

Estructuras genéricas en sistemas oscilantes I^{*}

Ian Johnson¹[0009–0001–2786–9385] and Julián Hidalgo¹[0009–0002–0617–6800]

Grupo Los Ignorantes

Abstract. En este documento se estudia la forma en que el inventario y la cantidad de empleados de una empresa productora de bienes tienen una distribución similar a un sistema físico formado por un péndulo que oscila por acción de la gravedad

Keywords: Oscilación · Inestabilidad laboral · Estructura de dos niveles · Vensim · Retroalimentación

1 Introducción

1.1 Modelo del péndulo oscilante

El modelo del péndulo oscilante consiste en una masa unida a una varilla rígida, la cual pivota sobre un punto en el techo. Si se desprecian ciertos efectos como la fricción, la masa solo está bajo el efecto de las fuerzas de gravedad y la tensión desde la varilla. El sistema resultante es el de la figura 1

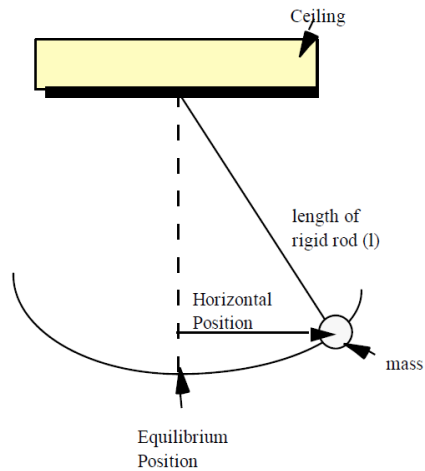


Fig. 1. Péndulo

^{*} INTA Eugenio Bustos

La masa está en equilibrio cuando la tensión se alinea con la gravedad. Si la masa se mueve a un costado, la gravedad actúa como una fuerza restauradora que tiende a llevarla al punto de equilibrio inicial. La masa llega al equilibrio con velocidad máxima, por lo que se mueve hacia el otro costado y la fuerza restauradora cambia de sentido. El movimiento del péndulo se ilustra en la Fig.2

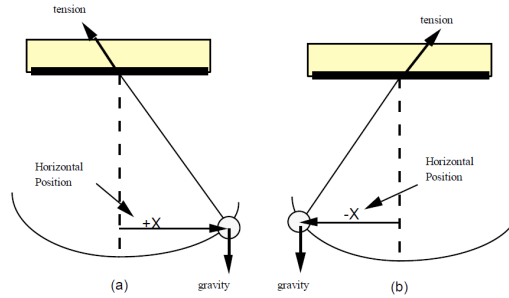


Fig. 2. Movimiento pendular

Se asume que para una varilla de 1m, el movimiento de la masa es horizontal, a lo largo del eje X.

Modelo del péndulo oscilante según Vensim Teniendo en cuenta todas las simplificaciones hechas, el modelo queda integrado de la siguiente forma:

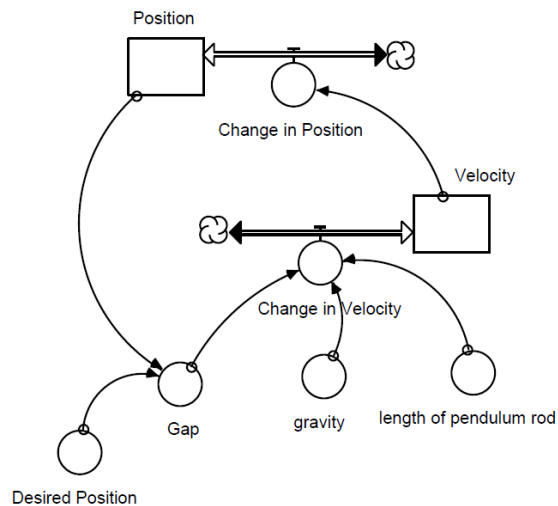


Fig. 3. Modelo del péndulo oscilante en Vensim

El acumulador **Posición** representa la posición actual de la masa, mientras que la **Posición Deseada** es la posición de equilibrio. En este sistema, la posición deseada es $X=0$. El **Cambio en la posición** es igual a la **Velocidad**.

El **Gap** es la diferencia entre la posición deseada y la posición actual. El cambio en la velocidad es igual a la aceleración, y está dado por el Gap, la gravedad y la longitud de la varilla

$$\text{Cambio de velocidad} = \frac{\text{Gravedad}}{\text{Longitud de la varilla}} * \text{Gap} \quad (1)$$

La aceleración depende del Gap, el cual depende de la posición actual. Además, la aceleración determina la posición actual. Por lo tanto, hay una retroalimentación y se observa que tenemos un **sistema oscilante**. Esto se ve en la gráfica de posición y velocidad en función del tiempo (4)

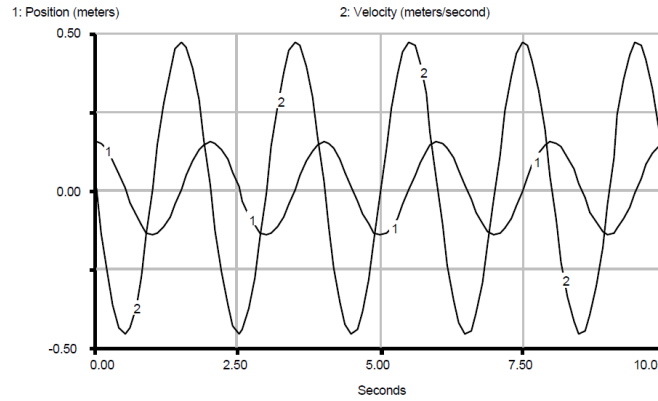


Fig. 4. Posición y velocidad de un péndulo en función del tiempo

Se observa que la velocidad máxima se da al mismo tiempo que la masa está en la posición de equilibrio, mientras que la velocidad es 0 cuando se encuentra más alejada del equilibrio. Esta relación es la fuerza impulsora del movimiento de oscilación

1.2 Estructuras transferibles

Si bien el modelo presentado parece solo aplicar al fenómeno físico del péndulo oscilante, en realidad puede adaptarse a cualquier sistema con dos acumuladores que se retroalimentan entre sí. Entonces, la estructura genérica de un sistema se muestra en la figura 5

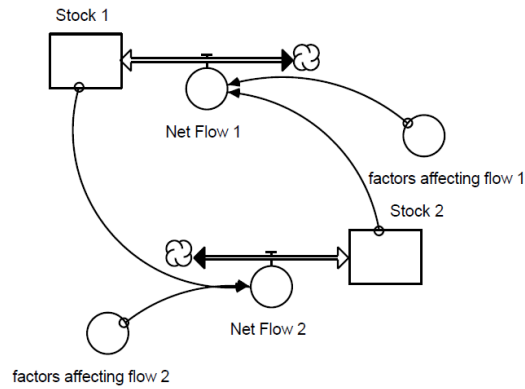


Fig. 5. Modelo genérico del péndulo oscilante

2 Modelo de la Inestabilidad Laboral

El modelo oscilante se puede aplicar a una empresa productora de bienes que mantiene cierto nivel de inventario y su producción en un instante es proporcional a la cantidad de empleados. La adaptación del modelo oscilante a este contexto se ve en la figura 6

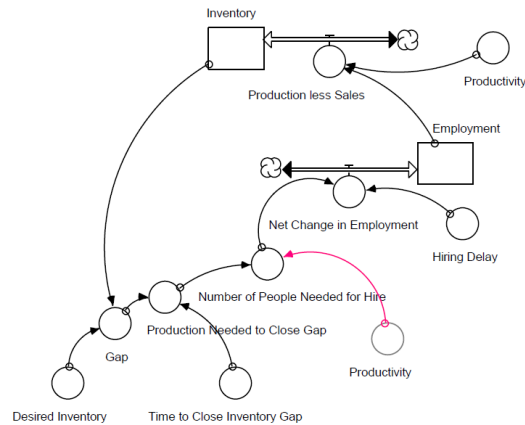


Fig. 6. Modelo de la Inestabilidad Laboral en Vensim

El **Inventario** en un instante se calcula como la **Producción** menos las **Ventas**. En este modelo se supone que las ventas son constantes e iguales a 20000 unidades por año. La **Productividad** es de 100 unidades por año por cada empleado, por lo que:

$$Produccion = Productividad * Empleo \quad (2)$$

$$Cambio\ del\ inventario = Productividad * Empleo - Ventas \quad (3)$$

El **Cambio en el empleo** es igual al efecto de todas las contrataciones y despidos en un momento. El **Gap** es la diferencia entre el **Inventario deseado** y el **Inventario**. La **Producción necesaria para cerrar el gap** es igual al **Gap** dividido el **Plazo para cerrar el gap**.

$$Produccion\ necesaria\ para\ cerrar\ el\ gap = \frac{Gap}{Plazo\ para\ cerrar\ el\ gap} \quad (4)$$

A su vez, la **Cantidad de empleados a contratar** depende de la **Producción necesaria para cerrar el gap** y de la **Productividad** de cada empleado. El **Cambio neto del empleo** depende del **Delay de contratación**, que incluye el tiempo de contratación y adaptación de un nuevo empleado. En este sistema, se lo supone igual a 3 meses (0.25 años). Entonces,

$$Cantidad\ de\ empleados\ a\ contratar = \frac{Produccion\ necesaria\ para\ cerrar\ el\ gap}{Productividad} \quad (5)$$

$$Cambio\ neto\ del\ empleo = \frac{Cantidad\ de\ empleados\ a\ contratar}{Delay\ de\ contratacin} \quad (6)$$

Simulando este modelo según los parámetros agregados, la evolución del empleo y el inventario son senoidales y se ilustran en la figura 7

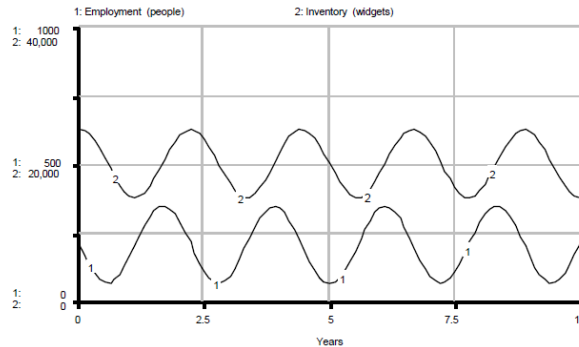


Figure #8: Sustained Oscillation of Inventory and Employment
NOTE: Inventory and Employment are on different scales.

Fig. 7.

Se observa el mismo comportamiento oscilante que en el caso del péndulo simple, ya que el inventario se encuentra al nivel deseado al mismo tiempo que la empresa está incorporando o despidiendo empleados a una tasa muy grande

3 Conclusión

Se demostró que una estructura genérica de dos niveles es capaz de modelar con gran eficiencia tanto sistemas físicos como sistemas de producción y contratación dentro de una empresa. Se observa que ambos presentan una oscilación debida a la retroalimentación que vincula a estos dos niveles