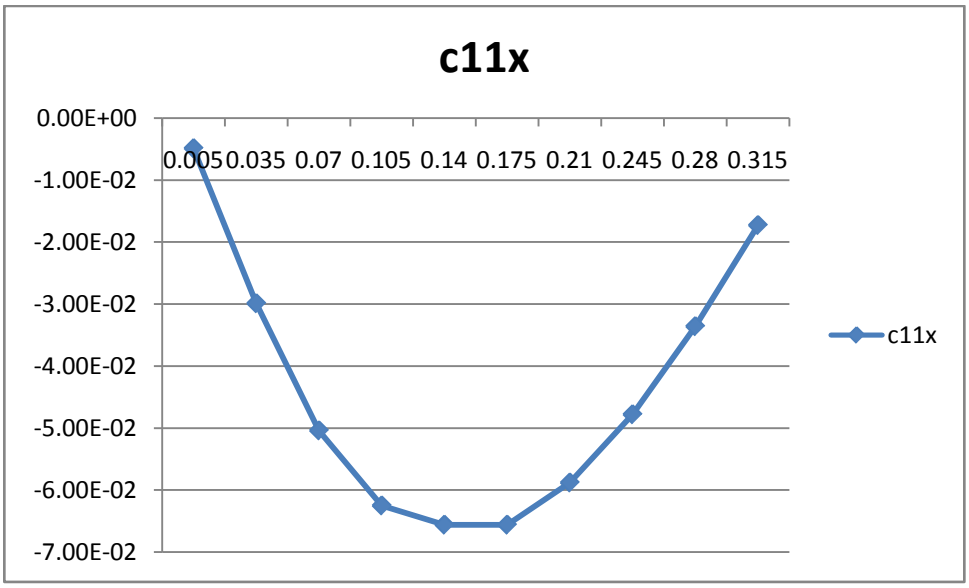

Figura 5.278 Coeficiente de influencia de rotación del disco con respecto el desplazamiento del tambor.

L2=0.315 m

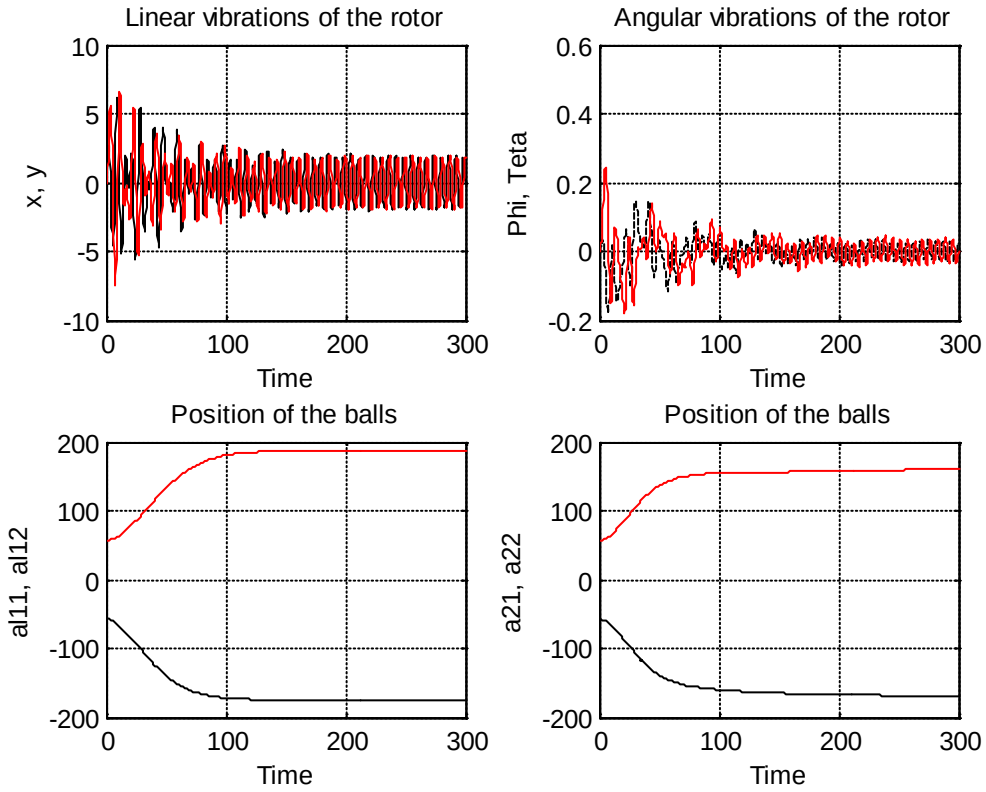

Figura 5.279 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

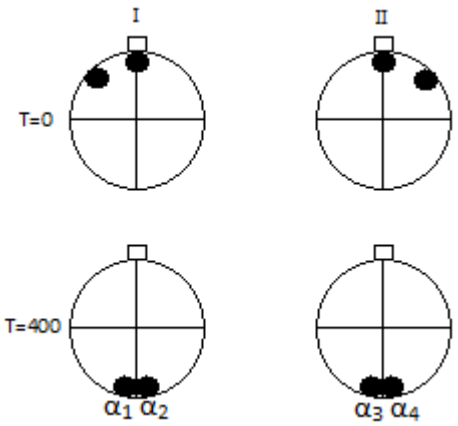

Figura 5.280 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-180° α_2=180° α_3=-170° α_4=170°

L2=0.28 m

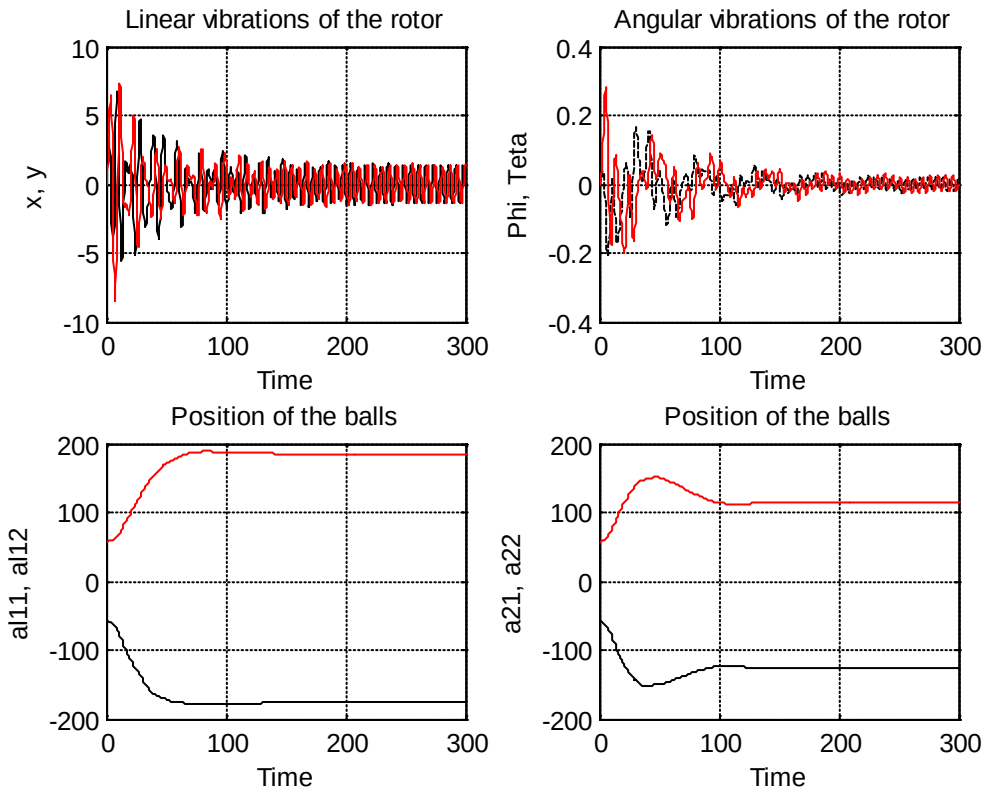

Figura 5.281 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

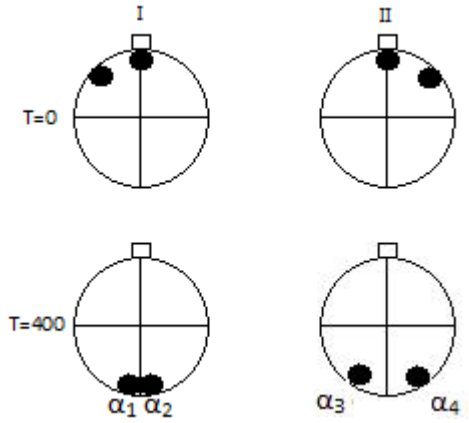

Figura 5.282 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=0° α_2=56.25° α_3=0° α_4=60°

T=400

α_1=-180° α_2=180° α_3=-120° α_4=120°

L2=0.245 m

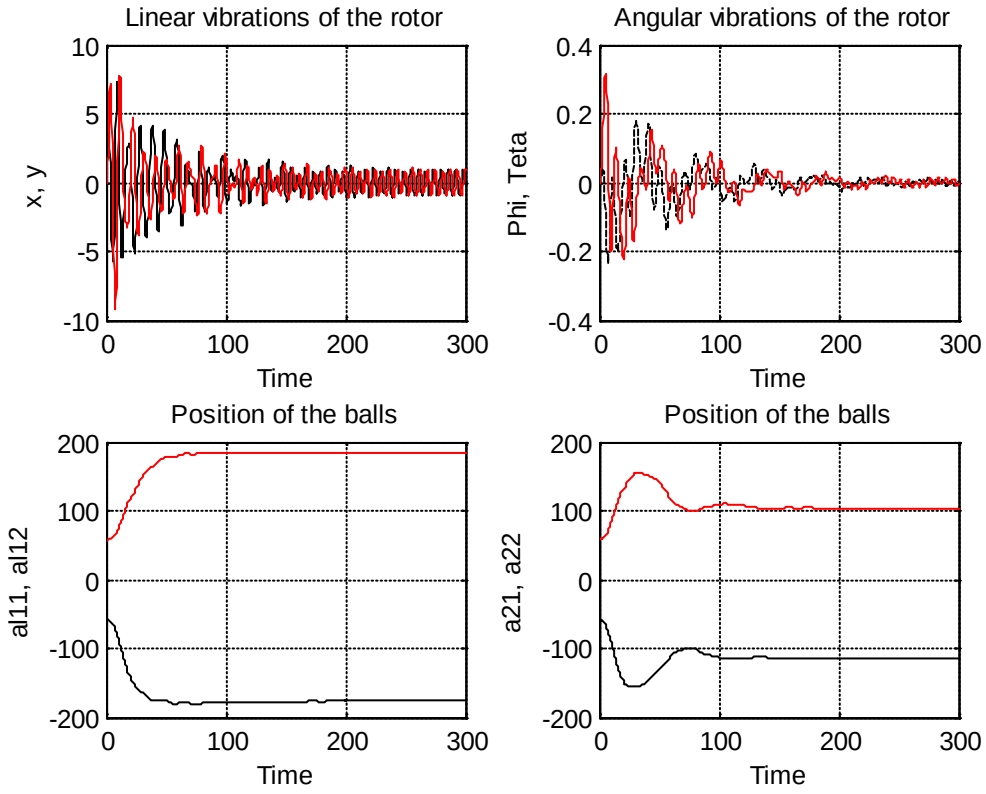

Figura 5.283 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

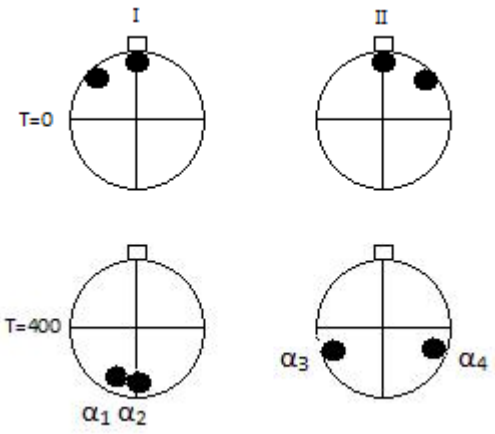

Figura 5.284 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-180° α_2=180° α_3=-110° α_4=100°

L2=0.21 m

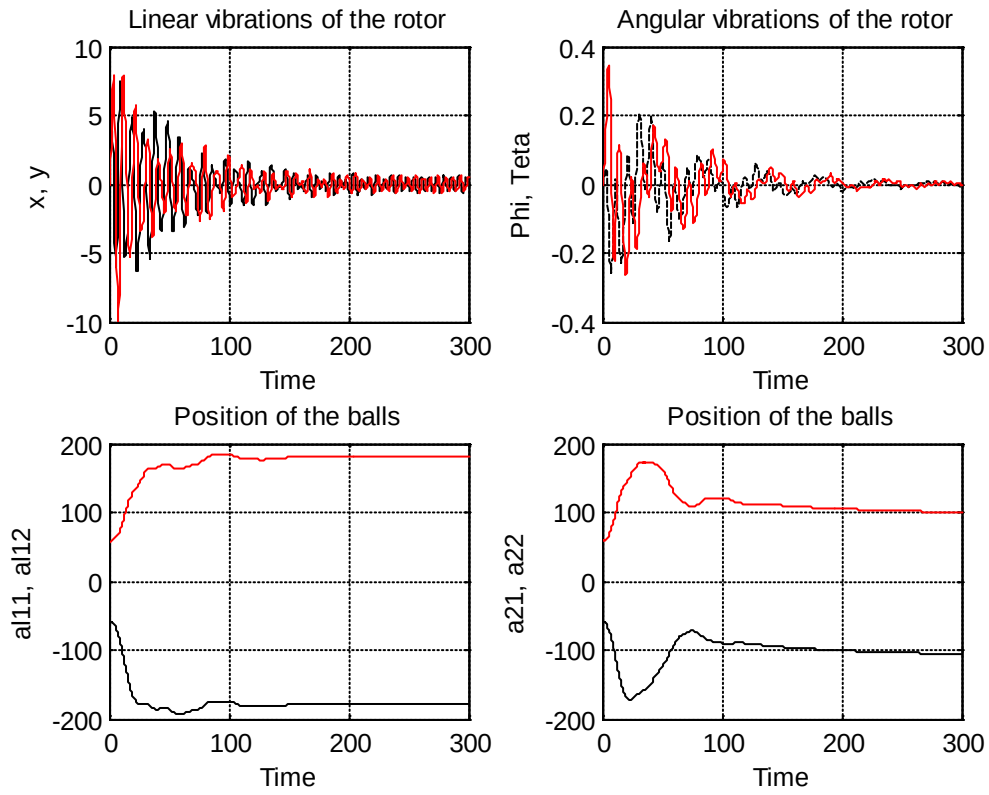

Figura 5.285 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

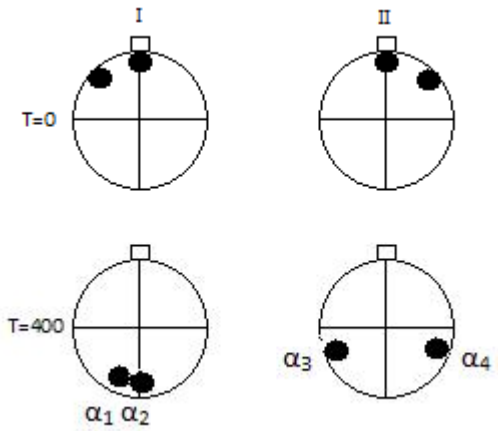

Figura 5.286 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-180° α_2=180° α_3=-100° α_4=100°

L2=0.175 m

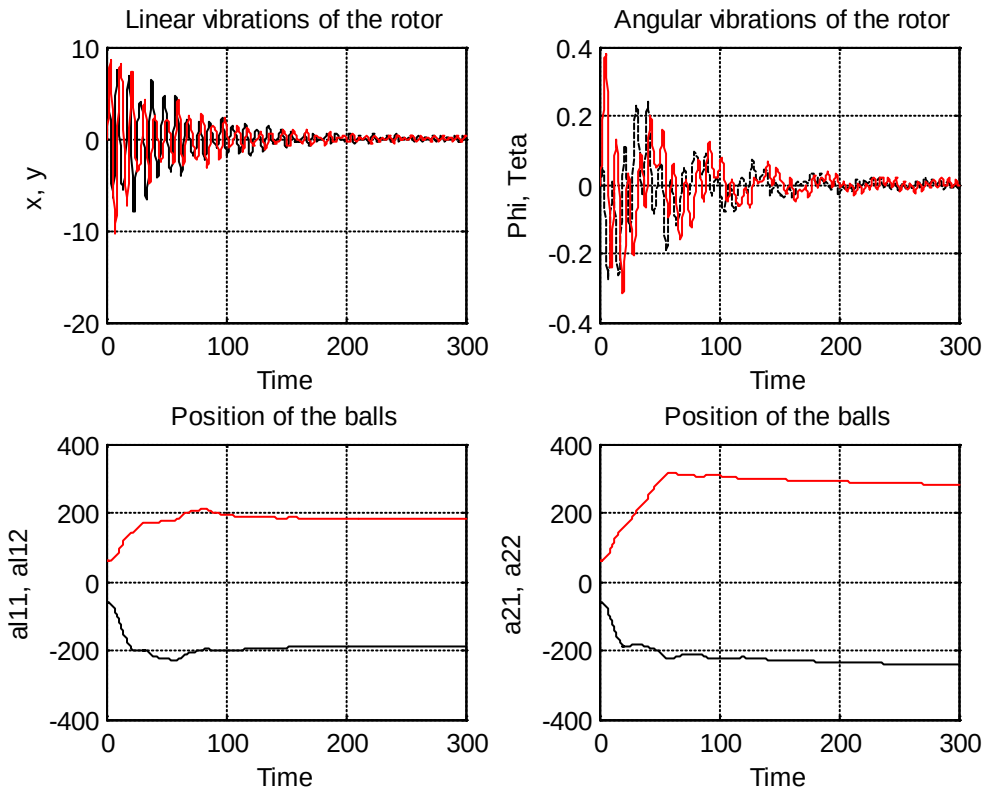

Figura 5.287 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

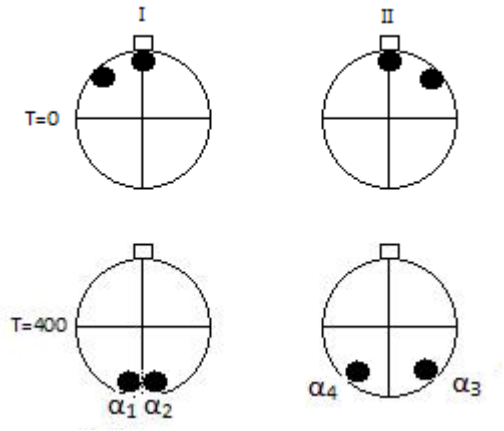

Figura 5.288 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-180° α_2=180° α_3=-250° α_4=280°

L2=0.14 m

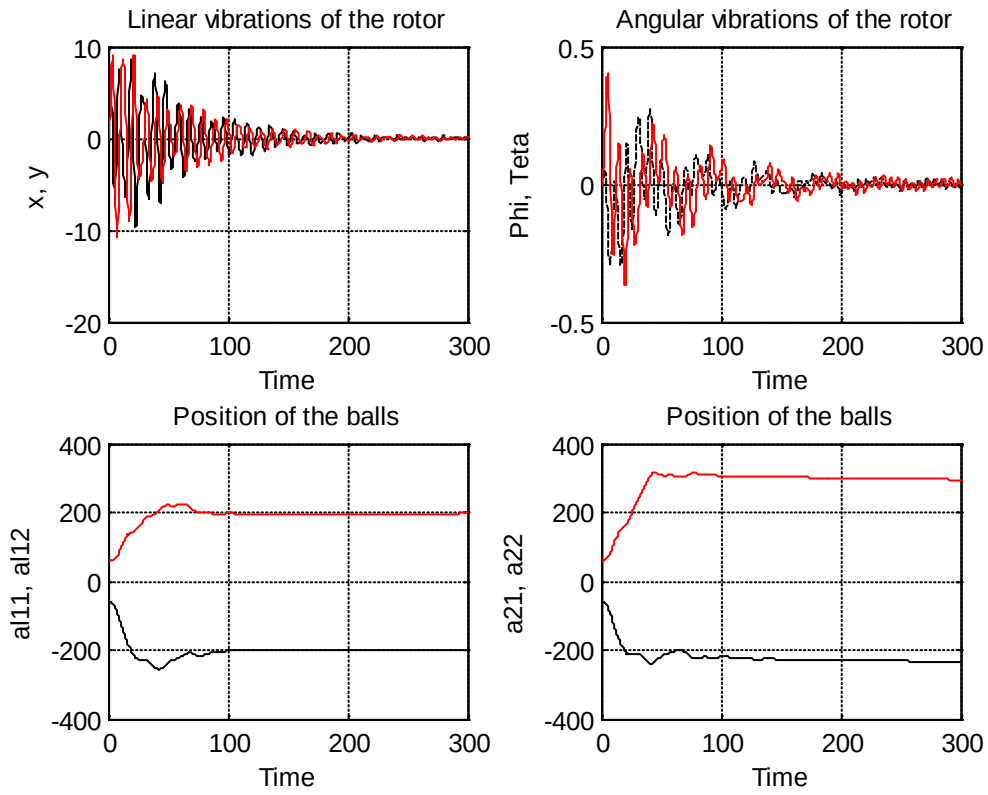

Figura 5.289 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

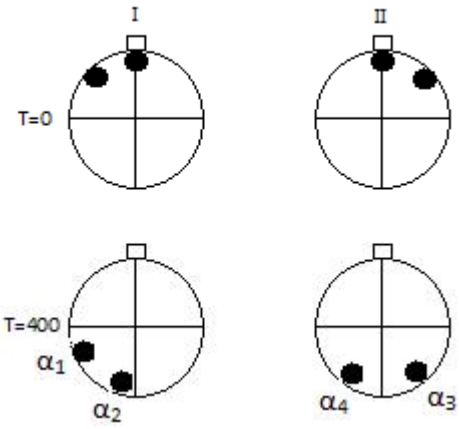

Figura 5.290 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-200° α_2=200° α_3=-230° α_4=300°

L2=0.105 m

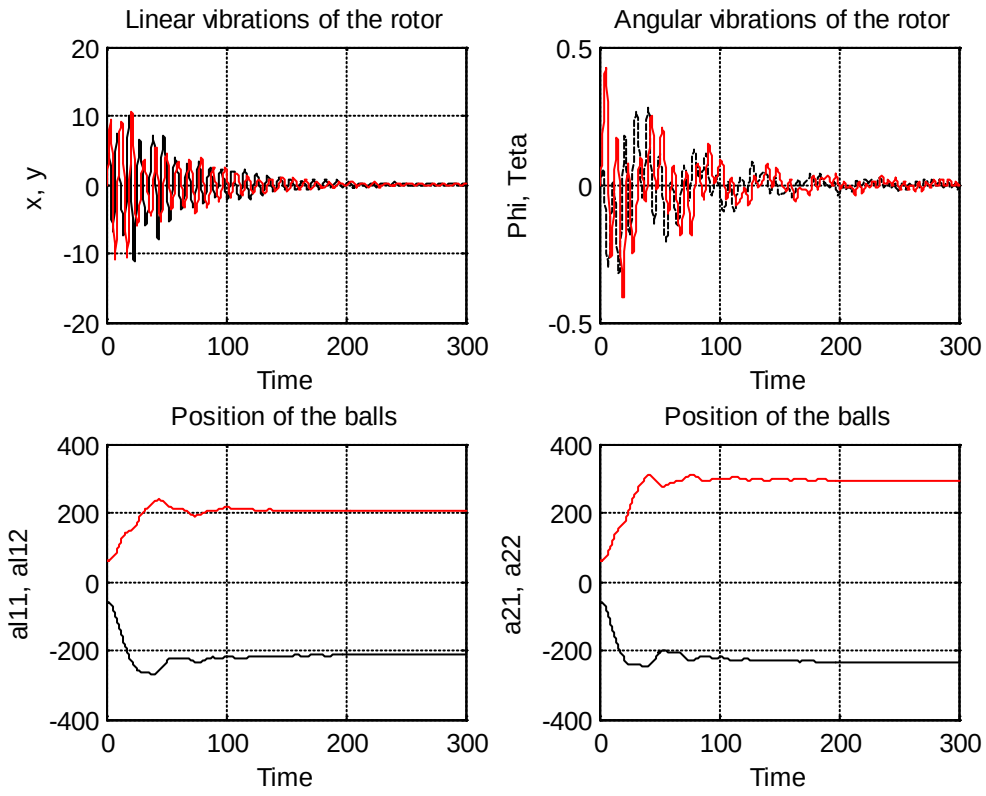

Figura 5.291 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

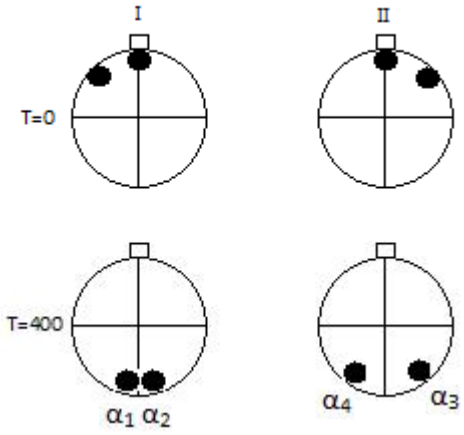

Figura 5.292 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-210° α_2=210° α_3=-240° α_4=300°

L2=0.07 m

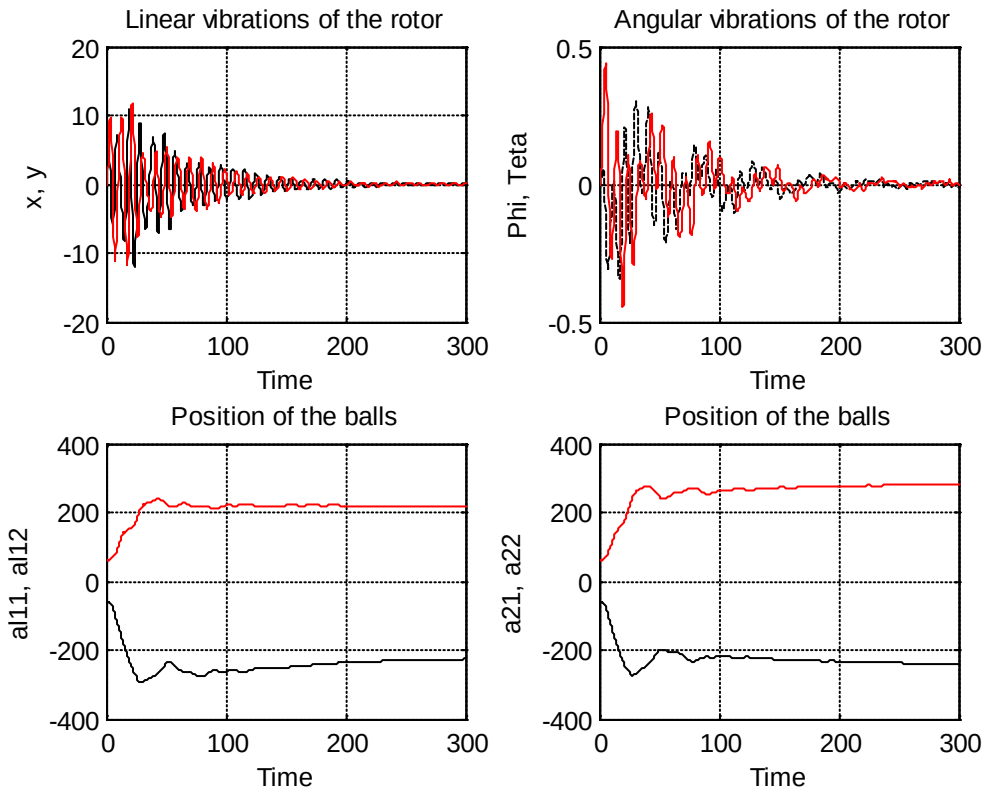

Figura 5.293 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

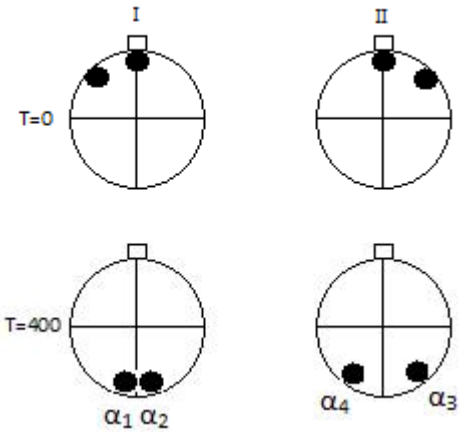

Figura 5.294 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-230° α_2=230° α_3=-230° α_4=280°

L2=0.035 m

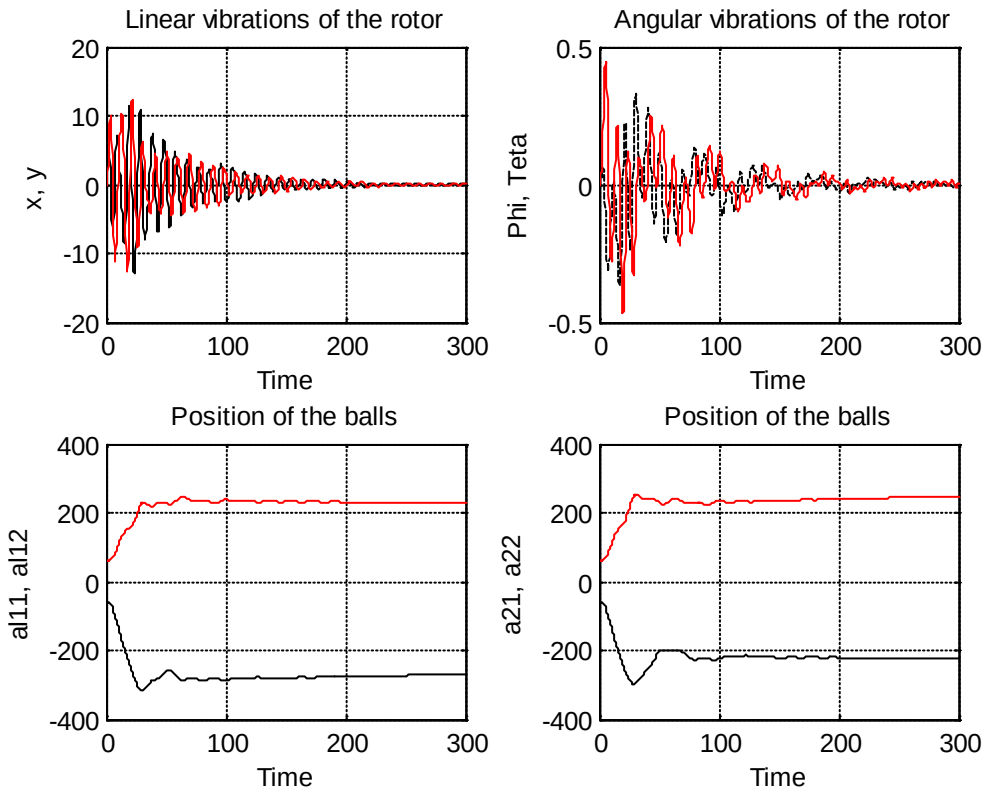

Figura 5.295Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

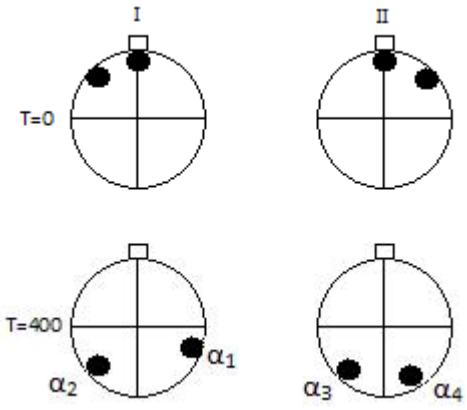

Figura 5.296 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-270° α_2=230° α_3=-220° α_4=240°

L2=0.005 m

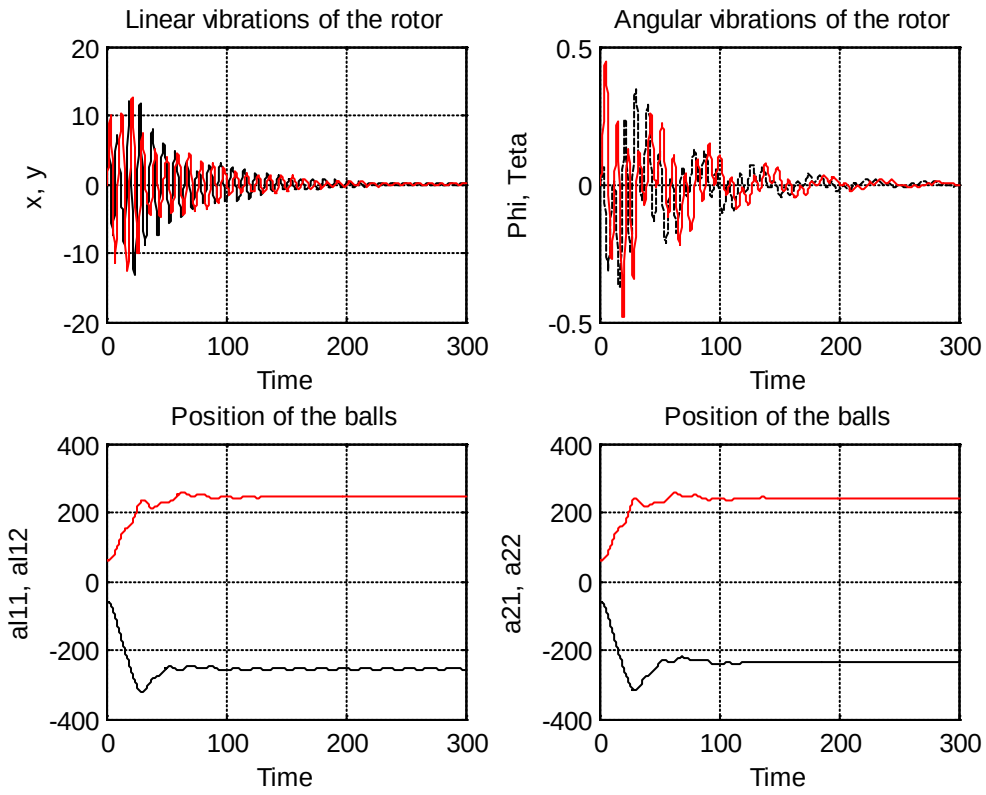

Figura 5.297 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

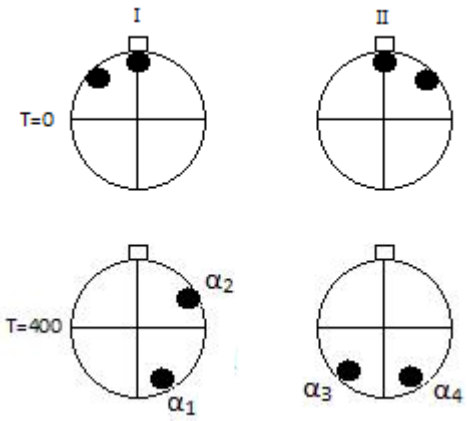

Figura 5.298 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-270° α_2=250° α_3=-240° α_4=240°

CASO 3

Me=0.06 kgmm=0.30 kg

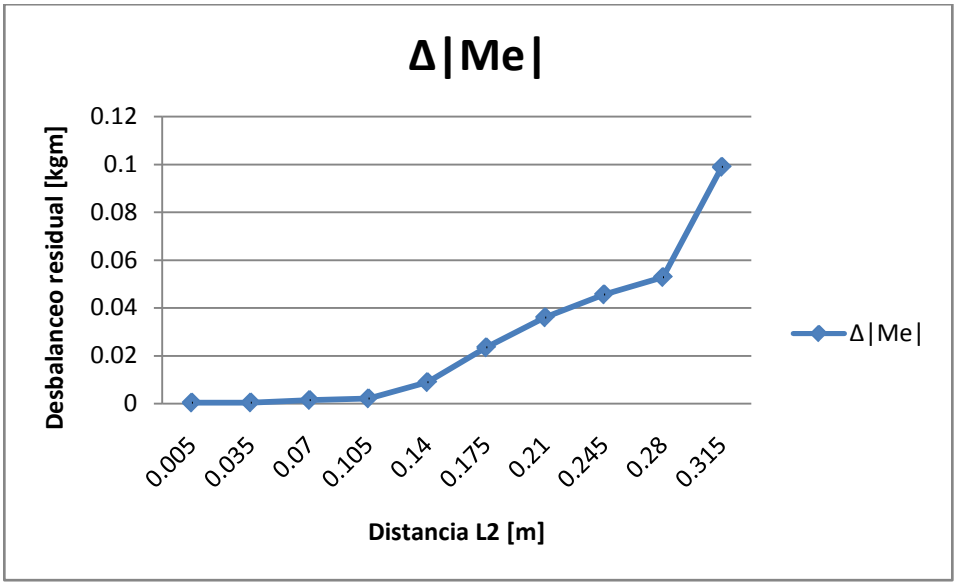

Figura 5.299 Muestra la grafica del desbalanceo estático residual.

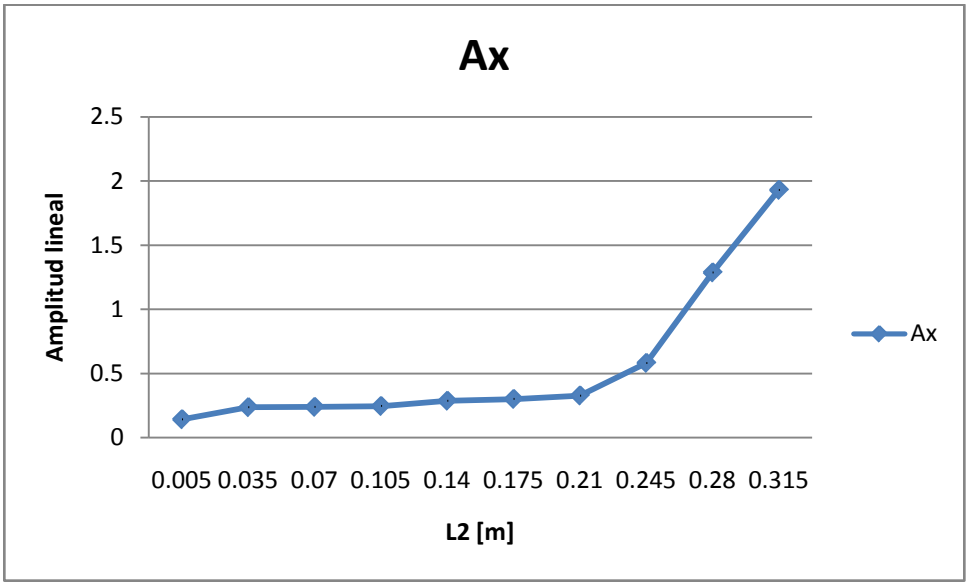

Figura 5.300 Muestra la grafica de amplitudes lineales residuales.

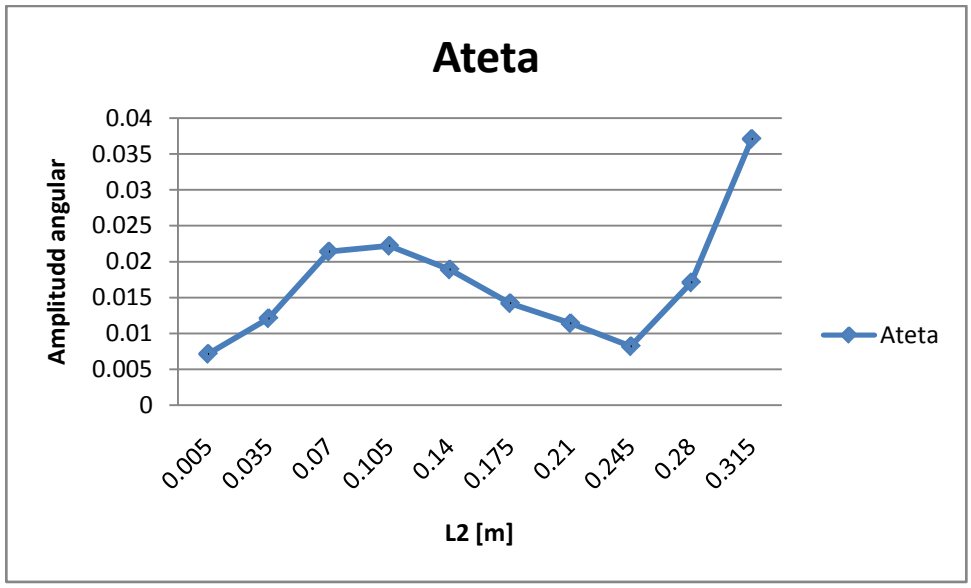

Figura 5.301 Muestra la grafica de las amplitudes angulares residuales del rotor.

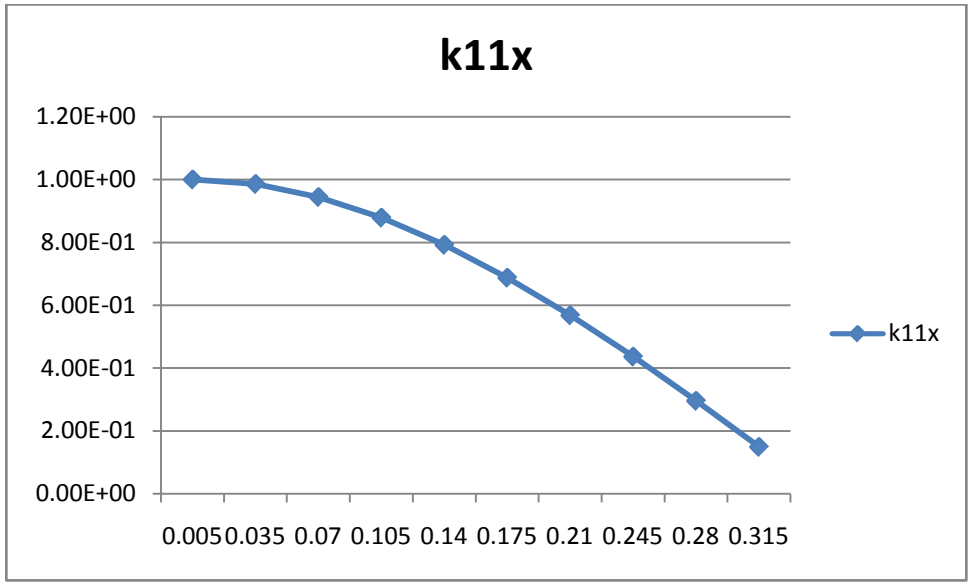

Figura 5.302 Coeficiente de transferencia de fuerza del tambor al plano del disco.

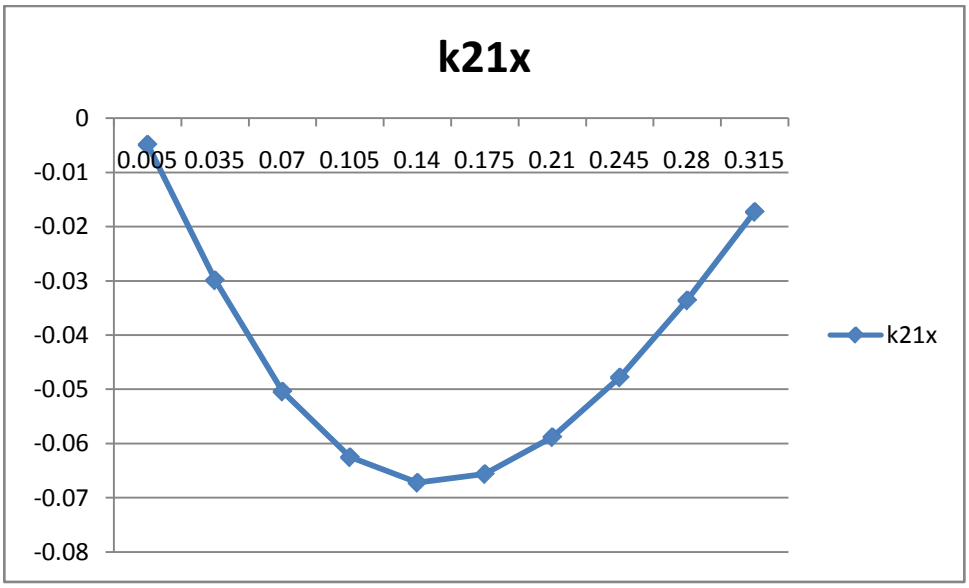

Figura 5.303 Coeficiente de influencia del tambor sobre el ángulo del disco.

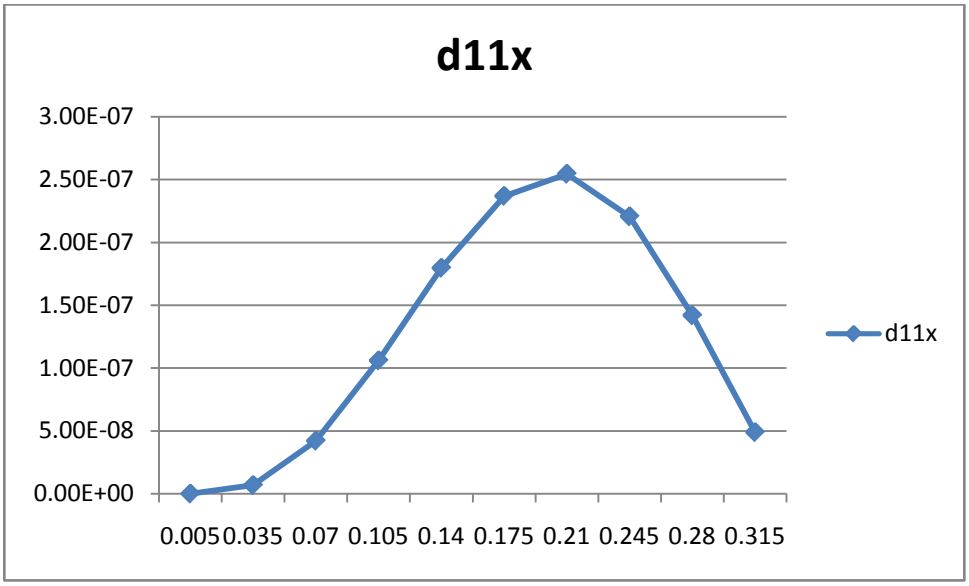

Figura 5.304 Coeficiente del rotor, desplazamiento y fuerza, que influyen en el desplazamiento del tambor.

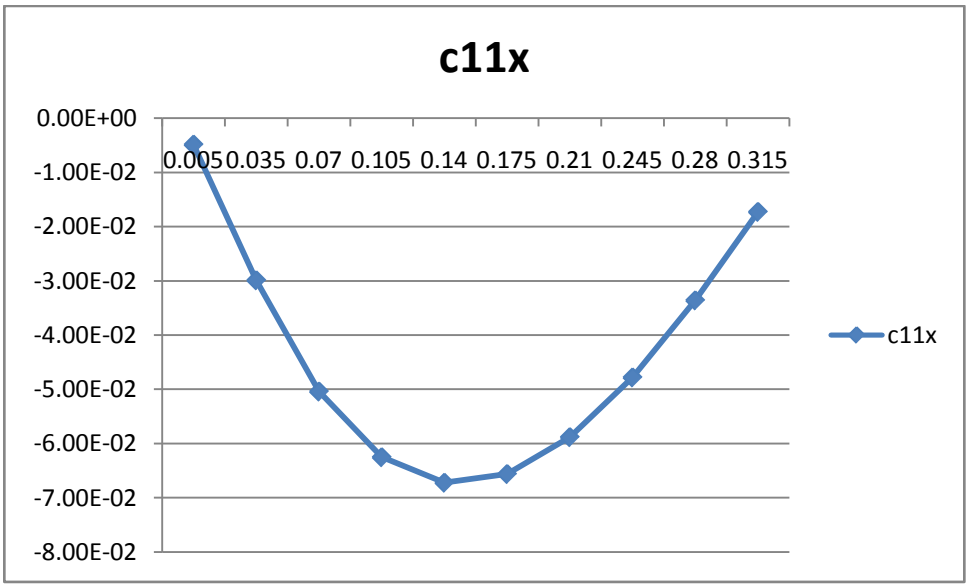

Figura 5.305 Coeficiente de influencia de rotación del disco con respecto el desplazamiento del tambor.

L2=0.315 m

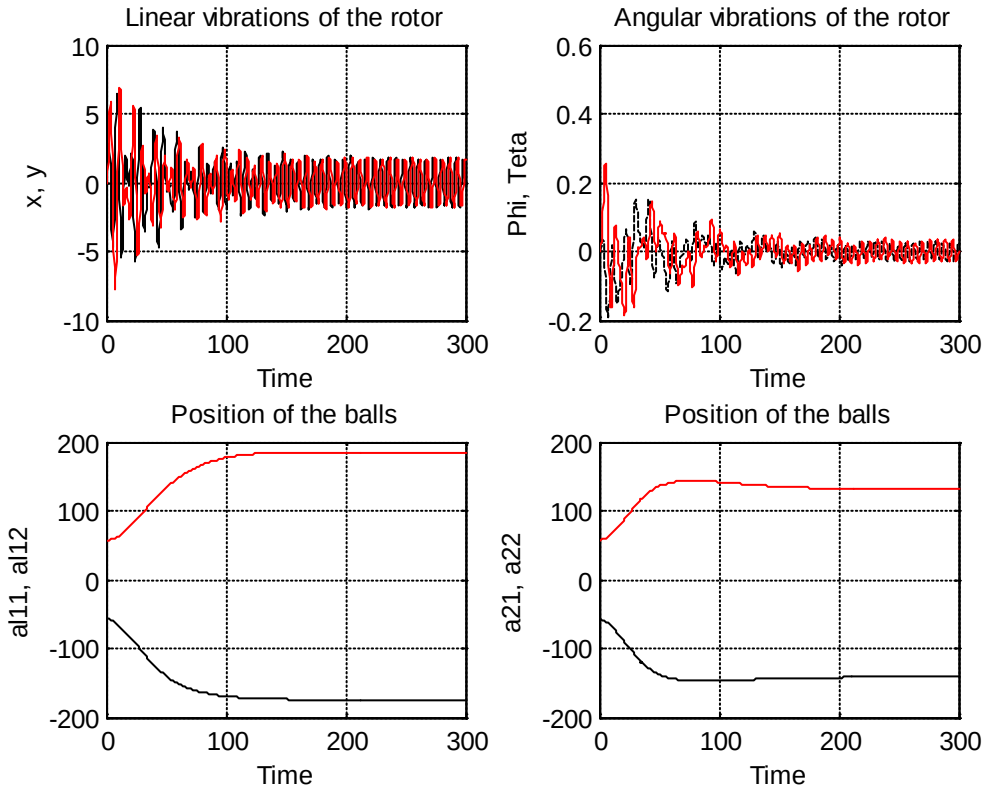

Figura 5.306 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

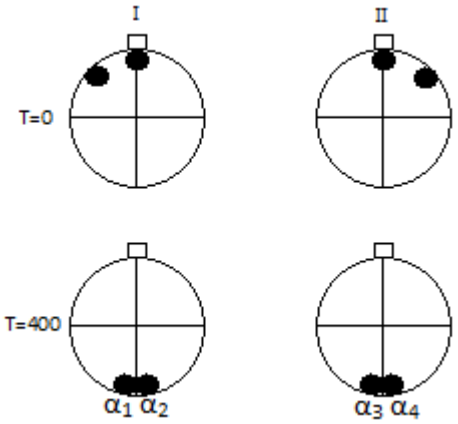

Figura 5.307 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-180° α_2=180° α_3=-140° α_4=140°

L2=0.28 m

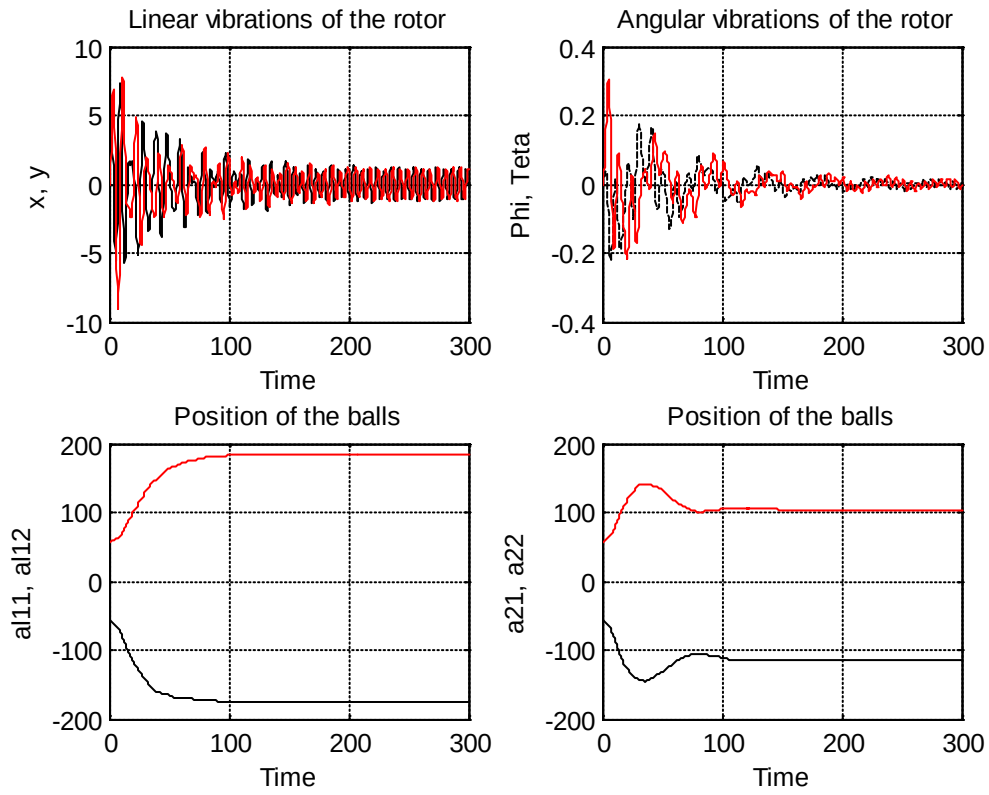

Figura 5.308 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

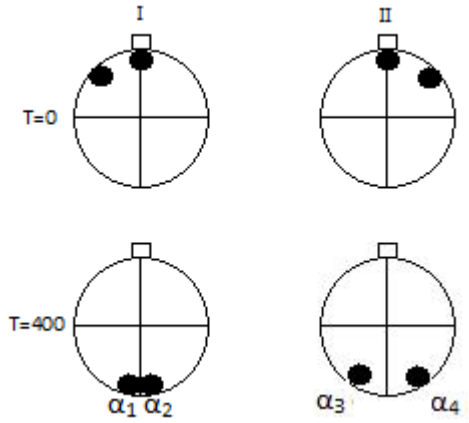

Figura 5.309 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-175° α_2=175° α_3=-110° α_4=100°

L2=0.245 m

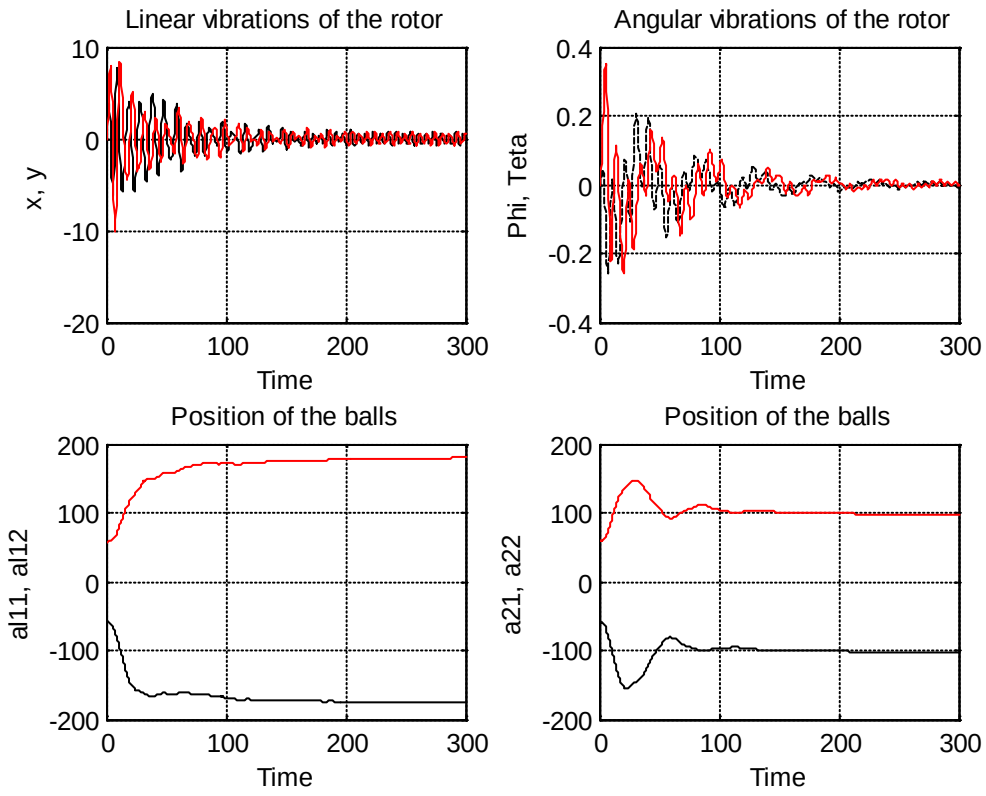

Figura 5.310 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

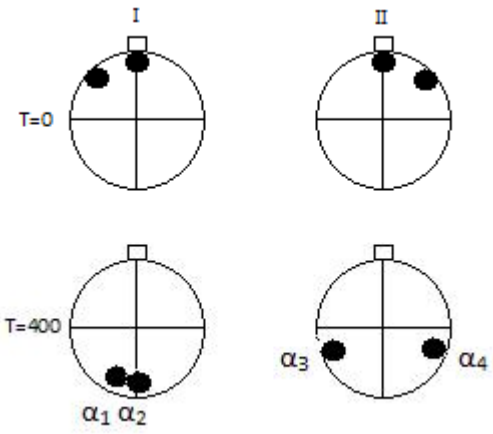

Figura 5.311 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-180° α_2=180° α_3=-100° α_4=100°

L2=0.21 m

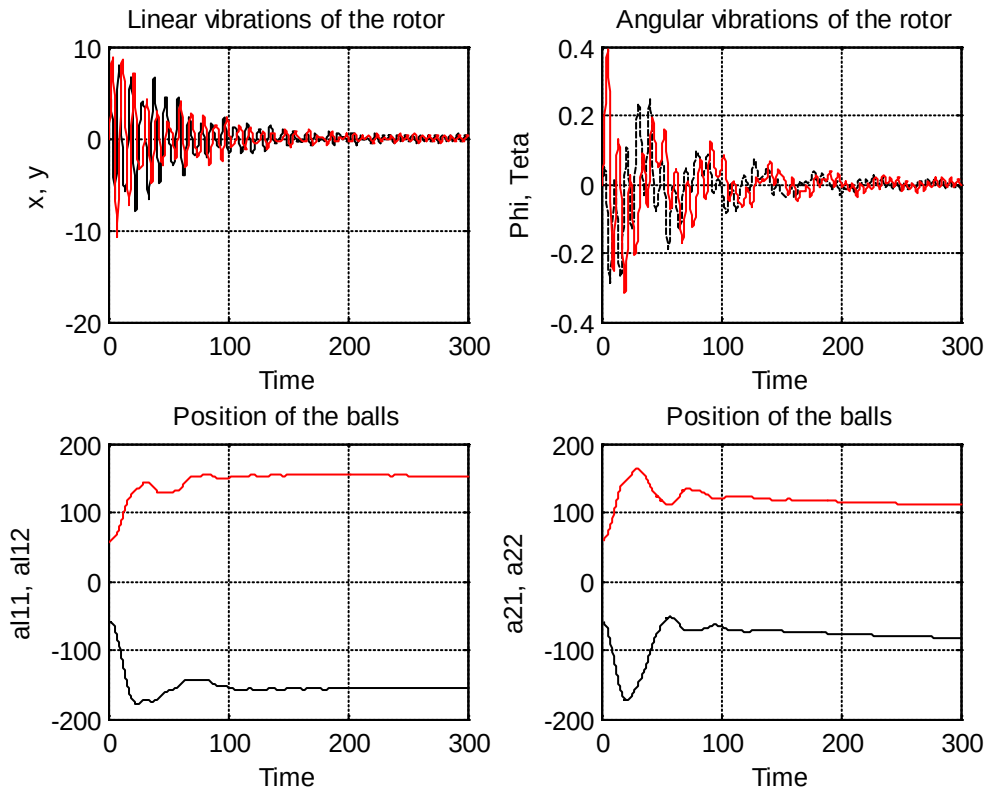

Figura 5.312 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

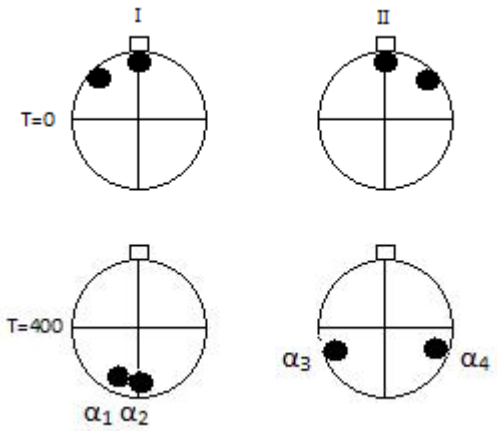

Figura 5.313 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-160° α_2=160° α_3=-85° α_4=110°

L2=0.175 m

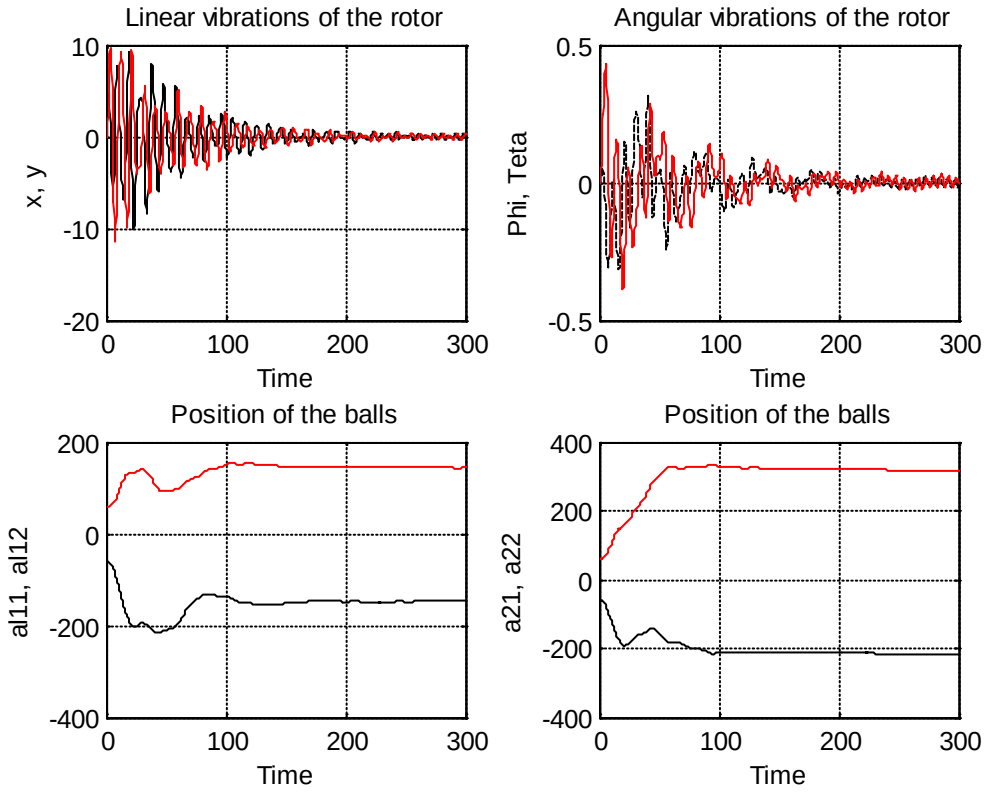

Figura 5.314 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

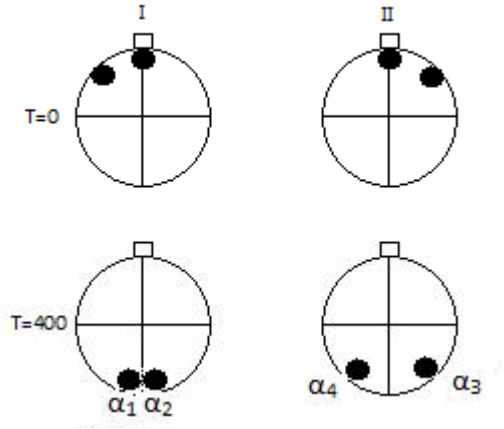

Figura 5.315 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-150° α_2=150° α_3=-220° α_4=310°

L2=0.14 m

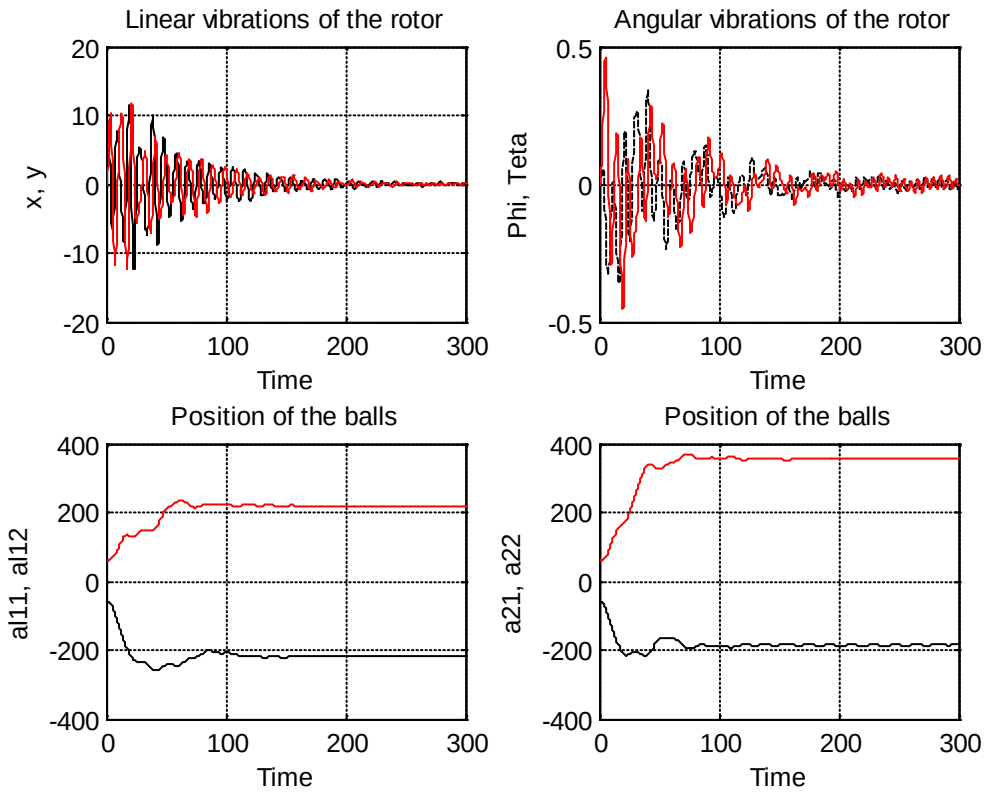

Figura 5.316 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

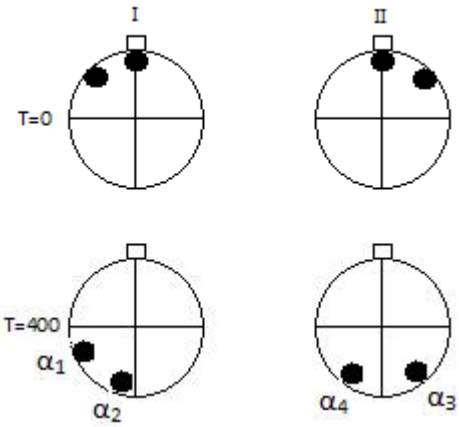

Figura 5.317 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-220° α_2= 220° α_3=-180 α_4=360°

L2=0.105 m

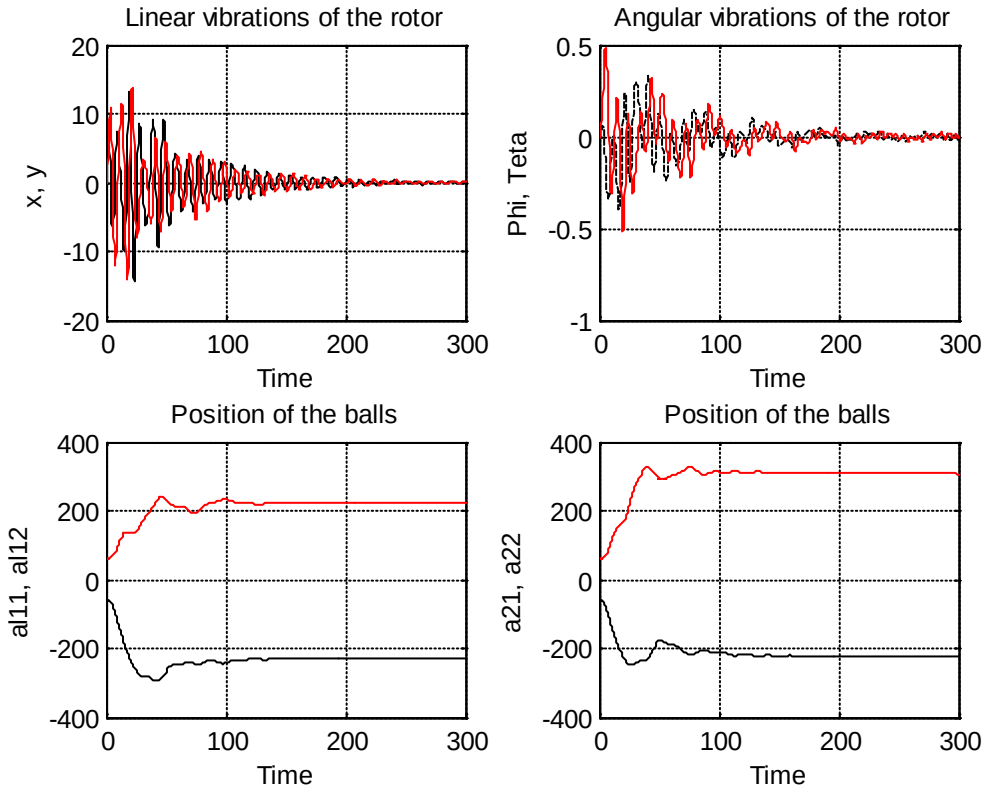

Figura 5.318 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

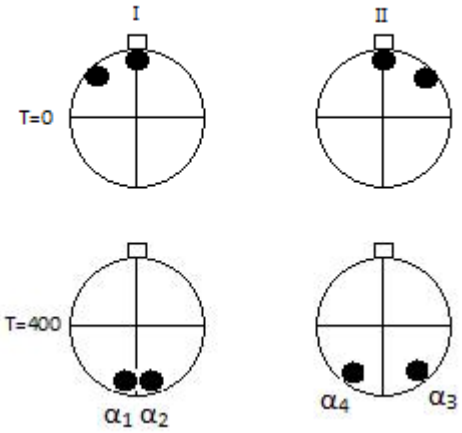

Figura 5.319 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-230° α_2= 230° α_3=-220° α_4=320°

L2=0.07 m

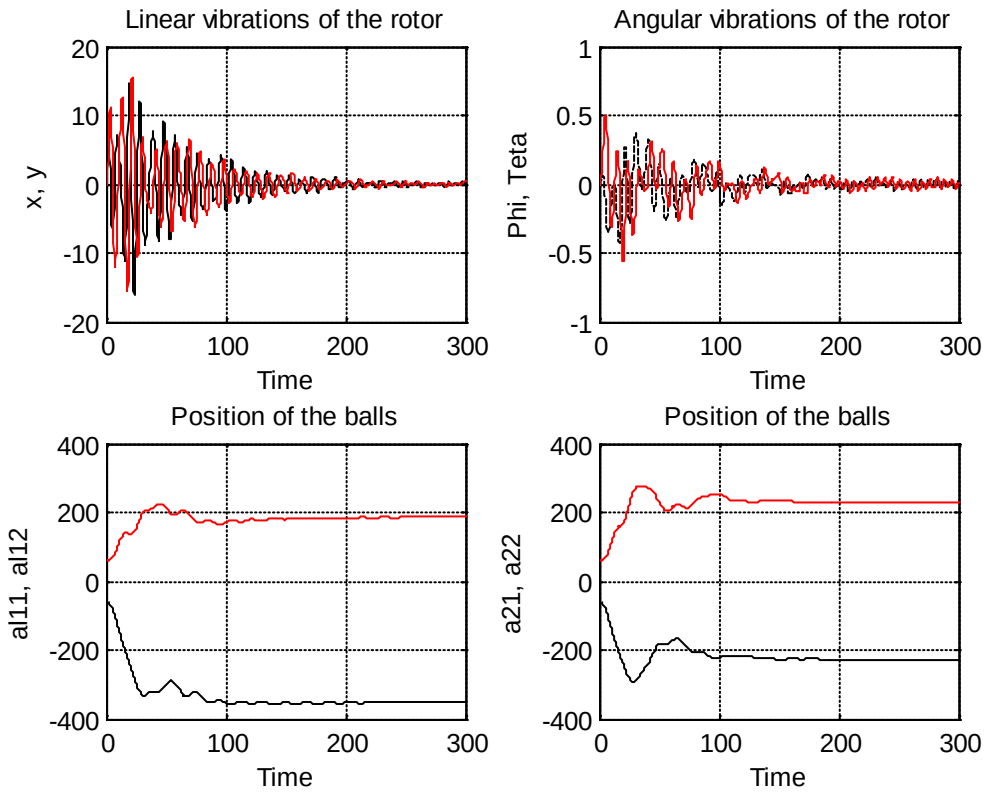

Figura 5.320 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

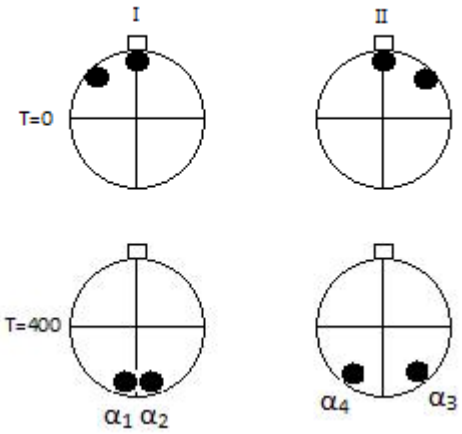

Figura 5.321 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-350° α_2=180° α_3=-230° α_4=230°

L2=0.035 m

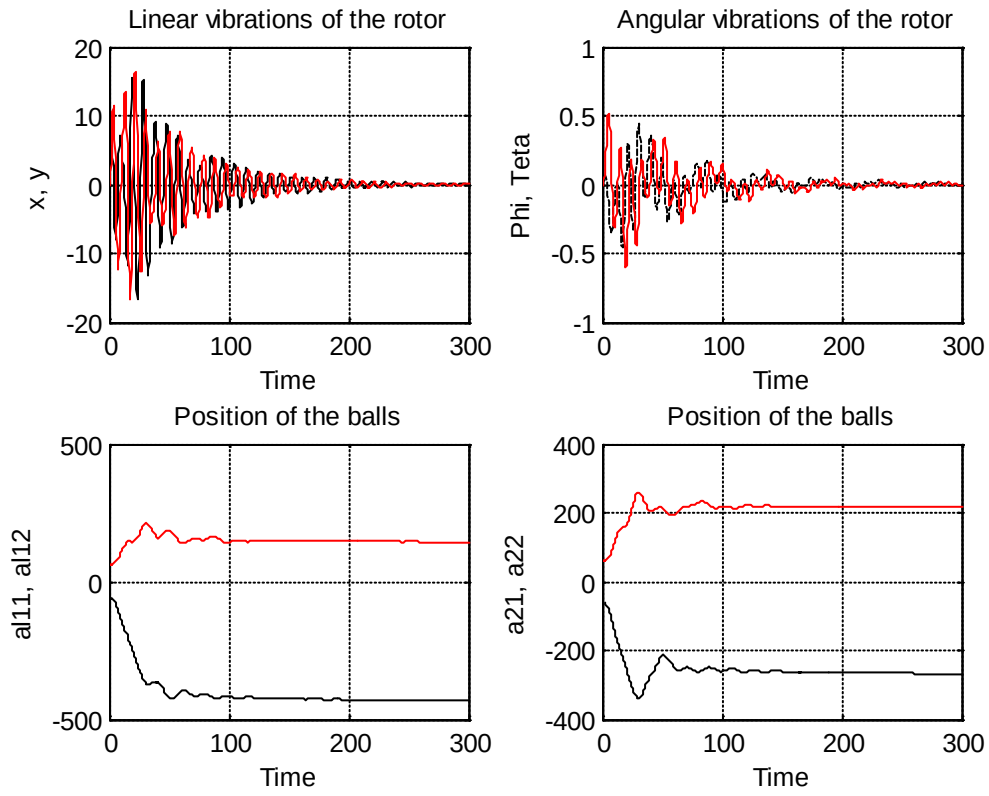

Figura 5.322 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

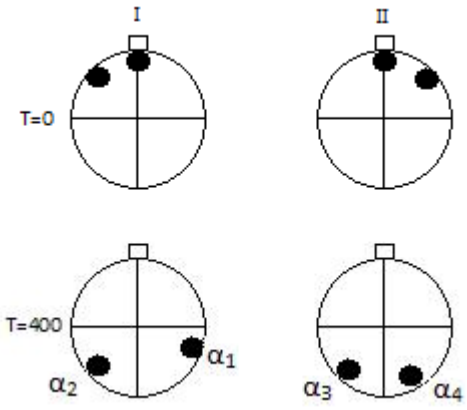

Figura 5.323 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-450° α_2=150° α_3=-280° α_4=220°

L2=0.005 m

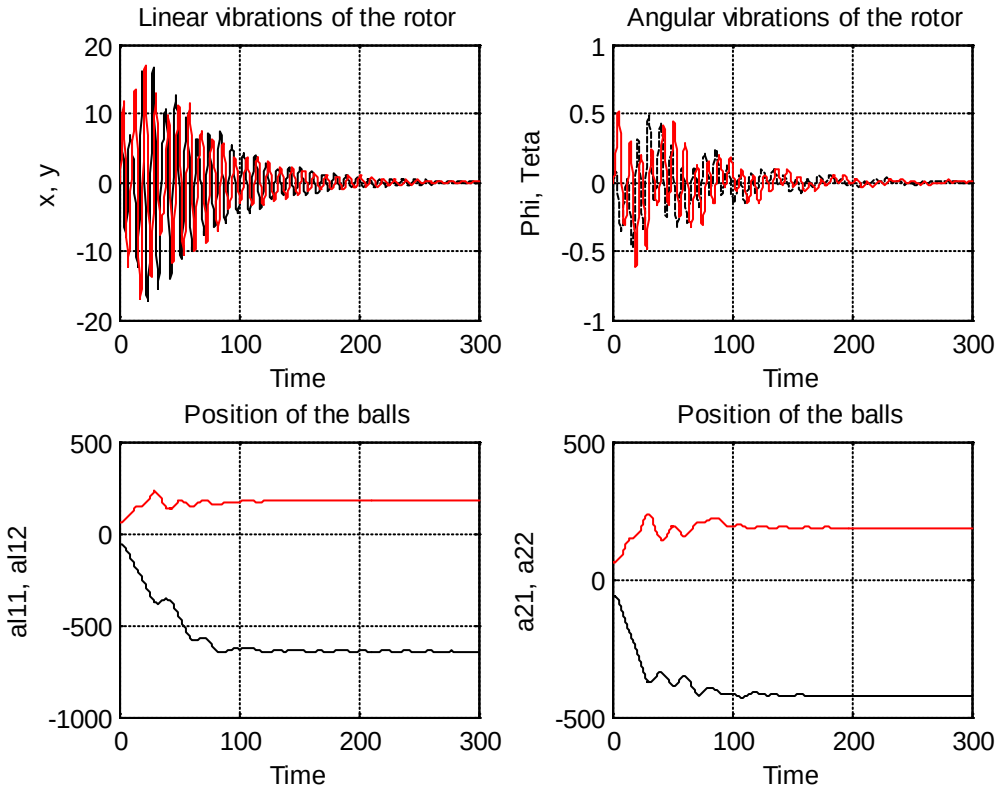

Figura 5.324 Muestra la amplitud de vibraciones lineales y angulares, y la posición final de las esferas de los dos tambores.

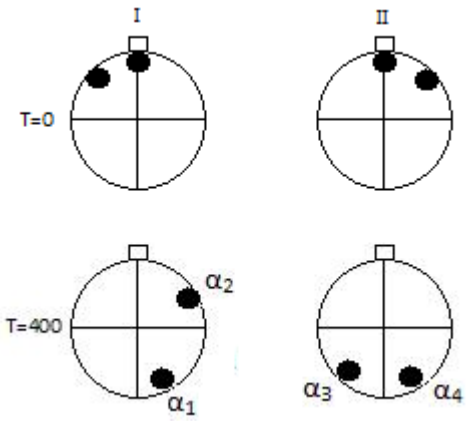

Figura 5.325 Esquema de la posición inicial y la final de las esferas en sus respectivos tambores.

T=0

α_1=-57.3° α_2=57.3° α_3=-57.3° α_4=57.3°

T=400

α_1=-620° α_2=200° α_3=-400° α_4=250°

Conclusiones

Para poder haber llegado a esta conclusion se llevaron a cabo 120 simulaciones en total, 30 de cada caso. Los resultados mostrados anteriormente fueron en donde las esferas cumplieron su papel de contrarrestar el desbalance del rotor y así poder tener vibraciones de muy baja frecuencia.

Tuvimos casos en los que las esferas nos se estabilizaron y se tuvo que cambiar el coeficiente de amortiguamiento en los tambores para hacerlas más estables y así poder eliminar las vibraciones en el rotor.