

# Movimiento rectilíneo de un ascensor: Integración numérica con Python de los datos de aceleración medidos con el teléfono móvil

## 1. Objetivos

El objetivo de esta práctica es aplicar los conocimientos adquiridos en la asignatura relativos al lenguaje de programación con [Python](#), al análisis y tratamiento de datos obtenidos con el acelerómetro del teléfono móvil, para lo cual se plantean las siguientes tareas:

- Lectura del fichero de datos utilizando la función [loadtxt](#) del módulo [Numpy](#).
- Representación gráfica de los valores de la aceleración medidos utilizando las funciones del módulo [matplotlib](#).
- Obtención de los valores de velocidad y posición mediante la integración numérica de los datos medidos, aplicando el método de Euler.
- Representación de las curvas de velocidad y posición obtenidas para el análisis de los resultados utilizando las funciones del módulo [matplotlib](#).

## 2. Tratamiento y Análisis de los Resultados

### 2.1. Lectura de datos

Una vez realizadas las medidas utilizando la app *G-sensor Logger* para smartphone tipo Android, se dispone de un fichero que contiene los datos de la aceleración del ascensor. El fichero tiene los datos distribuidos en varias columnas, de tal manera que la primera está reservada para el tiempo de medida en segundos y las tres siguientes para las componentes cartesianas de la aceleración medida en  $\text{m/s}^2$ .

Para la lectura de este fichero se debe utilizar la función [loadtxt](#) del módulo de [Numpy](#) que convierte todos los datos en un array de dos dimensiones.

## 2.2. Visualización de las medidas y tratamiento inicial de los datos

Pasos a seguir:

1. Almacene en tres variables diferentes  $a_x$ ,  $a_y$  y  $a_z$  las componentes cartesianas de la aceleración, y en la variable  $t$ , los tiempos correspondientes a cada una de las medidas.
2. Represente las gráficas correspondientes a las tres componentes cartesianas utilizando funciones del módulo `matplotlib` de `Python`, cuya salida gráfica debe ser de la siguiente forma:

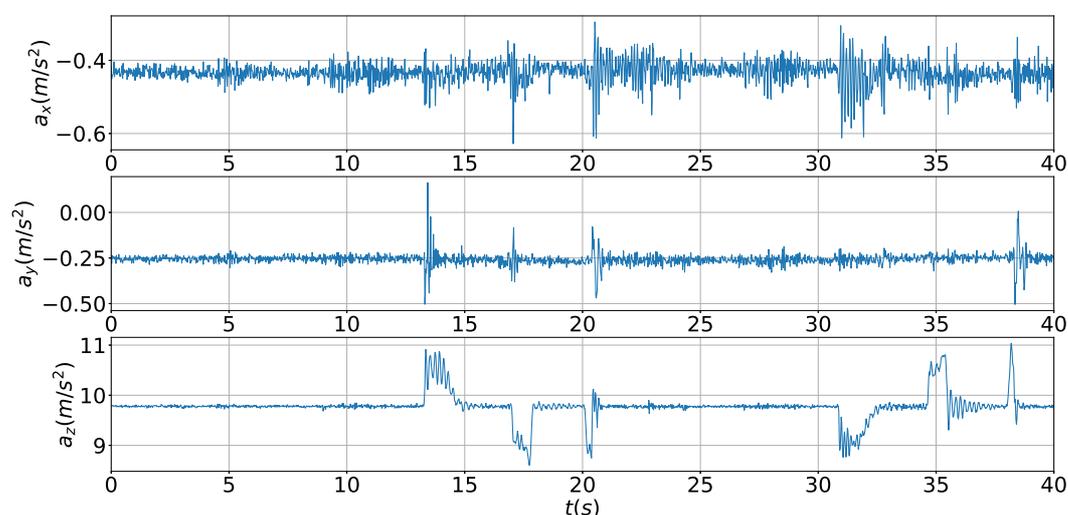


Figura 1: Componentes cartesianas de la aceleración del ascensor medida con el teléfono.

La Figura 1 muestra las componentes cartesianas de aceleración en función del tiempo medida durante el trayecto de su ascensor al subir de un piso a otro. Al observar la figura, el primer aspecto que debe atraer la atención es el hecho de que, a pesar de que la toma de datos se realizó de manera que el movimiento rectilíneo del ascensor coincidiera con la dirección del eje  $Z$ , las componentes  $x$  e  $y$  de la aceleración presentan valores diferentes a cero, lo que indica un desalineamiento del eje  $Z$  del móvil respecto de la dirección del movimiento. ¿A que se puede deber este desalineamiento?

3. En el ejemplo mostrado en la Figura 1, durante aproximadamente los 13 primeros segundos, el ascensor está en reposo, por lo que el acelerómetro mide exclusivamente la aceleración de la gravedad. Para este periodo de tiempo, se obtiene un valor promedio de  $g_z = 9,78 \pm 0,09 m/s^2$  (con  $g_x = -0,43 \pm 0,05 m/s^2$  y  $g_y = -0,25 \pm 0,05 m/s^2$ ), lo que confirma un desalineamiento del eje  $Z$  del móvil respecto a la gravedad inferior a 3 grados. Por otra parte, el módulo del vector gravedad,  $|g|$  es  $9.79 m/s^2$ , un 0.1% inferior al valor esperado de la gravedad terrestre.

Realice los cálculos anteriores con sus medidas y explique los resultados obtenidos.

4. Otro aspecto que aparece en la Figura 1 es el ruido aleatorio, producido probablemente por las vibraciones del ascensor. Comprobaremos la distribución gaussiana de los valores medidos en torno al promedio. Para ello realizaremos el histograma con las medidas  $a_z$  obtenidas durante el tiempo en el que el ascensor permanece en reposo antes de ascender al primer piso para lo que se propone el siguiente código:

```
#Se realiza un histograma para comprobar la distribución de los valores
#medidos de g en la primera etapa de reposo.
gs=az[:500]

plt.figure(figsize=(24,12))
plt.rcParams['font.size'] = 28
plt.rcParams['legend.fontsize'] = 28
n, bins, patches = plt.hist(gs, 50, normed=1)
plt.xlabel('$az(m/s^2)$',fontsize=40)
plt.show()
```

y cuya salida gráfica mostramos a continuación.

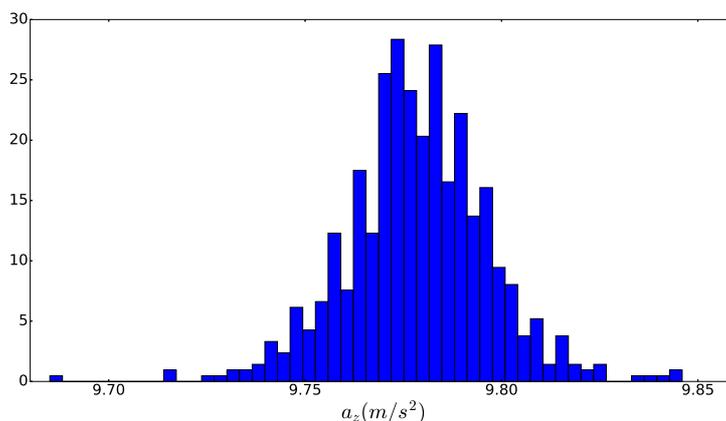


Figura 2: Distribución de los valores de la componente z de la aceleración durante la primera etapa de reposo.

Compruebe con sus medidas la razón señal/ruido y realice el histograma.

5. Con el fin de reducir el nivel de ruido en aquellas medidas que presentaban un alto valor del mismo, se propone aplicar, a las medidas de la componente z de la aceleración, un filtro de promediado o media móvil, para lo que se programará el siguiente código:

```
def mediamovil (x):
    '''calcula una media movil utilizando 3 puntos '''
    y = copy(x)
    y[1:-1] = (x[0:-2]+x[1:-1]+x[2:])/3.0
    return y
```

```
#bucle para llamar a la función mediamovil
#para reducir el ruido y dibujar la curva de
#aceleración con menos ruido

for i in range(10):
    azm=mediamovil(az)
```

Represente los resultados obtenidos, cuya salida gráfica debe ser de la forma:

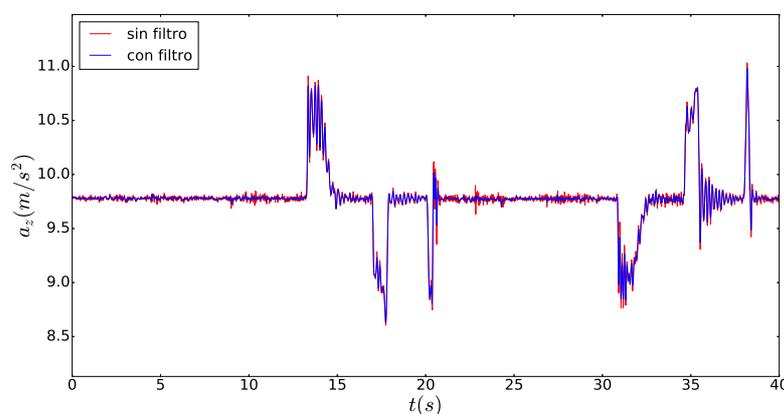


Figura 3: Efecto de la reducción del ruido sobre la componente  $z$  de la aceleración del ascensor.

6. Realice diferentes pruebas de filtrado y observe como éste afecta a los valores de las medidas.

### 2.3. Integración numérica de los datos

Pasos a seguir:

1. Obtenga las curvas de aceleración, velocidad y posición para el movimiento del ascensor. Para obtener los datos de aceleración del ascensor, debido a que la aceleración medida por el teléfono es  $\vec{a}_z = \vec{a}_c - \vec{g}$ , debe eliminar la componente de la aceleración debida a la gravedad. Para ello utilice el valor promedio de la aceleración de la gravedad  $g_z$ , obtenido cuando el ascensor estaba parado al comienzo del experimento.

Para calcular los valores de velocidad y posición defina una función que implemente el algoritmo de Euler de integración numérica y represente los valores obtenidos. La salida gráfica de los resultados debe ser de la forma:

La Figura 4 muestra una primera discrepancia en el valor de la velocidad final que no llega a cero, aunque al final del experimento el ascensor está parado, y otra discrepancia en el valor de la posición final del ascensor de mas de un metro de diferencia entre el

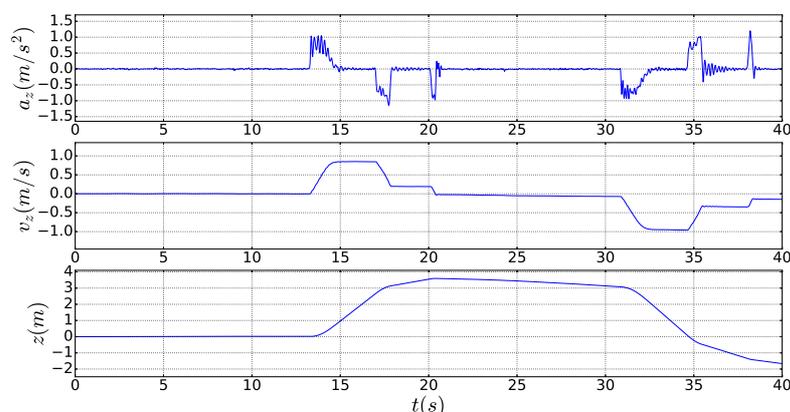


Figura 4: Aceleración, velocidad y posición para el movimiento del ascensor

punto inicial y final del recorrido, aunque dicho recorrido se ha iniciado y finalizado en el mismo piso. Compruebe si en su gráfica aparecen discrepancias similares. ¿A qué pueden ser debidas?

2. Calcule el valor medio de la aceleración de la gravedad en las tres situaciones en las que el ascensor se encuentra en reposo y compare los tres valores. En nuestro ejemplo, dichos valores varían ligeramente observándose variaciones en el rango de  $0.01 \text{ m/s}^2$ . Se trata de desviaciones menores que el error estadístico, pero al entrar como constantes en las integrales temporales, generan errores significativos en la velocidad final y en la posición.
3. Para minimizar el efecto que las fluctuaciones en la medida de  $g$  tienen en la integración numérica, consideraremos una deriva lineal del valor de  $g_z$  en todo el rango de medidas. Para ello se propone calcular la pendiente de la deriva lineal a partir de los valores de  $g_z$  obtenidos en la etapa inicial y final en la que el ascensor se encuentra en reposo.

En la Figura 5 se muestran los resultados obtenidos una vez compensada la deriva en las medidas de nuestro ejemplo.

Observamos que los valores obtenidos para la velocidad son satisfactorios una vez que hemos corregido la deriva de las medidas de la aceleración, pero estos valores de velocidad presentan pequeñas fluctuaciones que son importantes a la hora de integrar para obtener la posición, razón por la que la posición final del ascensor, aunque ha mejorado, no sea la esperada.

Realice la compensación de la deriva lineal en sus medidas y represente los resultados obtenidos.

4. Con el fin de reducir los efectos de deriva de la velocidad en el cálculo de las posiciones, se propone realizar la integración numérica en dos pasos:
  - Primero se corregirá la deriva en la aceleración y se integrará para obtener la velocidad.
  - A continuación se corregirá la deriva en la velocidad suponiendo nuevamente su linealidad, y se integrarán los valores de velocidad corregidos para obtener la posición.

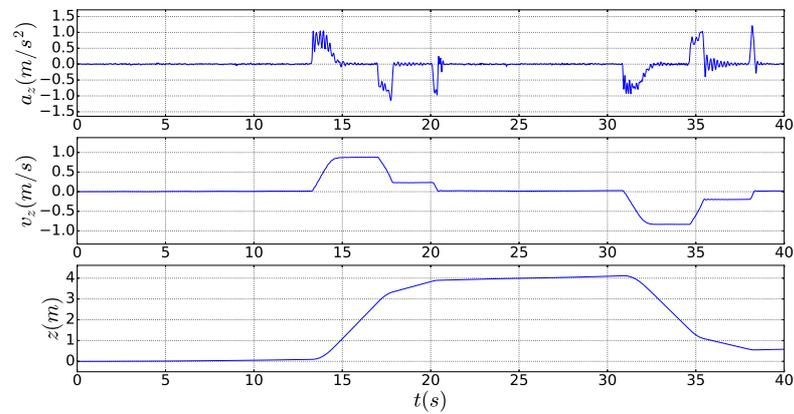


Figura 5: Aceleración, velocidad y posición para el movimiento del ascensor

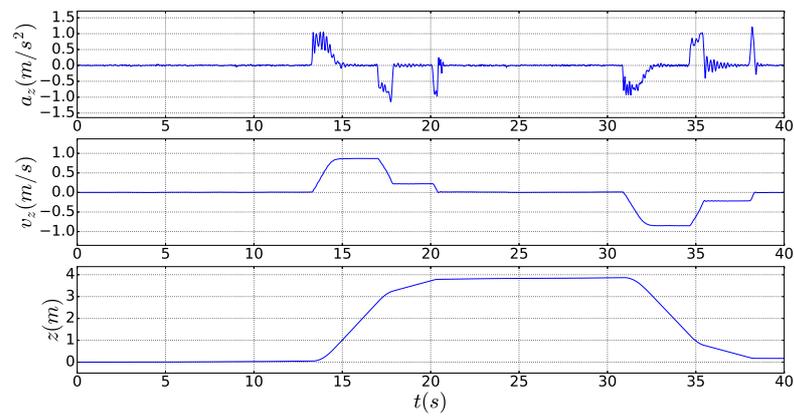


Figura 6: Aceleración, velocidad y posición para el movimiento del ascensor

Al corregir la deriva en dos pasos conseguiremos reducir los errores cometidos en la integración y mejorar los resultados, tal y como se muestra para nuestro ejemplo en la Figura 6.