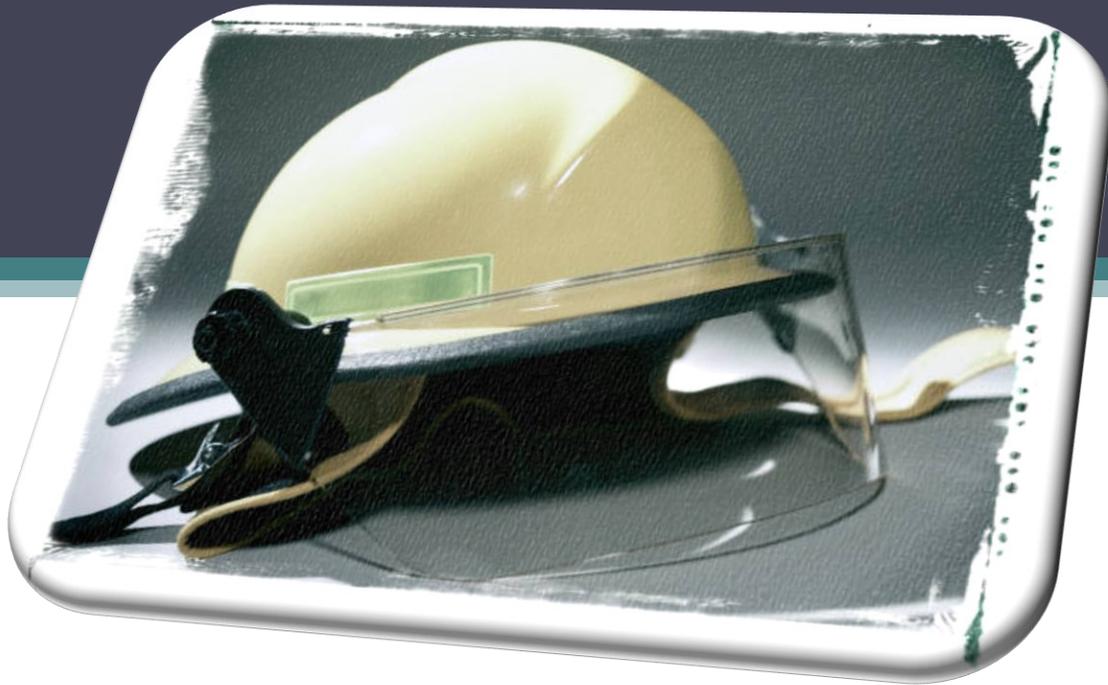


Encuentro Internacional de Innovación e Infraestructura Resiliente

Tecnologías emergentes para la prevención, mitigación y respuesta ante desastres naturales: IA Y REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS



Dr. Ing. José Gómez Pulido
Health Computing and Intelligent Systems Research Group

ESCUELA DE INGENIERÍA DE
CONSTRUCCIÓN Y TRANSPORTE



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

Viña del Mar , 11 de Junio de 2025



Universidad
de Alcalá

Índice

1. Introducción

- IA en la gestión de desastres
- Modelado predictivo con IA
- Datos y conocimiento de expertos para la IA
- Tipos de datos para la IA
- Monitorización, prevención y gestión de desastres

2. Sensores

- Recolección de datos
- Redes WSN
- Redes con nodos móviles
- UAVs
- Satélites

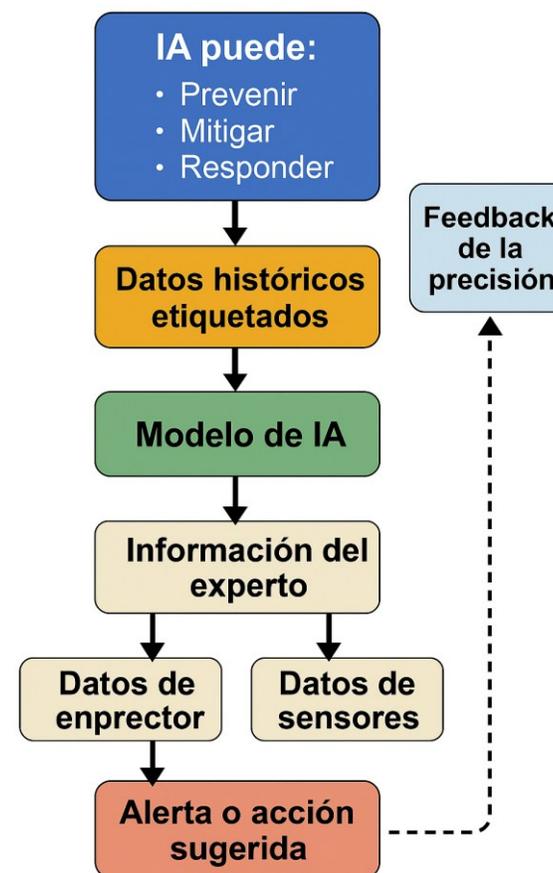
3. Casos de uso

- Incendios
- Inundaciones
- Terremotos
- Huracanes
- Deslizamientos de terrenos

Conclusiones

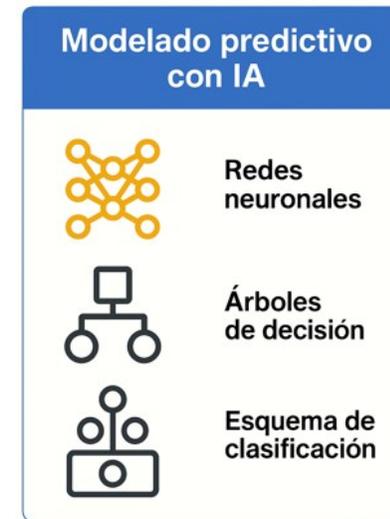
1. Introducción: IA en la gestión de desastres

- Prevención con predicciones tempranas
- Mitigación optimizando decisiones
- Respuesta con recomendaciones en tiempo real
- Casos: incendios, inundaciones, terremotos, huracanes



1. Introducción: Modelado predictivo con IA

- **Entrenamiento** con datos históricos
- **Tipos:** clasificadores, predictores, sistemas de recomendación
- **Entrada:** datos históricos y actuales → **Salida:** alerta o acción



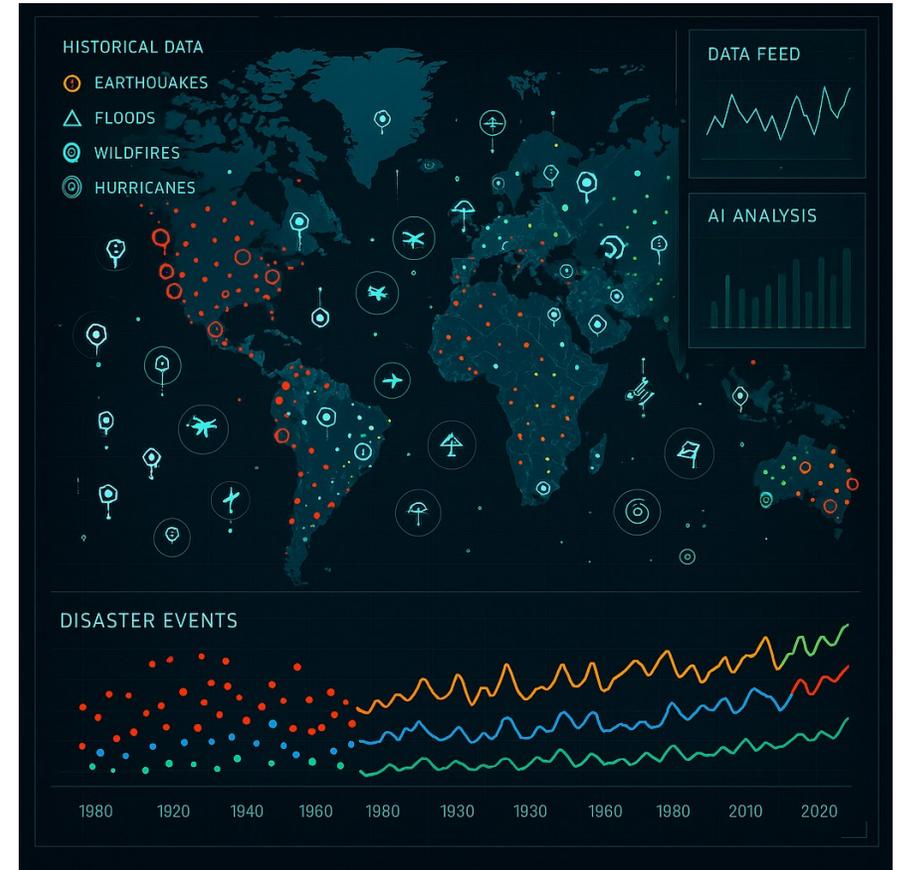
1. Introducción: Datos y conocimiento de expertos para la IA

- Datos: fiables, depurados, relevantes
- Expertos: depuran e interpretan datos y modelos
- Base de conocimiento especializada



1. Introducción: Tipos de datos para la IA

- Datos históricos
- Datos en tiempo real
- Geoespaciales, climáticos, topográficos



1. Introducción: Monitorización, prevención y gestión de desastres

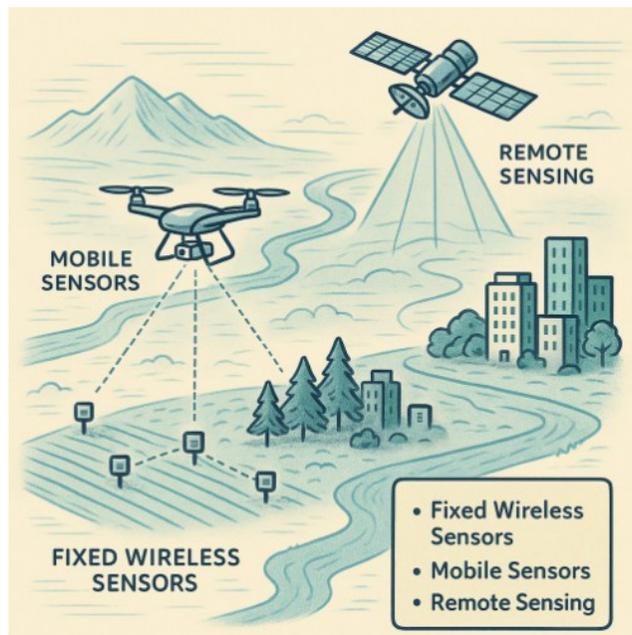
- **Desastres Naturales** \Rightarrow inundaciones, desbordamientos, riadas, terremotos, deslizamiento de tierras, aludes, ...
- **Desastres Artificiales o humanos** \Rightarrow Incendios, deforestación, vertidos contaminantes,
- **Aplicaciones de redes de sensores en los desastres** \Rightarrow
 - **Antes:** supervisar anticipadamente los agentes desencadenantes
 - **Durante:** análisis en tiempo-real de los efectos y contribuir a la **gestión de la respuesta** incluyendo a los servicios de emergencias.
 - **Después:** contribuir con la “big data” obtenida **modelar el comportamiento y establecer sistemas de predicción**

1. Introducción: la IA en la gestión de desastres

Categoría	Elemento	Descripción
Vista General del Mapa	Mapa tipo satelital o topográfico	Capas de datos: desastres naturales históricos, datos en tiempo real, datos geospaciales, datos climáticos, riesgos topográficos
Gráfico Temporal Vinculado	Eje X (Tiempo) y Eje Y (Eventos / Magnitud)	Barras para número de desastres por año, líneas para intensidad, puntos de calor para frecuencia/intensidad por zona
Interactividad para IA	Selección de zona y eventos	Actualización del gráfico temporal y visualización de datos asociados
Fuentes de Datos	Datos históricos y en tiempo real	EM-DAT, USGS, NOAA, Copernicus, NASA, API meteorológicas, IoT local, estaciones sísmicas, OpenStreetMap, SRTM, Sentinel

2. Sensores: Recolección de datos

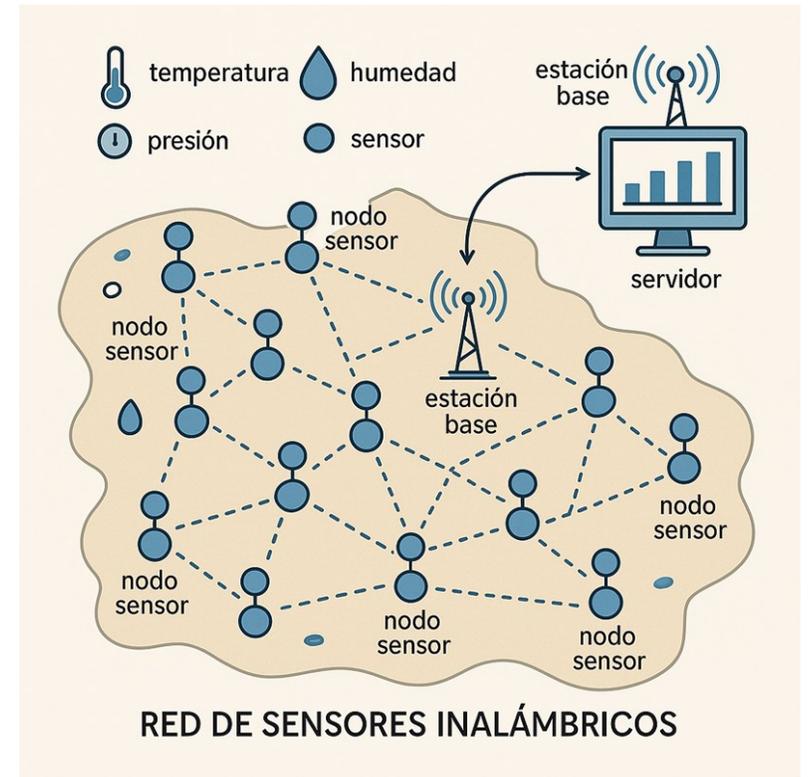
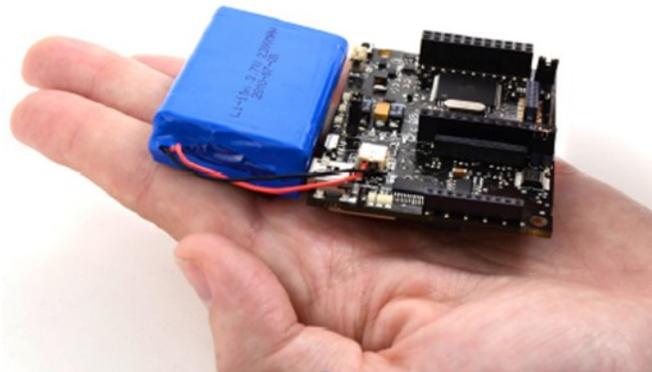
- **Ubicación**: terreno, drones, satélites
- **Variables**: temperatura, humedad, presión, gases, imágenes



Tipo de Sensor	Ubicación/Soporte	Aplicaciones en Prevención de Desastres Naturales
Sensores fijos inalámbricos	En tierra (redes locales)	<ul style="list-style-type: none">• Detección temprana de terremotos• Monitoreo de humedad y gases• Alertas de inundación
Sensores en drones o aviones	Aéreos (baja altitud)	<ul style="list-style-type: none">• Evaluación de daños post-desastre• Detección de incendios• Monitoreo de deslizamientos
Sensores en satélites	Órbita terrestre	<ul style="list-style-type: none">• Seguimiento de tormentas y huracanes• Observación de glaciares y océanos• Mapeo de zonas de riesgo

2. Sensores: Redes WSN

- **Redes de sensores inalámbricas (WSN)** → avance en **comunicaciones inalámbricas + microelectrónica + sensores**
- **Aplicación:** supervisión y vigilancia de desastres
- **Comunicación:** ZigBee, LoRa, WiFi
- **Autonomía:** solar, batería



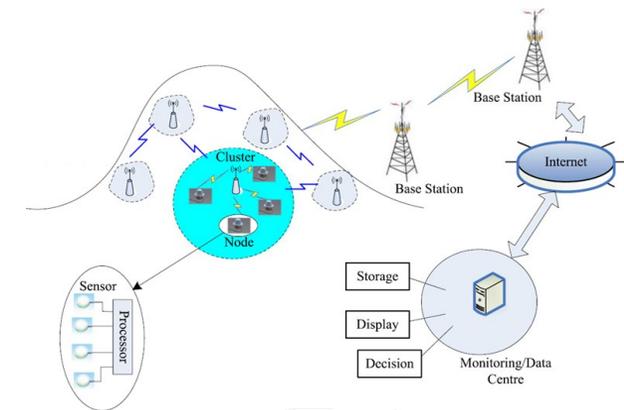
2. Sensores: Redes WSN

REQUISITOS APLICACIONES WSN

- Uso **masivo de datos** de **múltiples sensores** provenientes de las redes a gran escala tanto fijas como móviles
- **Gran ancho de banda**
- **Bajos retardos**

APLICACIONES WSN

- Vigilancia del **medio ambiente**
- **Pronóstico anticipado, prevención y sistemas de alerta temprana (EWS)**
- Generación de **la respuesta después de un desastre** (búsqueda y rescate)
- **Supervisión de la salud estructural de las construcciones (SHM).**



2. Sensores: Redes WSN

Ventajas	Inconvenientes
Monitorización en tiempo real: Permiten recopilar datos continuamente desde ubicaciones remotas o peligrosas	Limitaciones energéticas: La duración de la batería puede restringir el tiempo de operación
Despliegue flexible: Instalación en terrenos difíciles sin necesidad de infraestructura fija	Conectividad radioeléctrica: Obstáculos físicos o interferencias pueden afectar la transmisión de datos
Escalabilidad: Es posible añadir más nodos fácilmente según las necesidades del sistema	Seguridad y privacidad: Vulnerabilidad frente a ataques
Coste bajo: Los sensores individuales suelen ser económicos	Mantenimiento complejo: Difícil acceso a sensores en zonas remotas para reparación o reposición
Autonomía energética: Funcionamiento con baterías o energía solar	Capacidad de procesamiento limitada: Los nodos tienen recursos computacionales reducidos

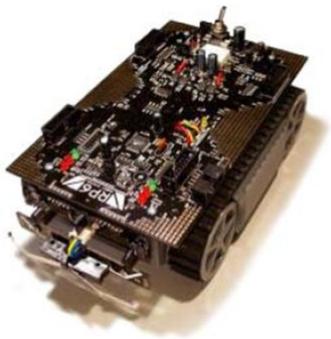
2. Sensores: Redes WSN

- Los **nodos WSN** pueden incorporar una gran variedad de sensores:
 - temperatura, Presión atmosférica
 - Inerciómetros, inclinómetros
 - Anemómetro
 - Caudalímetro
 - Niveles acústicos
 - Concentración de productos químicos (aire/agua)
 - Posición
 - Radiación



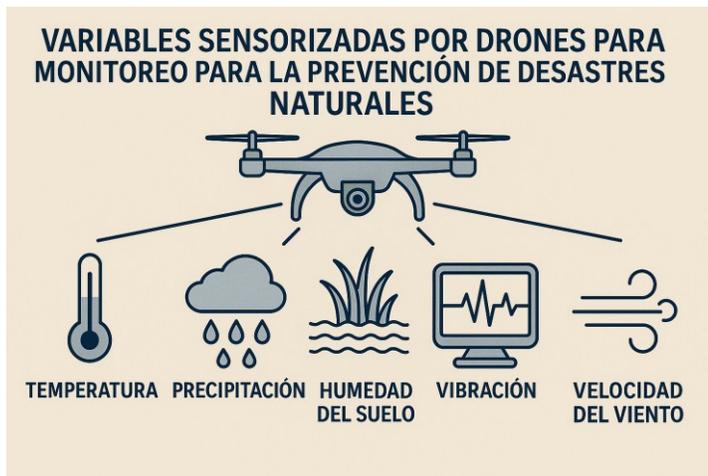
2. Sensores: Redes con nodos móviles

- Desarrollo de sistemas con nodos móviles (robots y drones)
- Ventajas:
 - permiten restablecer la red en caso de que se desconecte un nodo fijo
 - menor consumo y facilidad para recargar la batería por su capacidad de desplazamiento
- La planificación de movimientos del nodo móvil o el diseño del sistema localización suponen un gran reto.



2. Sensores: UAVs

- Datos: imágenes térmicas, gases
- Comunicación: 4G/5G, radio
- Ventajas: movilidad, precisión
- Inconvenientes: autonomía, coste

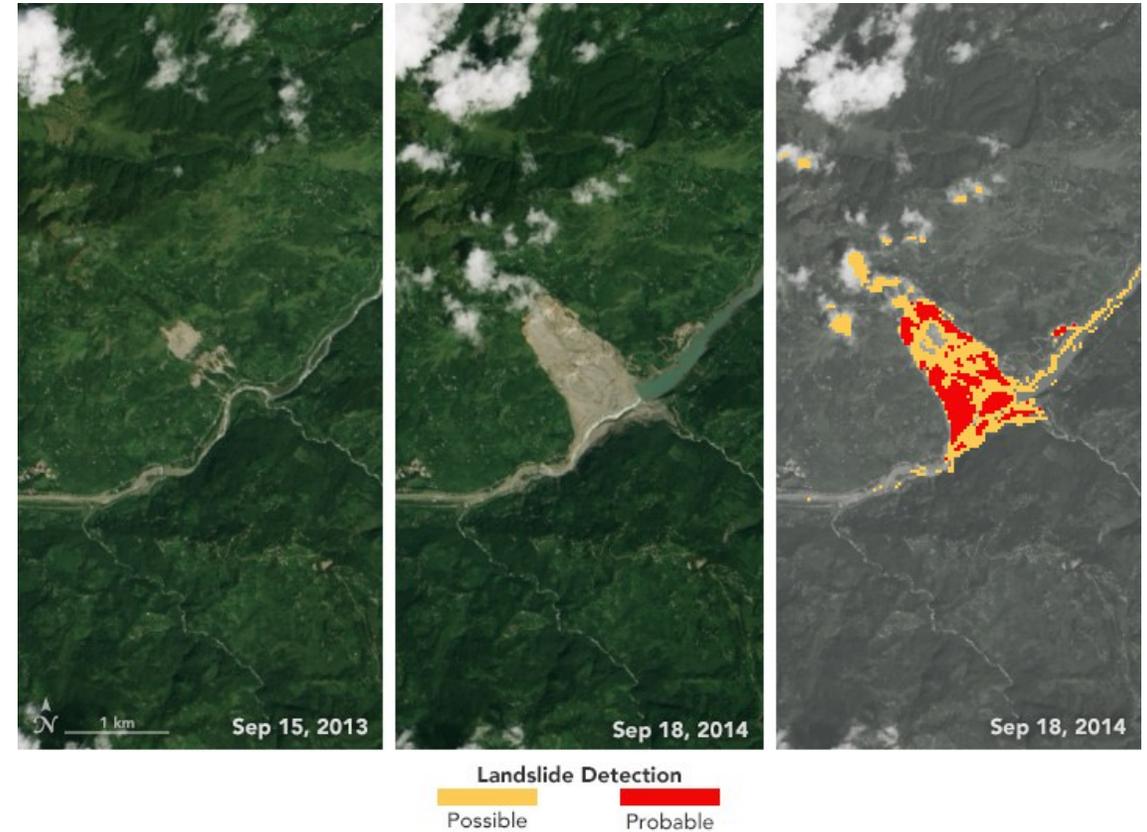


2. Sensores: UAVs

TIPO DE SENSOR	VARIABLES	APLICACIÓN	PREVENCIÓN
Cámara RGB / Multiespectral	Vegetación, humedad, temperatura superficial	Detección de incendios forestales, salud de cultivos	Incendios forestales, sequías
Sensor Térmico	Temperatura superficial	Identificación de puntos calientes	Incendios forestales, erupciones volcánicas
LIDARLiDAR (Light Detection and Ranging)	Elevación, topografía	Modelado del terreno, detección de deslizamientos	Deslizamientos de tierra, inundaciones
Radar de apertura sintética (SAR)	Cambios en la superficie terrestre	Monitoreo de deformaciones del terreno	Terremotos, erupciones volcánicas
Sensor de gases	Concentración de gases (CO ₂ , SO ₂ , CH ₄)	Detección de emisiones volcánicas o industriales	Erupciones volcánicas, contaminación
Sensor de humedad	Humedad del suelo	Evaluación de riesgo de sequía o inundación	Sequías, inundaciones
Sensor de presión barométrica	Presión atmosférica	Monitoreo de cambios climáticos locales	Tormentas, huracanes
GPS / GNSS	Posicionamiento, desplazamiento	Seguimiento de movimientos del terreno	Terremotos, deslizamientos

2. Sensores: Satélites

- Datos: imágenes multispectrales, radar
- Ventajas: gran escala
- Inconvenientes: baja resolución temporal



2. Sensores: Satélites

TIPO DE SENSOR	VARIABLES	APLICACIÓN
Óptico (Visible y NIR)	NDVI, EVI, cobertura vegetal, cuerpos de agua	Incendios forestales, sequías, deforestación, erosión
Infrarrojo térmico (TIR)	Temperatura superficial, focos de calor	Incendios, volcanes, olas de calor
Radar de Apertura Sintética (SAR)	Humedad del suelo, deformaciones del terreno, penetración en nubes	Inundaciones, terremotos, deslizamientos, seguimiento post-sismo
Altímetros láser o radar	Nivel del mar, altura de glaciares, superficies oceánicas	Tsunamis, marejadas ciclónicas, derretimiento polar
Microondas pasiva	Humedad del suelo, lluvia, nieve	Sequías, inundaciones, evaluación hidrológica
Espectrómetro hiperespectral	Composición del suelo, contaminación, minerales	Contaminación, actividad minera, cambios químicos post-desastre
Sondas atmosféricas (UV/IR, LIDAR)	Gases (CO ₂ , CH ₄ , SO ₂), aerosoles, ozono	Erupciones volcánicas, calidad del aire, incendios
Detectores meteorológicos	Nubosidad, tormentas, rayos, ciclones	Huracanes, tormentas severas, granizo

3. Casos de uso: Incendios

- IA predice riesgo con variables climáticas
- Sensores de humo, imágenes térmicas
- Alertas tempranas, evacuación optimizada

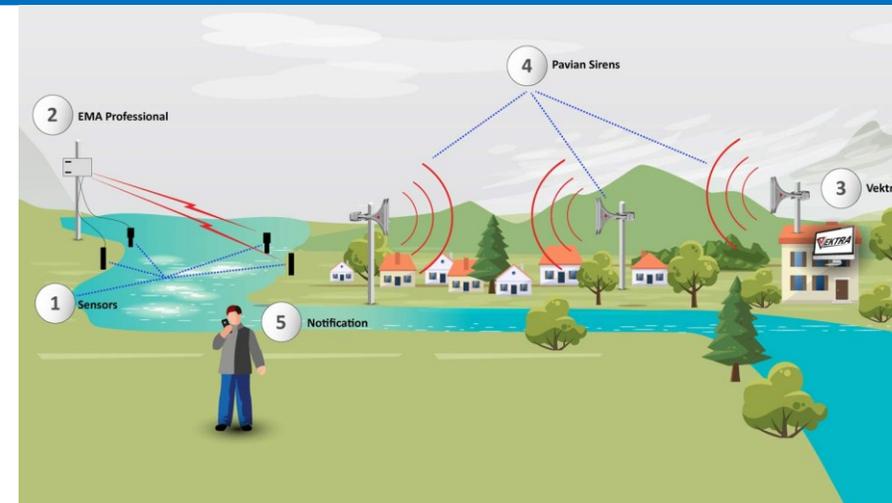


Caso de éxito	Tecnología utilizada	Beneficio
Cellnex y Nature Vision	Cámaras inteligentes y visión artificial	Detección temprana en tiempo real
Sensores IoT	Dispositivos IoT para humedad y temperatura	Predicción de riesgos y prevención proactiva
Cámaras térmicas (Parque Metropolitano de Santiago)	Cámaras térmicas con IA y analítica de video	Identificación automática de anomalías térmicas

3. Casos de uso: Inundaciones

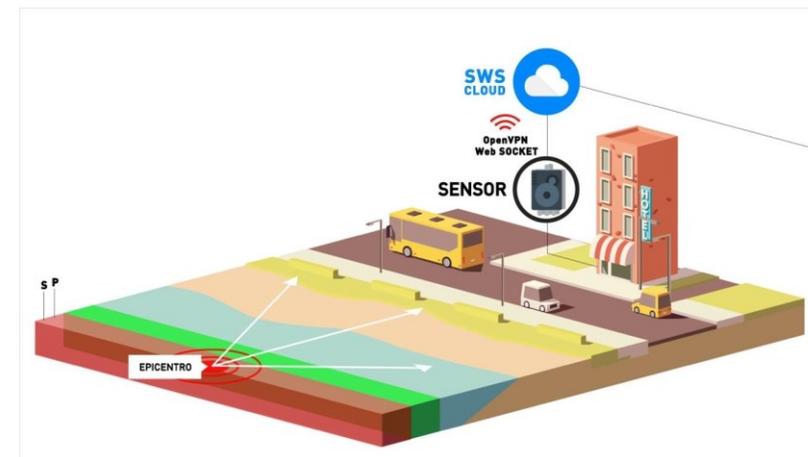
- Sensores de nivel + predicción de lluvia
- IA estima zonas críticas
- Análisis satelital post-evento

Tipo de Sensor	Función	Aplicaciones
Sensores de nivel de agua	Miden la altura del agua en ríos, embalses y alcantarillas	Detección de crecidas y prevención de inundaciones
Pluviómetros	Registran la cantidad de lluvia caída en un período de tiempo	Predicción de lluvias intensas y eventos extremos
Sensores de humedad del suelo	Determinan la saturación del suelo para evaluar riesgo de escorrentía	Identificación de zonas vulnerables a inundaciones
Sensores de presión atmosférica	Detectan cambios en la presión que pueden indicar tormentas	Alertas tempranas de eventos meteorológicos
Sensores geoespaciales	Analizan cambios en la topografía y el terreno mediante imágenes satelitales	Evaluación de zonas de riesgo y planificación urbana



3. Casos de uso: Terremotos

Categoría	Elemento	Función Principal	Variable Clave
Sensores	Sismómetro / Acelerómetro	Detecta vibraciones del suelo	Aceleración, velocidad
Sensores	GNSS	Mide desplazamientos de la corteza terrestre	Posición geoespacial
Sensores	Sensor de presión marina	Detecta tsunamis por cambios de presión	Presión hidrostática
Sensores	Sensor térmico / IR	Cambios de temperatura superficial	Temperatura
Sensores	Magnetómetro	Cambios en el campo magnético terrestre	Intensidad magnética
IA Aplicada	Detección temprana	Identifica sismos en tiempo real	Datos sísmicos en vivo
IA Aplicada	Predicción de réplicas	Estima posibles réplicas tras un sismo	Historial sísmico
IA Aplicada	Análisis multivariable	Combina datos de varios sensores	Datos combinados
IA Aplicada	Alertas automáticas	Envía avisos inmediatos a la población	Umbrales de riesgo



3. Casos de uso: Huracanes

Tipo de Sensor	Función Principal	Variable Clave
Satélites	Imágenes de nubes, vientos y temperatura	Imágenes infrarrojas, visibles, microondas
Radar Doppler	Velocidad y dirección del viento	Velocidad radial del viento
Boyas Oceánicas	Temperatura del mar y presión	Temperatura del mar, presión, olas
Aviones Cazahuracanes	Datos internos del huracán	Presión, viento, humedad, temperatura
Sensores GNSS-R	Viento y altura de olas	Altura de olas, viento superficial
IA Aplicada	Predicción de trayectoria	
IA Aplicada	Estimación de intensidad	
IA Aplicada	Análisis de imágenes satelitales	
IA Aplicada	Alertas tempranas	



3. Casos de uso: Deslizamientos de terrenos

- Predicción de deslizamientos: Modelos que anticipan eventos según condiciones del terreno
- Análisis multivariable: Combina datos de inclinación, humedad y lluvia
- Alertas tempranas: Notificaciones automáticas ante riesgo elevado

SENSOR	FUNCIÓN	VARIABLE
Inclinómetros	Miden cambios en la inclinación del terreno	Ángulo de inclinación
Sensores de humedad	Detectan saturación del suelo	Contenido de humedad
Pluviómetros	Miden la cantidad de lluvia acumulada	Precipitación
GNSS / GPS	Detectan desplazamientos lentos del terreno	Movimiento del terreno
Sensores piezométricos	Miden presión del agua subterránea	Presión de poros



CONCLUSIONES

- La **combinación de IA y sensores** mejora significativamente la gestión de desastres
- Clave: datos confiables + conocimiento experto + tecnologías emergentes
- Desafíos: infraestructura, mantenimiento, interoperabilidad
- Futuro: IA generativa + aprendizaje en tiempo real



Tecnologías emergentes para la prevención, mitigación y respuesta ante desastres naturales IA Y REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS



¡Gracias por su atención!

ESCUELA DE INGENIERÍA DE
CONSTRUCCIÓN Y TRANSPORTE



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO



HEALTH COMPUTING & INTELLIGENT SYSTEMS



Universidad
de Alcalá