



# Sistema de protección personal mediante dispositivos interconectados

Trabajo Final de Grado de **José Luis Fernández Piñero**  
para la titulación de Ingeniería en Sistemas de Telecomunicación

Motivación y  
objetivos

Tecnologías  
exploradas

Arquitectura  
de la  
solución

Ejemplo de  
uso

Conclusiones

# Motivación

La seguridad de los trabajadores es una responsabilidad legal y ética de las organizaciones, pero también una palanca para lograr la excelencia.

Integrar nuevas tecnologías en los EPIs de los trabajadores abre un abanico de nuevas posibilidades para mejorar su seguridad.

Desplegar sensores en las plantas industriales ofrece información valiosa para guiar las operaciones.

Si se integran los sensores en los EPIs de los trabajadores se consiguen *Smart EPIs* que mejoran la seguridad y se refuerzan las posibilidades de mejora en las operaciones.

Los costes directos e indirectos de los accidentes laborales ocurridos en Estados Unidos durante 2016 fue superior a 150.000.000.000\$



Paul O'Neill, CEO de ALCOA desde 1987 hasta 1999: *"If you want to understand how Alcoa is doing, you need to look at our workplace safety figures."*



DuPont Sustainable Solutions: *"[...] But it is not just about safety. Operational discipline improves the execution and performance of the work practices [...]"*



Smart EPI +  
Industria 4.0 =  
Safety 4.0

## Objetivos

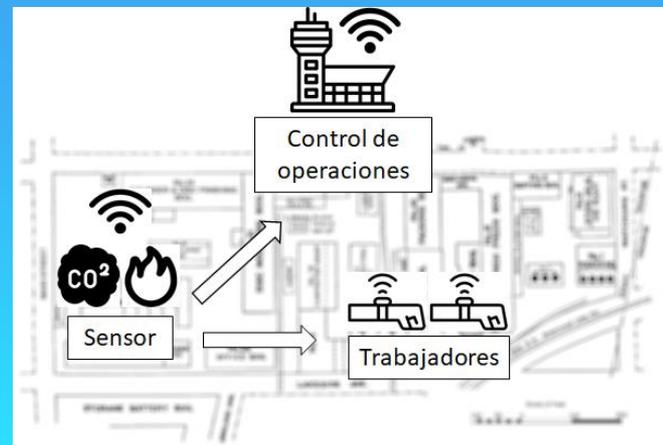
Ofrecer un prototipo de *Smart EPI wearable* que los trabajadores puedan transportar y utilizar cómodamente sin interferir en su trabajo.

Construir un sistema distribuido que interconecte los *Smart EPIs* con sensores que a su vez se comuniquen con el centro de control.

Los sensores capturarán datos sobre las condiciones del entorno y las comunicarán al centro de control y a los trabajadores, que dispondrán de la información relevante de forma sencilla en su *Smart EPI*.

La comodidad incrementa la seguridad y la productividad.

Los sistemas distribuidos que integran información dispersa aportan mayor valor.



```
graph LR; A[Motivación y objetivos] --> B[Tecnologías exploradas]; B --> C[Arquitectura de la solución]; C --> D[Ejemplo de uso]; D --> E[Conclusiones]
```

Motivación y  
objetivos

**Tecnologías  
exploradas**

Arquitectura  
de la  
solución

Ejemplo de  
uso

Conclusiones

## Tecnologías exploradas

Hardware Arduino (UNO, Nano, LilyPad, etc.)

Explotación de datos (Xively, Plotly y ThingSpeak)

Sensores (calidad de aire, temperatura, presión, etc.)

Conectividad inalámbrica (WiFi, Bluetooth, XBee)

Hardware Espressif (ESP8266 y ESP32, M5Stack)

Motivación y  
objetivos

Tecnologías  
exploradas

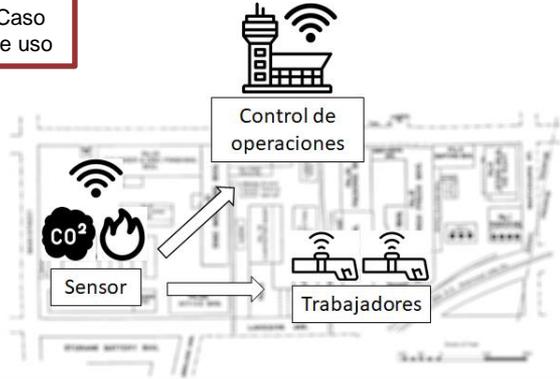
Arquitectura  
de la  
solución

Ejemplo de  
uso

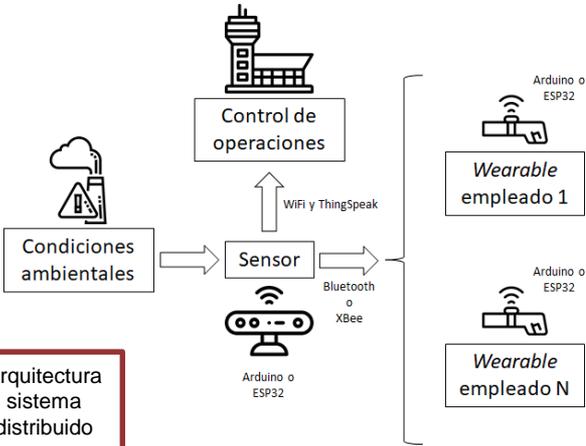
Conclusiones

# Arquitectura de la solución

Caso de uso



Arquitectura sistema distribuido



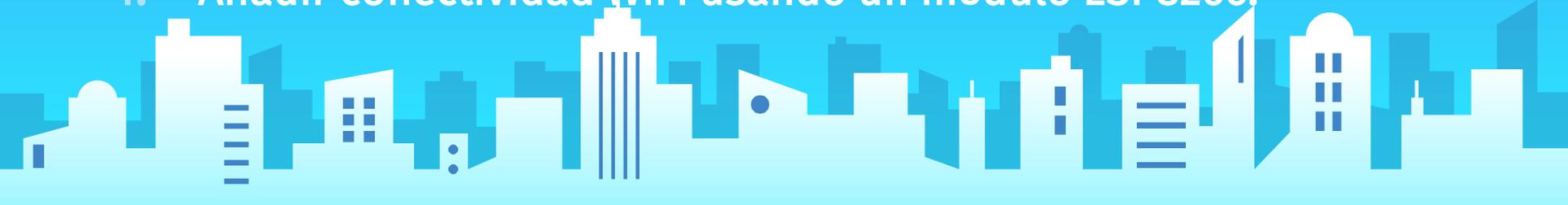
Arduino UNO y ESP8266

Sensor de temperatura TMP36

Conectividad inalámbrica WiFi y Bluetooth

ThingSpeak

M5Stack y ESP32



# Primera aproximación:

1. Utilizar Arduino UNO como elemento base del sensor y el wearable.
2. Incorporar componentes electrónicos para construir la interfaz de usuario.
3. Añadir conectividad Bluetooth usando un módulo HC-05.
4. Añadir conectividad WiFi usando un módulo ESP8266.

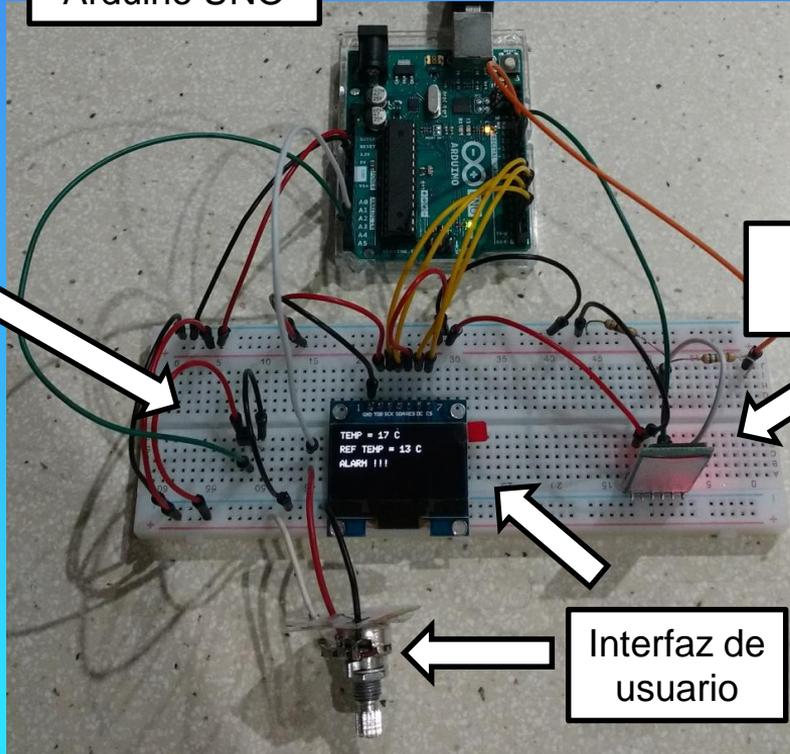
# Sensor basado en Arduino

Arduino UNO

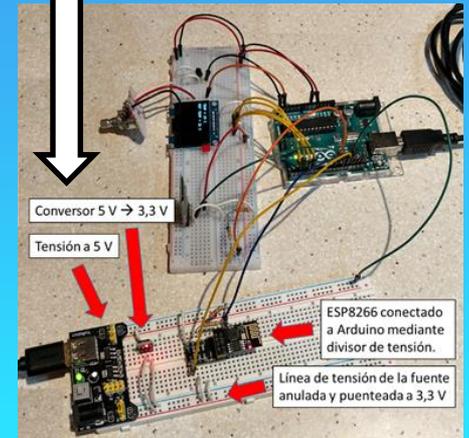
Sensor de temperatura

Módulo Bluetooth

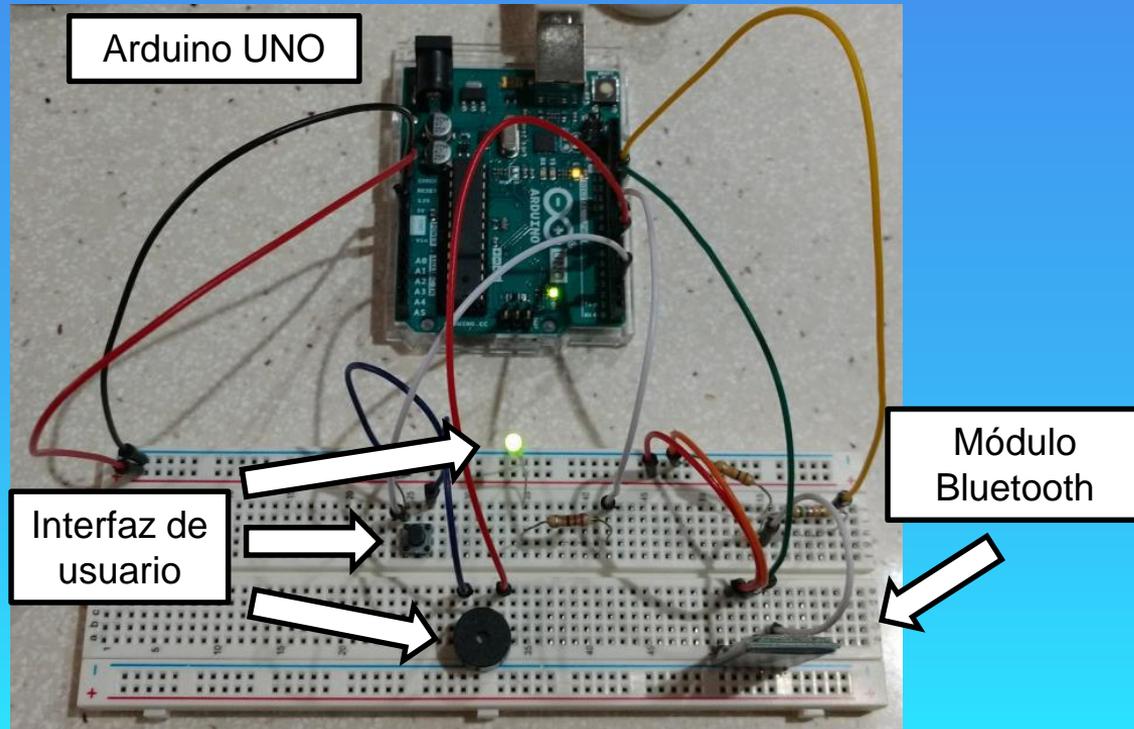
Interfaz de usuario

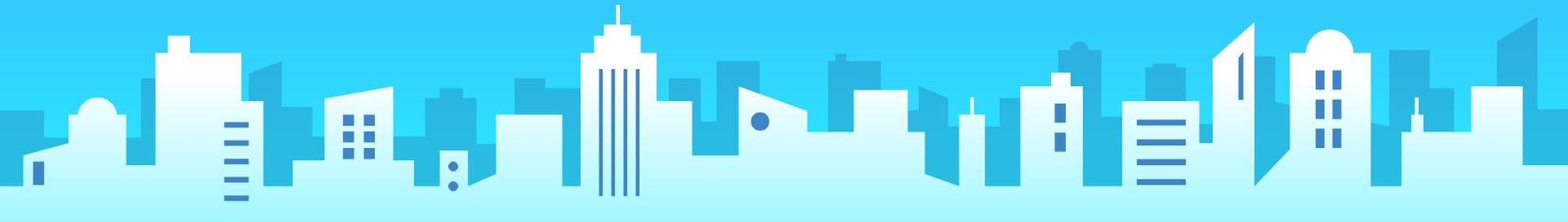


La conectividad WiFi requiere un módulo ESP8266 con requisitos de alimentación y conexión especiales



# Wearable basado en Arduino



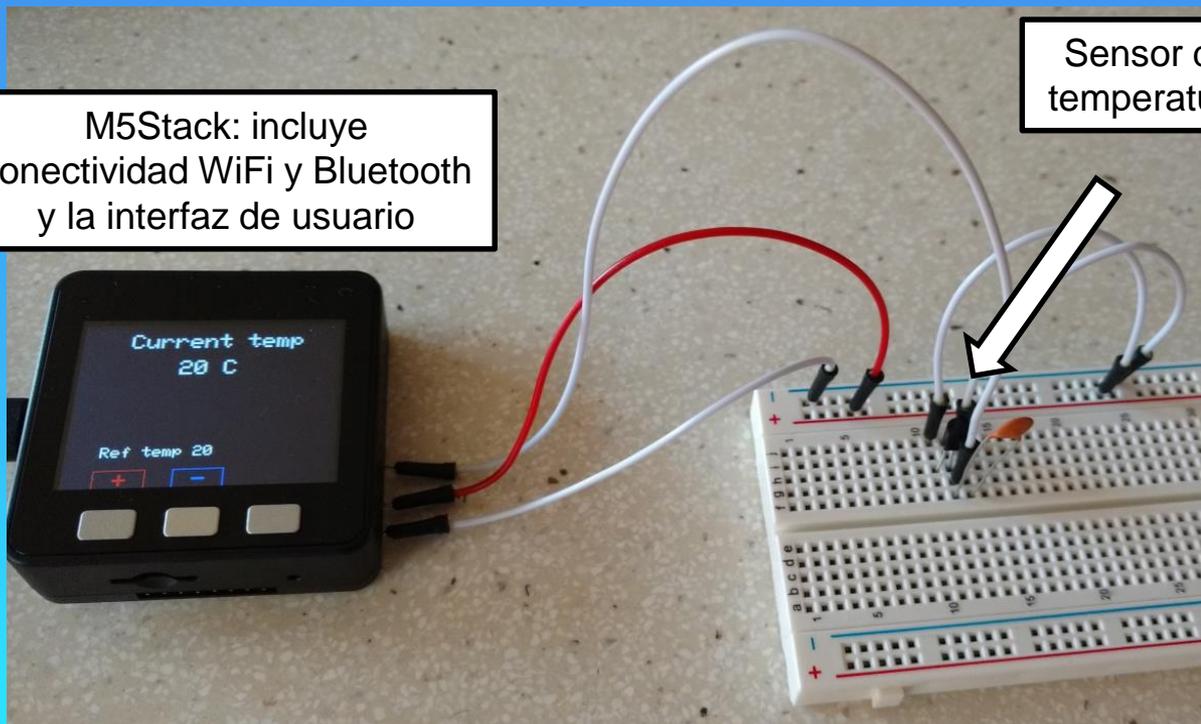


# Enfoque final:

1. Utilizar M5Stack como elemento base del sensor y el wearable.
2. Utilizar las características nativas del M5Stack para ofrecer interfaz de usuario, conectividad Bluetooth y conectividad WiFi.

## Sensor y wearable basados en M5Stack

M5Stack: incluye conectividad WiFi y Bluetooth y la interfaz de usuario



Sensor de temperatura

!!! Se puede hacer 100% wearable sin apenas cambios usando M5Stick C !!!

M5Stack "wearable"



```
graph LR; A[Motivación y objetivos] --> B[Tecnologías exploradas]; B --> C[Arquitectura de la solución]; C --> D[Ejemplo de uso]; D --> E[Conclusiones];
```

Motivación y  
objetivos

Tecnologías  
exploradas

Arquitectura  
de la  
solución

Ejemplo de  
uso

Conclusiones

# Ejemplo de uso

## Escenario

Un trabajador debe realizar unos trabajos en un espacio confinado de una siderurgia. La temperatura del entorno se ve afectada por el proceso de fabricación, pudiendo superar la temperatura recomendada por la OMS y tener efectos sobre la salud que aumenten los riesgos de accidente (\*).

## Caso de uso

El trabajador despliega el elemento sensor que incluye un termómetro en la zona donde realizará su tarea. Antes de empezar el trabajo configurará en el sensor la condición de alarma. El trabajador llevará el elemento *wearable* que estará conectado inalámbricamente con el sensor para recibir lecturas en tiempo real de la temperatura y notificaciones sonoras cuando la temperatura del ambiente provoque que se dispare la alarma. Mientras tanto, en el centro de control de planta se recibirán las medidas de temperatura cada minuto.



Video funcionamiento sensor-wearable

[https://www.dropbox.com/s/60ejfds29gq43l/joseluis\\_fernandez\\_pi%C3%B1ero\\_TFG.mp4?dl=0](https://www.dropbox.com/s/60ejfds29gq43l/joseluis_fernandez_pi%C3%B1ero_TFG.mp4?dl=0)

Video funcionamiento sensor-ThingSpeak

[https://www.dropbox.com/s/3dz61itr27lgr4d/joseluis\\_fernandez\\_pi%C3%B1ero\\_sensor\\_thingspeakTFG.mp4?dl=0](https://www.dropbox.com/s/3dz61itr27lgr4d/joseluis_fernandez_pi%C3%B1ero_sensor_thingspeakTFG.mp4?dl=0)



(\*) <http://www.saludlaboral.ugtcyl.es/archivos/medicina/calor-cuerpo-humano.pdf>

```
graph LR; A[Motivación y objetivos] --> B[Tecnologías exploradas]; B --> C[Arquitectura de la solución]; C --> D[Ejemplo de uso]; D --> E[Conclusiones];
```

Motivación y  
objetivos

Tecnologías  
exploradas

Arquitectura  
de la  
solución

Ejemplo de  
uso

**Conclusiones**

## Conclusiones

!!! Según Technavio, en 2021 el tamaño del mercado mundial de SMART EPIs será de más de 3,5 billones de dólares !!!

<https://www.businesswire.com/news/home/20170908005753/en/Smart-PPE-Market--Drivers-Forecasts-Technavio>



### Logros

Prototipo operativo

Tecnología disponible

Próximos pasos identificados

### Próximos pasos

*Lean Startup*

MVP (*Minimum Viable Product*)

1. Método científico: Experimento con hipótesis y conclusiones.
2. “Construye para pensar”. “Prototipo para validar hipótesis”. “Un MVP no es una versión beta, es un prototipo”.
3. La pregunta clave no es “¿cómo hacer el producto?”, la pregunta que el MVP responderá es “¿debo hacer el producto?”.
4. Solo el cliente sabe si aporta valor. Solo el mercado sabe si es un negocio. Presentémoslo lo antes posible y aprendamos antes que la competencia.



“5 claves para aplicar *Lean Startup* en mi idea”, Néstor Guerra (EOI)  
<https://www.youtube.com/watch?v=gl2dcOvac4w>



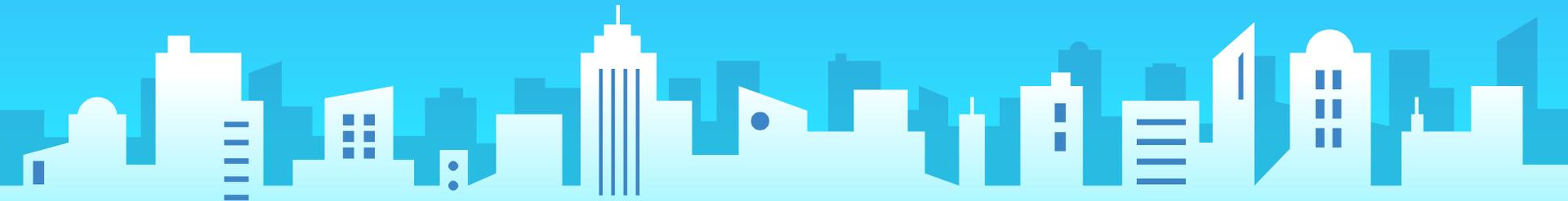
# ¡Gracias!

¿Preguntas?

Puede contactarme en



[jfernandezpine@uoc.edu](mailto:jfernandezpine@uoc.edu)





# Sistema de protección personal mediante dispositivos interconectados

Trabajo Final de Grado de **José Luis Fernández Piñero**  
para la titulación de Ingeniería en Sistemas de Telecomunicación