

TP PELOTA REBOTANDO**Código: TP_Pelo_Reb**

A-702 Control I

E-504 Dinámica de los Sistemas Físicos

MODELADO Y VALIDACIÓN MEDIANTE SIMULACIÓN DIGITAL**1. Objetivos**

- a- Formulación analítica del MM de un $\Sigma\Phi\mathcal{R}$ con una pelota rebotando y distintas "condiciones de borde". Determinación experimental de sus parámetros "medibles" y estimación de sus parámetros "no medibles".
- b- Realización de ensayos experimentales sobre el $\Sigma\Phi\mathcal{R}$.
- c- Simulación digital (SD) del MM. Ajuste de parámetros del MM mediante SD. Comparación de los resultados de la SD con los ensayos experimentales sobre el $\Sigma\Phi\mathcal{R}$.
- d- Utilización de ciertas herramientas particulares de SD. Empleo de Bloques Simulink especiales.

2. $\Sigma\Phi\mathcal{R}$ $\Sigma\Phi\mathcal{I}$ Formulación del MM

El $\Sigma\Phi\mathcal{R}$ considerado será una pelota rebotando en movimiento vertical. Deberá plantearse un $\Sigma\Phi\mathcal{I}$ y posteriormente un MM del mismo que permita describir el movimiento vertical del centro de masa de la pelota soltada desde una altura inicial y_0 (Figura 1).

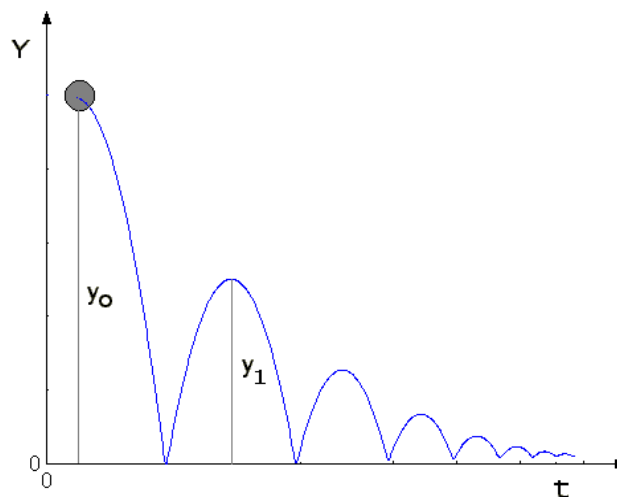


Fig. 1

Algunas hipótesis necesarias para el modelado son:

- a- Se considerará (en un principio) sólo el movimiento vertical del centro de masa de la pelota.
- b- El piso se considerará absolutamente indeformable.
- c- Se considerará la acción de la gravedad ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$).

Las hipótesis adicionales quedan libradas al criterio de cada Grupo de TP, teniéndose en cuenta el compromiso entra la performance y la simplicidad (bajo costo computacional) del MM propuesto.

3. Ensayos experimentales. Parametrización del MM

- a- Deberá seleccionarse una pelota real sobre la que se puedan realizar las mediciones. La pelota será soltada desde una altura y_0 partiendo desde el reposo, registrándose las alturas y_{MAX} alcanzadas por la pelota y los tiempos correspondientes en cada pique. Deberán documentarse *por lo menos* 2 experimentos (correspondientes a dos alturas iniciales y_0 distintas de lanzamiento). Se confeccionará una tabla de alturas y_{MAX} vs. t .
- b- Las mediciones de parámetros incluirán al menos los parámetros medibles directamente (por ejemplo la masa m). Los parámetros del MM no medibles directamente (por ejemplo, posiblemente la elasticidad, coeficiente de pérdida de energía, etc.) podrán estimarse en base a consideraciones dinámicas y/o mediciones indirectas.
- c- Deberá realizarse previamente a la SD un *informe de Ensayos Experimentales*, donde constarán la descripción de la pelota elegida y condiciones de las mediciones y ensayos realizados.

Es recomendable realizar un análisis del MM obtenido evaluando: el tipo de respuesta temporal ([1] a [3]); si presentan características *rígidas (stiff)* ([1]); si presentará problemas en la determinación del paso de integración; etc.

4. Simulación Digital

Mediante el uso de Simulink deberán realizarse:

a- *Respuesta temporal del MM.*

Las SDs deberán responder a las mediciones hechas en los al menos 2 experimentos sobre el $\Sigma\Phi\mathcal{R}$, validando (o no) de esta manera el MM formulado. Esta tarea de SD involucrará:

- ✓ El ajuste de los parámetros no medidos del MM
- ✓ La posible optimización de la simulación mediante el uso de bloques especiales de Simulink (ver anexo).

b- *Plano de fase (evolución en el Espacio de Estados) ([4])*

Se obtendrá graficando posición vs. velocidad del centro de masa de la pelota.

c- *Simulación del Σ pelota-frontón.*

Se modificará adecuadamente el MM introducido en Simulink para incluir el movimiento horizontal de la pelota hacia una pared y su eventual rebote sobre la misma (conservando el rebote vertical). Se realizarán varias SD con distintas condiciones iniciales de movimiento de la pelota, graficando movimiento vertical vs. movimiento horizontal.

5. Bibliografía

Obligada para la realización del TP

- | | |
|---------------|--|
| [1] AO2LAB.94 | Serra, S. y Junco, S., "Métodos numéricos en la simulación digital de sistemas dinámicos", <i>Cátedra de DSF</i> , 1990. |
| [2] | Guía sintética para uso de Simulink, <i>Cátedra de DSF</i> , 1997. |
| [3] | "Using Simulink", (disponible en horarios de consulta). |

Sugerida

- | | |
|---------------|---|
| [4] A02C05.92 | Junco, S., "La respuesta al escalón de un sistema con retardo de 2 ^{do} orden (P_{T2})", <i>Cátedra de DSF</i> , 1989. |
|---------------|---|

ANEXO

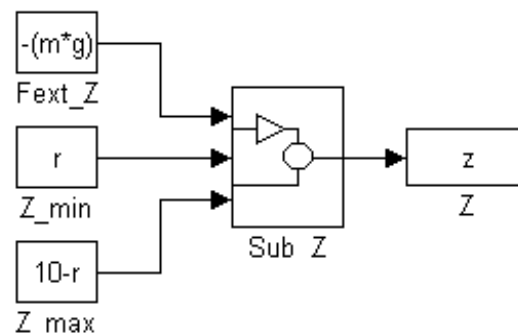
Al realizar la simulación del modelo requerida, es posible que por errores cometidos en la estimación de los parámetros del mismo, el centro de masa de la pelota tome valores negativos (situación obviamente imposible). Para evitar esto, pueden plantearse dos soluciones:

- ✓ Una es reemplazar el integrador que calcula la variable que identifica a la posición (y), por un bloque del tipo "limited integrator", al cual pueden asignársele los límites superior e inferior que acotan la excursión de la variable de salida. Si bien esto permite obtener un resultado de la simulación, no es correcto pues no soluciona el problema.
- ✓ La otra opción, que sí nos permite resolver el problema, es cambiar los parámetros hasta hallar un recorrido del centro de masa totalmente sobre el semieje positivo. Se puede detectar la situación incorrecta mencionada mediante el bloque "stop", el cual detiene la simulación si es cierta una relación lógica que se debe especificar. De esta manera se puede detectar la situación de error en la parametrización del modelo sin tener que esperar a que finalice la simulación.

Para realizar la simulación del sistema pelota-frontón se recomienda plantear un subsistema que represente el movimiento de la pelota en una dirección genérica con sus límites superiores e inferiores, agrupando todos los bloques que lo forman y luego duplicarlo, asignando uno de ellos a la coordenada de altura (cuyos límites serán el piso y el techo) y el otro a la de movimiento horizontal.

Trabajando de esta manera, luego puede plantearse la posibilidad de ampliar la representación copiando nuevamente el subsistema construido con lo que se obtiene una representación del movimiento de la pelota en el espacio tridimensional definido por las seis condiciones de borde.

Estos subsistemas deberán tener la siguiente forma:



Donde se indica con F_{ext_Z} a la sumatoria de fuerzas externas aplicadas en la dirección que se está representando y con Z_{min} y Z_{max} a las cotas mínima y máxima impuestas en esas coordenadas (condiciones de borde). La salida se aplica a un vector z (mediante el bloque "To Workspace") para poder trabajarlo luego desde el espacio de trabajo de Matlab, conjuntamente con los vectores que representen el movimiento en las otras coordenadas.

Se pide utilizar los siguientes nombres para los vectores de salida:

NOMBRE	DESCRIPCION
x	vector de salida con la componente de la posición de la pelota según el eje x
y	vector de salida con la componente de la posición de la pelota según el eje y
z	vector de salida con la componente de la posición de la pelota según el eje z (opcional)
t	tiempo.