

# Posturas Físicas y Correlaciones en HAR

Orientación del Dispositivo e Interpretación de Señales

Proyecto Human Activity Recognition

## 1. Contexto: Sistema de Coordenadas

El smartphone (Samsung Galaxy S II) se coloca en la **cintura del usuario**, con una orientación específica que define los ejes:

### Sistema de Ejes del Dispositivo

- **Eje X:** Apunta hacia la **derecha** del usuario (lateral)
- **Eje Y:** Apunta hacia **arriba** (vertical, paralelo al torso)
- **Eje Z:** Apunta hacia **afuera** del cuerpo (perpendicular al torso)

**Importante:** La **gravedad** ( $g \approx 1$  en unidades normalizadas) siempre apunta hacia abajo. Dependiendo de la postura del usuario, esta gravedad se proyecta en diferentes ejes del dispositivo.

## 2. Posturas y Orientación Gravitacional

### 2.1. LAYING (Acostado)

#### Postura: Acostado

**Descripción física:** El usuario está acostado boca arriba (o boca abajo). El torso está horizontal.

#### Orientación gravitacional:

- La **gravedad apunta hacia el eje Z** (perpendicular al torso)
- $\text{total\_acc\_z} \approx \pm 1g$  (dependiendo de si está boca arriba o abajo)
- $\text{total\_acc\_x} \approx 0g$
- $\text{total\_acc\_y} \approx 0g$

#### Movimiento corporal:

- $\text{body\_acc} \approx 0$  en todos los ejes (sin movimiento)
- $\text{body\_gyro} \approx 0$  en todos los ejes (sin rotación)

**Característica distintiva:** Es la única postura donde la gravedad está predominantemente en Z.

## 2.2. STANDING (De pie)

### Postura: De Pie

**Descripción física:** El usuario está erguido, con el torso vertical.

#### Orientación gravitacional:

- La **gravedad apunta hacia el eje Y negativo** (hacia abajo del torso)
- $\text{total\_acc\_y} \approx 1g$  (o  $-1g$  dependiendo de la convención de signos)
- $\text{total\_acc\_x} \approx 0g$
- $\text{total\_acc\_z} \approx 0g$

#### Movimiento corporal:

- $\text{body\_acc} \approx 0$  (sin movimiento, postura estática)
- Pequeñas oscilaciones por equilibrio postural (balanceo natural)

**Diferencia con SITTING:** Ambas tienen gravedad en Y, pero el ángulo del torso difiere ligeramente.

## 2.3. SITTING (Sentado)

### Postura: Sentado

**Descripción física:** El usuario está sentado, con el torso ligeramente inclinado.

#### Orientación gravitacional:

- La **gravedad principalmente en eje Y**, pero con componente en Z
- $\text{total\_acc\_y} \approx 0.9g$  (torso inclinado hacia atrás)
- $\text{total\_acc\_z} \approx 0.1g$  a  $0.3g$  (pequeño componente)
- $\text{total\_acc\_x} \approx 0g$

#### Movimiento corporal:

- $\text{body\_acc} \approx 0$  (sin movimiento)

**Por qué se confunde con STANDING:** Ambas son estáticas con gravedad dominante en Y. La diferencia es sutil y depende de la inclinación del torso.

### 3. Actividades Dinámicas

#### 3.1. WALKING (Caminando)

Actividad: Caminando

**Descripción física:** El usuario camina en línea recta sobre superficie plana.

**Orientación gravitacional:**

- Gravedad principalmente en **eje Y** (torso vertical mientras camina)
- $\text{total\_acc\_y} \approx 1g$  (con oscilaciones superpuestas)

**Movimiento corporal (lo que distingue del estar parado):**

- $\text{body\_acc\_x}$ : **Oscilaciones rítmicas** (movimiento lateral de cadera)
- $\text{body\_acc\_y}$ : **Oscilaciones verticales** (subir/bajar al dar pasos)
- $\text{body\_acc\_z}$ : **Oscilaciones adelante-atrás** (impulso del paso)
- **Patrón periódico:** 2 Hz ( $\approx 2$  pasos por segundo)

**Giroscopio:**

- Oscilaciones rítmicas en todos los ejes
- Refleja la rotación de la cadera durante el ciclo de paso

#### 3.2. WALKING\_UPSTAIRS (Subiendo Escaleras)

Actividad: Subiendo Escaleras

**Descripción física:** El usuario sube escaleras.

**Características distintivas:**

- **Mayor amplitud vertical:** Cada paso implica mayor elevación
- $\text{body\_acc\_y}$ : Picos más pronunciados (esfuerzo de subir)
- **Torso ligeramente inclinado hacia adelante**
- Frecuencia del paso **menor** que caminar plano (más lento)

**Giroscopio:** Mayor rotación en ejes debido al esfuerzo de elevación.

#### 3.3. WALKING\_DOWNSTAIRS (Bajando Escaleras)

Actividad: Bajando Escaleras

**Descripción física:** El usuario baja escaleras.

**Características distintivas:**

- **Impacto en cada paso:** Mayor deceleración al “caer” en cada escalón
- $\text{body\_acc\_y}$ : Picos de **impacto** más bruscos
- **Torso ligeramente inclinado hacia atrás** (para frenar)
- Patrón de aceleración asimétrico (diferente a subir)

## 4. Resumen: Orientación por Postura

Actividad	total_acc_x	total_acc_y	total_acc_z	body_acc
LAYING	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx \pm 1g$	$\approx 0$
STANDING	$\approx 0$	$\approx 1g$	$\approx 0$	$\approx 0$
SITTING	$\approx 0$	$\approx 0.9g$	$\approx 0.1-0.3g$	$\approx 0$
WALKING	$\approx 0$	$\approx 1g$	$\approx 0$	Oscilaciones rítmicas
WALKING_UPSTAIRS	$\approx 0$	$\approx 0.9g$	$\approx 0.2g$	Oscilaciones + mayor Y
WALKING_DOWNSTAIRS	$\approx 0$	$\approx 1g$	$\approx 0$	Oscilaciones + impactos

## 5. Interpretación Física de la Matriz de Correlaciones

La matriz de correlaciones muestra cómo se relacionan las señales de los 9 canales entre sí.

### 5.1. Correlaciones Significativas Observadas

#### Correlaciones Negativas Fuertes (Azul Oscuro)

##### 1. **body\_gyro\_x** $\leftrightarrow$ **body\_gyro\_y**: $r = -0.74$

**Interpretación física:** Cuando la cadera rota en el eje X (inclinación lateral), simultáneamente rota en dirección opuesta en el eje Y. Esto ocurre durante el **ciclo de paso**: al levantar una pierna, la cadera se inclina hacia un lado (rotación X) mientras también rota hacia adelante (rotación Y en dirección opuesta).

**En la vida real:** Imagina caminar – cuando levantas la pierna derecha, la cadera se inclina hacia la izquierda (rotación X) y simultáneamente rota para impulsar esa pierna hacia adelante (rotación Y en sentido contrario).

##### 2. **total\_acc\_x** $\leftrightarrow$ **total\_acc\_y**: $r = -0.80$

**Interpretación física:** Esta es una relación **geométrica/trigonométrica**. Como la gravedad es un vector constante ( $|g| = 1$ ), si el dispositivo se inclina de forma que aumenta la componente en X, necesariamente **disminuye** la componente en Y:

$$g_x^2 + g_y^2 + g_z^2 = 1 \implies \text{si } g_x \uparrow, \text{ entonces } g_y \downarrow$$

**En la vida real:** Si te inclinas hacia la derecha (aumenta la gravedad en X), estás “quitando” gravedad del eje Y.

##### 3. **total\_acc\_x** $\leftrightarrow$ **total\_acc\_z**: $r = -0.66$

**Interpretación física:** Similar al anterior. Inclinar lateralmente (X) reduce la componente perpendicular al torso (Z). Menos pronunciado porque Z típicamente ya es pequeño en posturas erguidas.

### Correlaciones Positivas Fuertes (Rojo Oscuro)

**total\_acc\_y**  $\leftrightarrow$  **total\_acc\_z**:  $r = +0.66$

**Interpretación física:** En las transiciones entre posturas (por ejemplo, de parado a sentado o a acostado), cuando se reduce Y (el torso deja de estar vertical), **aumenta** Z (la gravedad se proyecta más hacia afuera del cuerpo).

**En la vida real:** Al sentarte o acostarte, tu torso pasa de vertical (gravedad en Y) a horizontal (gravedad en Z). Durante esta transición, Y baja y Z sube **simultáneamente**.

## 5.2. Por Qué **body\_acc** y **total\_acc** NO Están Correlacionados

### Correlaciones Cercanas a Cero

Las correlaciones entre **body\_acc** y **total\_acc** son muy bajas ( $|r| < 0.1$ ).

**Interpretación:** Miden fenómenos **independientes**:

- **total\_acc**: Orientación estática (dónde apunta la gravedad)
- **body\_acc**: Movimiento dinámico (aceleración del cuerpo en movimiento)

**Ejemplo:** Una persona puede estar **acostada pero moviéndose** ( $\text{body\_acc} \neq 0$ ,  $\text{total\_acc\_z} \approx 1g$ ) o **de pie pero quieta** ( $\text{body\_acc} \approx 0$ ,  $\text{total\_acc\_y} \approx 1g$ ).

**Conclusión:** Esto confirma que usar **ambas** señales es valioso – aportan información complementaria, no redundante.

## 6. Conclusión: Por Qué Importa Entender las Posturas

1. **Para actividades estáticas** (LAYING, SITTING, STANDING): La clave está en **total\_acc** – revela la orientación del torso mediante la proyección de la gravedad.
2. **Para actividades dinámicas** (WALKING\*): La clave está en **body\_acc** y **body\_gyro** – revelan los patrones de movimiento (ritmo, amplitud, impactos).
3. **Las correlaciones** reflejan restricciones físicas reales:
  - La gravedad es un vector unitario  $\rightarrow$  correlaciones negativas entre ejes de **total\_acc**
  - El ciclo de paso involucra rotaciones coordinadas  $\rightarrow$  correlación en **body\_gyro**
4. **Por qué la CNN funciona:** Aprende estas relaciones físicas automáticamente a partir de los datos, distinguiendo patrones que caracterizan cada actividad.