# Informe Proyecto Semestral: Plataforma IoT Distribuida y Segura para Monitoreo Industrial

**Alumno**: Alonso Bustos Espinoza

**Fecha**: 07.07.2025

**Curso**: Redes de Computadores

## 1. Introducción

Los sistemas distribuidos y el Internet de las Cosas (IoT) son fundamentales en entornos industriales modernos, ya que permiten monitorear y controlar procesos en tiempo real, mejorando la eficiencia y seguridad. Este proyecto busca implementar un sistema distribuido que simule un entorno IoT industrial, integrando componentes escritos en C++ y Python para la transmisión, almacenamiento y visualización de datos de sensores (temperatura, presión y humedad).

El propósito es demostrar cómo un sistema heterogéneo puede comunicarse de manera segura, garantizando la integridad de los datos mediante cifrado y verificaciones de checksum, además de proporcionar una interfaz para visualización y alertas.

## 2. Descripción del Problema

En entornos industriales, es crucial recolectar y analizar datos de sensores de manera confiable. Sin embargo, existen desafíos como:

- **Interoperabilidad**: Diferentes lenguajes y protocolos (C++, Python, TCP, Modbus/OPC UA).
- **Seguridad**: Riesgo de manipulación de datos en transmisiones no cifradas.
- **Visualización**: Necesidad de una interfaz accesible para monitoreo en tiempo real.

Este proyecto aborda estos problemas mediante un sistema distribuido con:

- Un **cliente sensor en C++** que envía datos binarios cifrados.
- Un **servidor intermedio en Python** que valida y transforma los datos.
- Un **servidor final con API REST** para almacenamiento y visualización web.
- Un **cliente de consulta** que detecta anomalías.

## 3. Objetivos

### 3.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema distribuido seguro para el monitoreo industrial, integrando sensores simulados, procesamiento intermedio, almacenamiento persistente y visualización.

### 3.2. Objetivos Específicos

1. **Cliente en C++**:
    - Generar datos simulados (temperatura, presión, humedad).
    - Enviar datos binarios con checksum CRC-16 y cifrado TLS.
2. **Servidor Intermedio (Python)**:
    - Recibir y validar datos mediante checksum CRC-16.
    - Transformar datos binarios a JSON y reenviarlos al servidor final.
3. **Backend en Python**:
    - Almacenar datos en SQLite.
    - Exponer una API REST para consultas.
4. **Cliente de Consulta**:
    - Monitorear datos periódicamente.
    - Generar alertas si los valores están fuera de rango.
5. **Visualización Web**:
    - Mostrar métricas en tiempo real mediante un dashboard.

# 4. Metodología

## 4.1. Arquitectura del Sistema

El sistema sigue este flujo:

1. **Cliente Sensor (C++) → Servidor Intermedio (Python)**
    - Comunicación: **Sockets TCP con TLS** (cifrado punto a punto).
    - Formato de datos: **Estructura binaria** (`SensorData` con checksum CRC-16).
2. **Servidor Intermedio → Servidor Final (Python/FastAPI)**
    - Comunicación: **HTTP/REST** (JSON textual).
    - Almacenamiento: **SQLite** (tabla `sensor_data`).
3. **Cliente de Consulta**
    - Consulta la API cada 10 segundos y alerta sobre anomalías.

## 4.2. Implementación de Componentes

### Cliente Sensor (C++)

- Genera datos aleatorios con `create_fake_sensor_data()`.
- Calcula checksum con CRC-16 (`compute_checksum`).

- Envía datos cifrados via TLS (certificados OpenSSL).

**Servidor Intermedio (Python)**

- Usa `TLSServer` para recibir datos binarios.
- Valida checksum CRC-16 y convierte a JSON (`DataHandler`).
- Reenvía al servidor final mediante `requests.post()`.

**Servidor Final (FastAPI)**

- Almacena datos en SQLite:

```
CREATE TABLE sensor_data (
    id INTEGER,
    timestamp DATETIME,
    temperature REAL,
    pressure REAL,
    humidity REAL,
    PRIMARY KEY (id, timestamp)
)
```

- API REST:
  - `POST /data`: Guarda nuevos datos.
  - `GET /readings`: Devuelve los últimos 100 registros.

**Cliente de Consulta**

- Verifica rangos seguros:

```
if not (TEMP_MIN <= temperatura <= TEMP_MAX):
    print(f"ALERTA: Temperatura fuera de rango: {temperatura}°C")
```

### 4.3. Comunicación entre Componentes

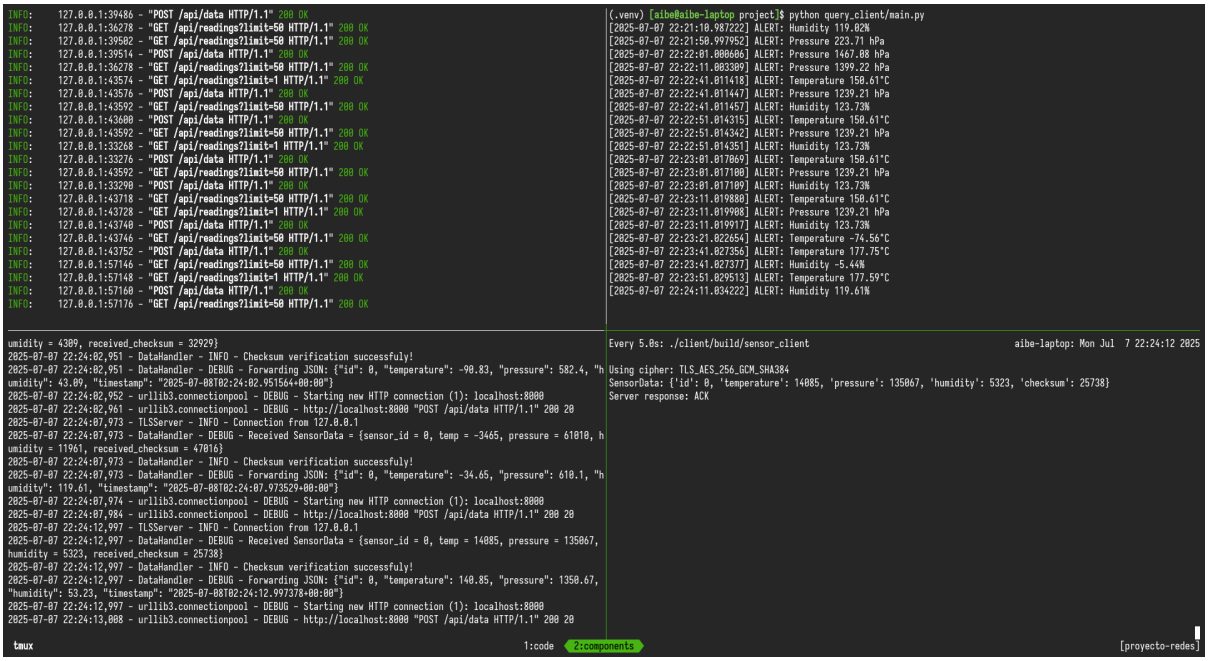
- **TCP + TLS**: Usado entre C++ y Python (servidor intermedio).
- **HTTP/REST**: Para comunicación textual (servidor intermedio → final).
- **Protocolos Industriales**: Se consideró añadir Modbus, pero se priorizó TLS por simplicidad.

## 5. Resultados

- **Funcionamiento del Sistema**:
  - El cliente C++ envía datos de sensores creados aleatoriamente.
  - El servidor intermedio valida y reenvía al servidor final.

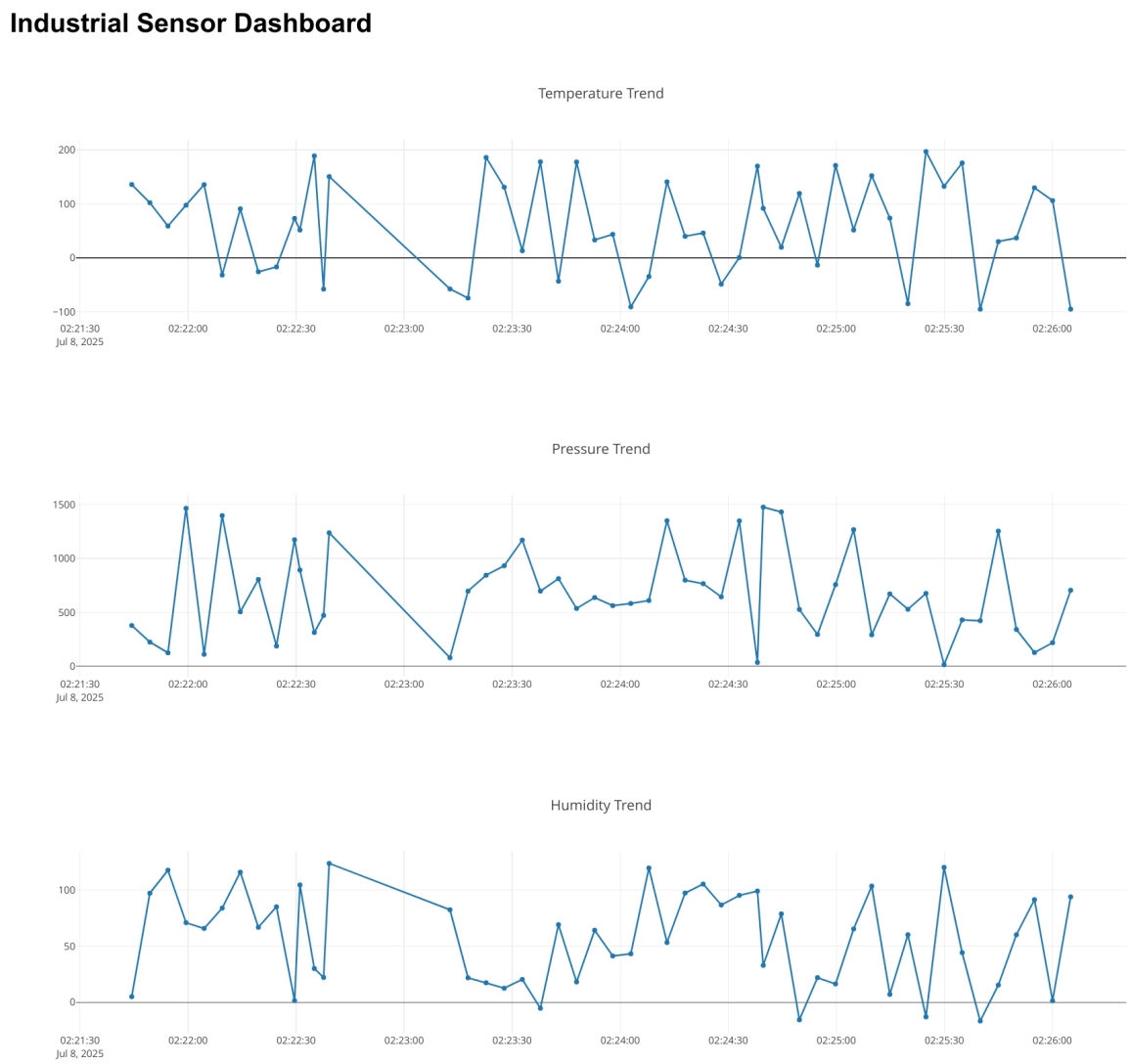
- El cliente consultor accede la API REST para leer ultimas lecturas y alertar en caso de fuera de rangos predefinidos.

- **Visualización**:
  - Componentes:




*(Logs en terminal de servidores final/medio y clientes sensor/consultor)*.

- Dashboard:




*(Gráficos de temperatura, presión y humedad en tiempo real)*.

# 6. Conclusiones y Trabajo Futuro

## 6.1. Conclusiones

- Se logró un sistema funcional con comunicación segura (TLS) y validación de integridad (checksum CRC-16).
- La arquitectura distribuida demostró ser escalable para entornos industriales.

## 6.2. Trabajo Futuro

1. **Protocolos Industriales**: Implementar Modbus o OPC UA para mayor compatibilidad.
2. **Mayor Robustez**:
   - Reintentos automáticos si un servidor falla.
   - Persistencia en el servidor intermedio (ej. Redis).
3. **Mejor Visualización**: Usar WebSockets para actualización en tiempo real.