

# Parámetros y Lógica de Sensores para Detección de Deslizamientos

---

**Nota:** Los valores aquí presentados se basan en referencias científicas y se adaptan al contexto de sensores IoT de bajo costo. Requieren validación en campo para cada zona específica.

## 🌀 LÓGICA DE FUSIÓN DE SENSORES

---

### 1. Vibration Switch - Detector de Vibraciones

#### Variables a medir:

- Estado digital (HIGH/LOW)
- Frecuencia de activaciones por minuto

#### Umbrales críticos (referencia: Bhardwaj, 2021):

- NORMAL: 0-2 activaciones/minuto
- PRECAUCIÓN: 3-5 activaciones/minuto
- ALERTA: >5 activaciones/minuto
- EMERGENCIA: activación continua > 5 segundos

#### Algoritmo:

- Contar pulsos en ventana de 60 s.
  - Filtrar vibraciones espurias (p. ej. viento/animales) con duración < 200 ms.
  - Activación continua > 5 s = EMERGENCIA.
- 

### 2. Rain Detection Module - Detector de Lluvia

#### Variables a medir:

- Intensidad de lluvia (0-1023 ADC)
- Estado lluvia (digital TRUE/FALSE)

#### Umbrales críticos (Soegoto et al., 2021):

- Sin lluvia: < 200
- Lluvia ligera: 200 – 300
- Lluvia moderada: 301 – 600
- Lluvia intensa: 601 – 900
- Lluvia torrencial: > 900 o persistente > 30 min

#### Algoritmo:

- Promediar intensidad en ventana de 5 min.

- Incrementar riesgo si la lluvia es persistente > 30 min.
- Multiplicar puntaje de riesgo cuando lluvia coincide con alta humedad de suelo.

### 3. YL-100 - Sensor de Humedad del Suelo

#### Variables a medir:

- Humedad del suelo (% relativo)
- Saturación respecto al valor base (suelo seco inicial)

#### Umbrales críticos (El Moulat et al., 2018; Piciullo et al., 2022):

- Suelo seco: 0 – 40 %
- Suelo húmedo: 41 – 70 %
- Suelo saturado: > 70 % (riesgo alto)

#### Algoritmo:

- Establecer calibración inicial en suelo seco.
- Incremento de humedad > 30 % respecto al valor base = riesgo elevado.
- Saturación > 70 % combinada con lluvia = condición de alerta.

### 4. Temperature Sensor - Sensor de Temperatura

#### Variables a medir:

- Temperatura ambiente (°C)
- Gradiente de cambio (°C/min)

#### Umbrales críticos (Henao-Céspedes et al., 2023):

- Normal: 10 – 30 °C
- Precaución: < 10 °C o gradiente > 2 °C/min
- Alerta/Emergencia: < 5 °C o cambios bruscos > 5 °C/min

#### Algoritmo:

- Añadir +1 nivel de riesgo si  $T < 5\text{ °C}$ .
- Considerar ciclos de hielo-deshielo como factores de inestabilidad.
- Evaluar gradientes de cambio rápidos como precursores de fractura.



## ALGORITMO DE FUSIÓN INTELIGENTE

#### Matriz de Decisión

Vibración	Humedad	Lluvia	Temperatura	Resultado
Baja	Baja	Baja	Normal	<b>NORMAL</b>

Vibración	Humedad	Lluvia	Temperatura	Resultado
Media	Baja	Baja	Normal	<b>PRECAUCIÓN</b> 🟡
Baja	Media	Media	Normal	<b>PRECAUCIÓN</b> 🟡
Alta	Media	Media	Normal	<b>ALERTA</b> 🟠
Alta	Alta	Alta	Normal	<b>EMERGENCIA</b> 🔴
Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	< 5 °C	<b>+1 Nivel</b> ❄️

## Código de Lógica (Pseudocódigo)

```

int riskScore = 0;

// Evaluar vibración
if (vibrationCount > 5 || vibrationSwitch == HIGH) {
    riskScore++;
}

// Evaluar humedad
if (soilMoisture > 70) {
    riskScore++;
}

// Evaluar lluvia
if (rainIntensity > 600 || rainPersistente > 30min) {
    riskScore++;
}

// Evaluar temperatura
if (temperature < 5 || gradienteTemp > 5) {
    riskScore++;
}

// Determinar estado
if (riskScore == 0) estado = NORMAL;
else if (riskScore == 1) estado = PRECAUCION;
else if (riskScore == 2) estado = ALERTA;
else estado = EMERGENCIA;

```

## Sistemas de alertas

Buzzer:

- Silencio: Normal
- Beep corto cada 10s: Precaución
- Beep intermitente cada 2s: Alerta
- Beep continuo: Emergencia

## Referencias

- El Moulat, M. et al. (2018). Monitoring System Using Internet of Things For Potential Landslides. *Procedia Computer Science*, 134, 26–34.
- Soegoto, E. S. et al. (2021). Internet of things for flood and landslide early warning. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1764 012190.
- Bhardwaj, R. B. (2021). Landslide Detection System Based on IoT. ResearchGate preprint.
- Henao-Céspedes, V., Garcés-Gómez, Y., & Marín Olaya, M. N. (2023). Landslide early warning systems: a perspective from IoT. *IJECE*.
- Piciullo, L., Capobianco, V., & Heyerdahl, H. (2022). A first step towards a IoT-based local early warning system for an unsaturated slope in Norway. *Natural Hazards*.