



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
MENCIÓN REDES INDUSTRIALES**

PROYECTO DE TITULACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ALTERNO PARA MONITOREO DE
DATOS OPERATIVOS CON ENFOQUE IIOT EN LA CENTRAL
HIDROELÉCTRICA COCA CODO SINCLAIR.**

AUTOR: MAGALY CARMEN ARROBA HUEBLA

DIRECTOR: ING. JOSE MARIA RODRIGUEZ RIVERA MSC.





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Temario

[Introducción](#)

[Planteamiento del Problema](#)

[Objetivos](#)

[Hipótesis de Investigación](#)

[Análisis Situacional Red Industrial Actual](#)

[Planteamiento de la Solución al Problema](#)

[Implementación](#)

[Pruebas y Resultados](#)

[Conclusiones y Recomendaciones](#)





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Introducción

[Menú](#)
[Principal](#)





Introducción

Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair





Introducción



Ubicación: Entre las provincias de Napo y Sucumbíos, cantones El Chaco y Gonzalo Pizarro.



Captación Agua: Es conformada por una presa de hormigón de 31.8 m de altura, un vertedero de 160 m de ancho y 8 cámaras de desarenadores que permiten transportar el caudal del río Coca.



Embalse compensador: Mediante el túnel de conducción de 24.83 km de longitud el agua es embalsada a 620 m sobre la casa de máquinas.



Casa de máquinas: Con una capacidad instalada de 1500 MW distribuido en 8 unidades tipo Peltón de 187.5MW cada una.

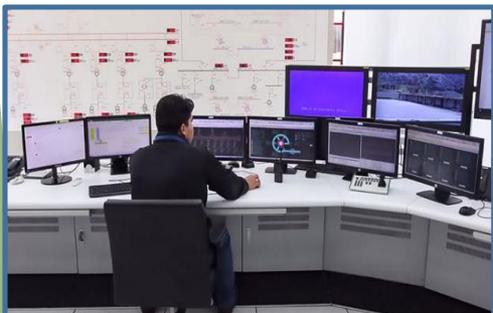
[Menú Principal](#)



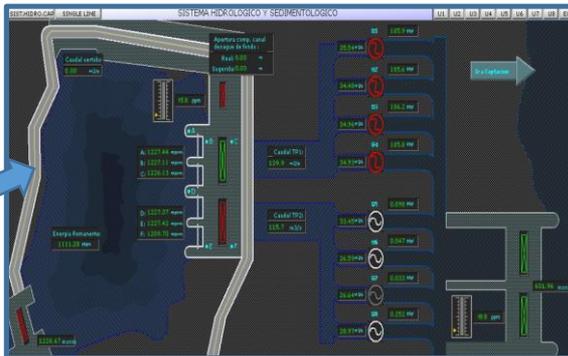


Planteamiento del Problema

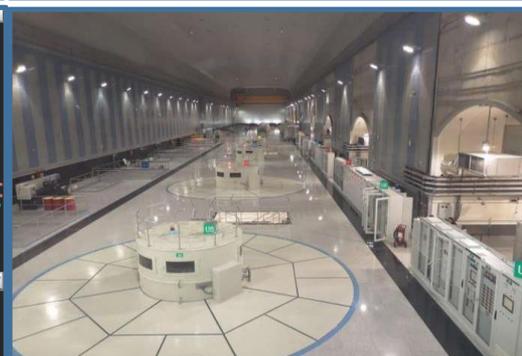
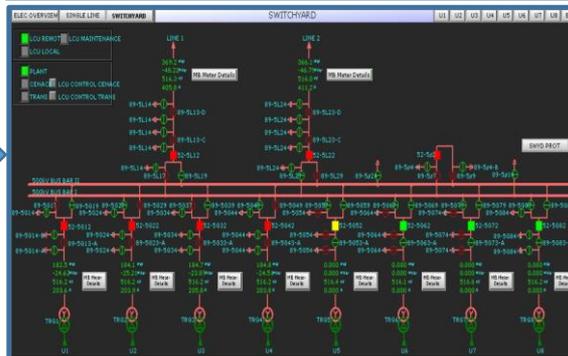
Centro de Control de Generación



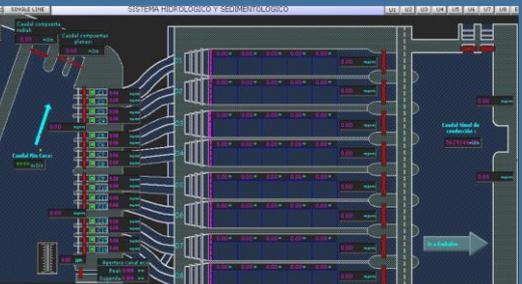
EMB



CDM



CAP



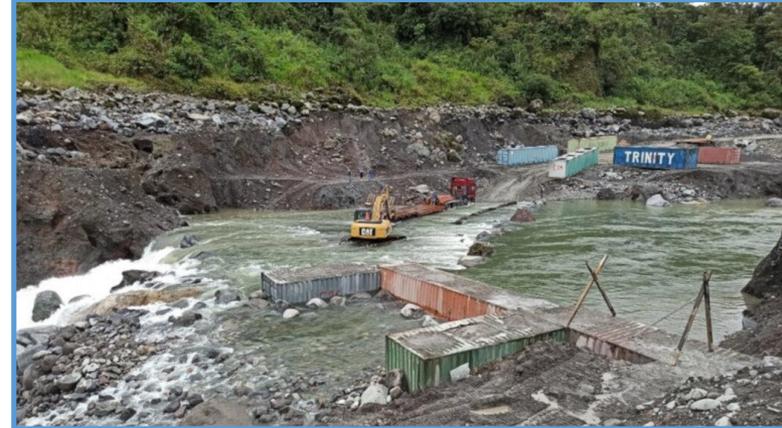
[Menú Principal](#)





Planteamiento del Problema

Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair



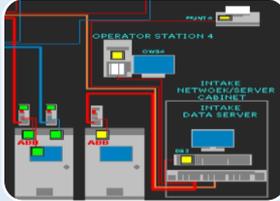
[Menú](#)
[Principal](#)





Planteamiento del Problema

Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair



Pérdida del enlace de fibra entre el frente de Captación y Centro de Control de Generación



Restricción de recursos provocados por la emergencia sanitaria durante mayo 2020.

hostname	ipaddr	netmask	subnet	hostname	ipaddr	netmask	subnet
node01-1	172.16.4.1	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-1	172.16.4.1	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-2	172.16.4.2	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-2	172.16.4.2	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-3	172.16.4.3	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-3	172.16.4.3	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-4	172.16.4.4	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-4	172.16.4.4	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-5	172.16.4.5	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-5	172.16.4.5	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-6	172.16.4.6	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-6	172.16.4.6	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-7	172.16.4.7	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-7	172.16.4.7	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-8	172.16.4.8	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-8	172.16.4.8	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-9	172.16.4.9	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-9	172.16.4.9	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-10	172.16.4.10	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-10	172.16.4.10	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-11	172.16.4.11	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-11	172.16.4.11	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-12	172.16.4.12	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-12	172.16.4.12	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-13	172.16.4.13	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-13	172.16.4.13	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-14	172.16.4.14	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-14	172.16.4.14	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-15	172.16.4.15	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-15	172.16.4.15	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-16	172.16.4.16	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-16	172.16.4.16	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-17	172.16.4.17	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-17	172.16.4.17	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-18	172.16.4.18	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-18	172.16.4.18	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-19	172.16.4.19	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-19	172.16.4.19	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-20	172.16.4.20	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-20	172.16.4.20	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-21	172.16.4.21	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-21	172.16.4.21	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-22	172.16.4.22	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-22	172.16.4.22	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-23	172.16.4.23	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-23	172.16.4.23	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-24	172.16.4.24	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-24	172.16.4.24	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-25	172.16.4.25	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-25	172.16.4.25	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-26	172.16.4.26	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-26	172.16.4.26	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-27	172.16.4.27	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-27	172.16.4.27	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-28	172.16.4.28	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-28	172.16.4.28	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-29	172.16.4.29	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-29	172.16.4.29	255.255.255.0	172.16.4.0
node01-30	172.16.4.30	255.255.255.0	172.16.4.0	node01-30	172.16.4.30	255.255.255.0	172.16.4.0

Ausencia de una infraestructura de red segura alterna para el restablecimiento del enlace entre ambos frentes.

[Menú Principal](#)

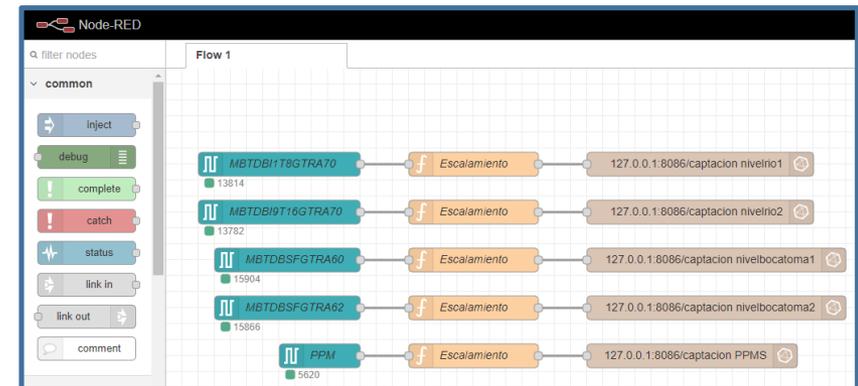




ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Objetivo General

Implementar un sistema alternativo con enfoque IIoT para el monitoreo de datos operativos del frente de captación en la Central Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair.



[Menú Principal](#)





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Objetivos Específicos

Analizar la red industrial existente en el Frente de Captación, para buscar una solución de adquisición de datos y determinar los requerimientos en base a disponibilidad de hardware y software en la central.

Implementar la adquisición de las señales analógicas, de acuerdo con los requerimientos y especificaciones necesarias.

Integrar el sistema de la red industrial alterna con enfoque IIoT mediante software libre, para adquisición, almacenamiento, transferencia y monitoreo de datos.

Evaluar el sistema de monitoreo remoto implementado para determinar su confiabilidad y desempeño.

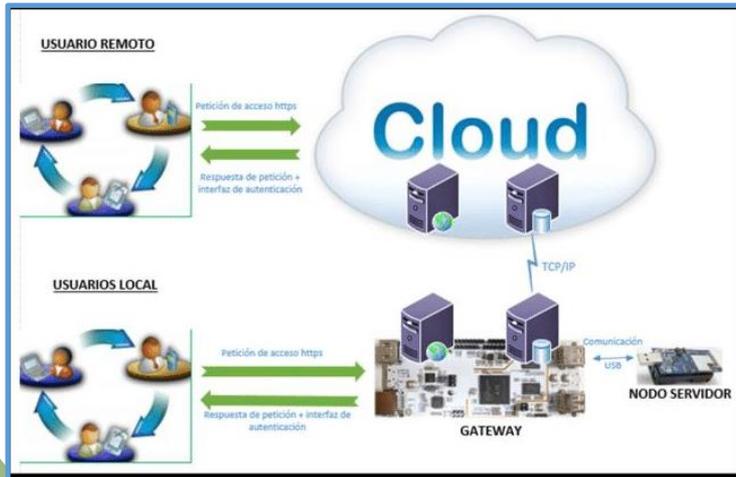
[Menú Principal](#)





Hipótesis de Investigación

La implementación del sistema alternativo con enfoque IIoT permitirá realizar el monitoreo remoto de datos operativos en la central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair.



[Menú Principal](#)





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

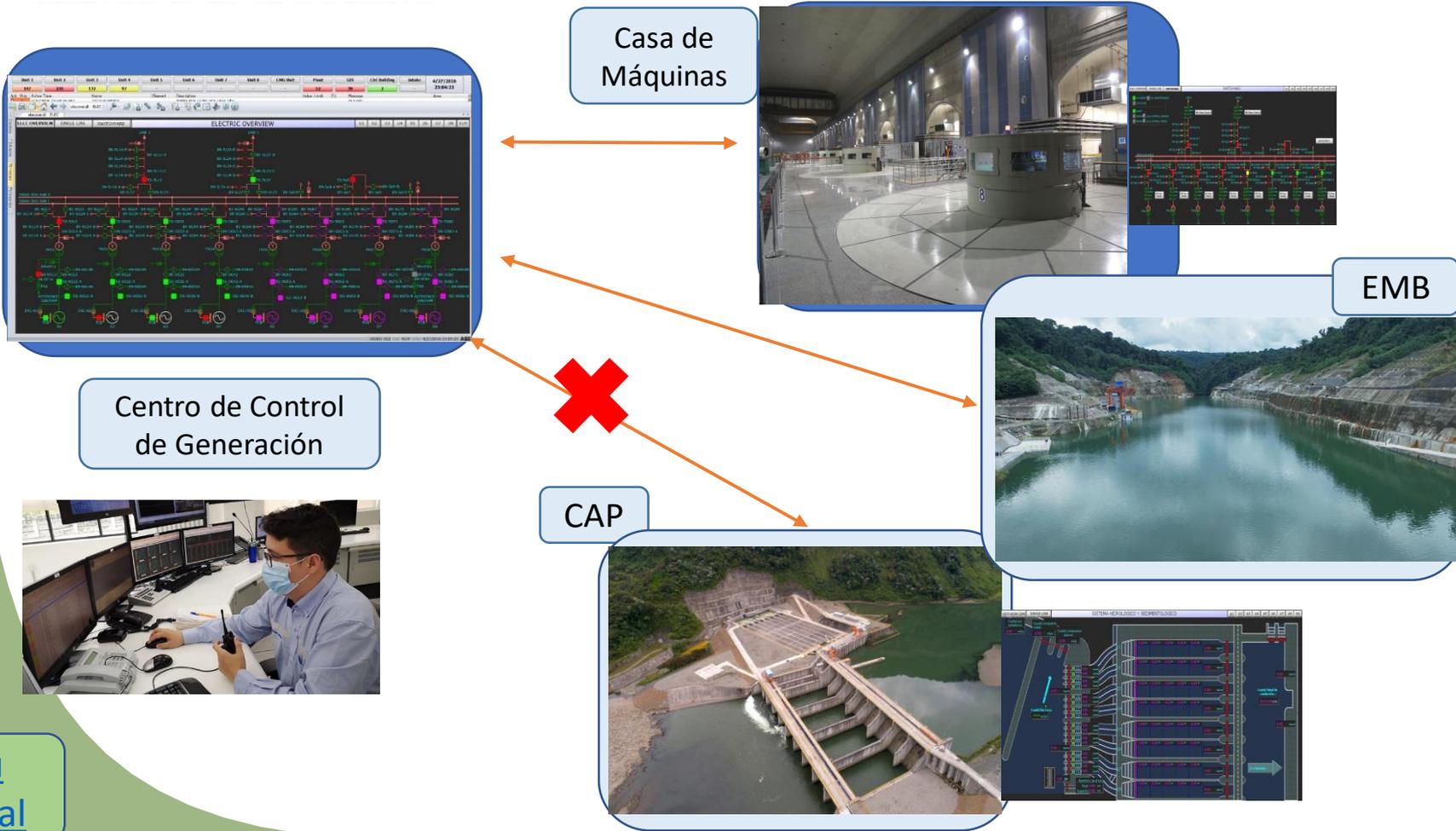
Diseño de Investigación

[Menú Principal](#)



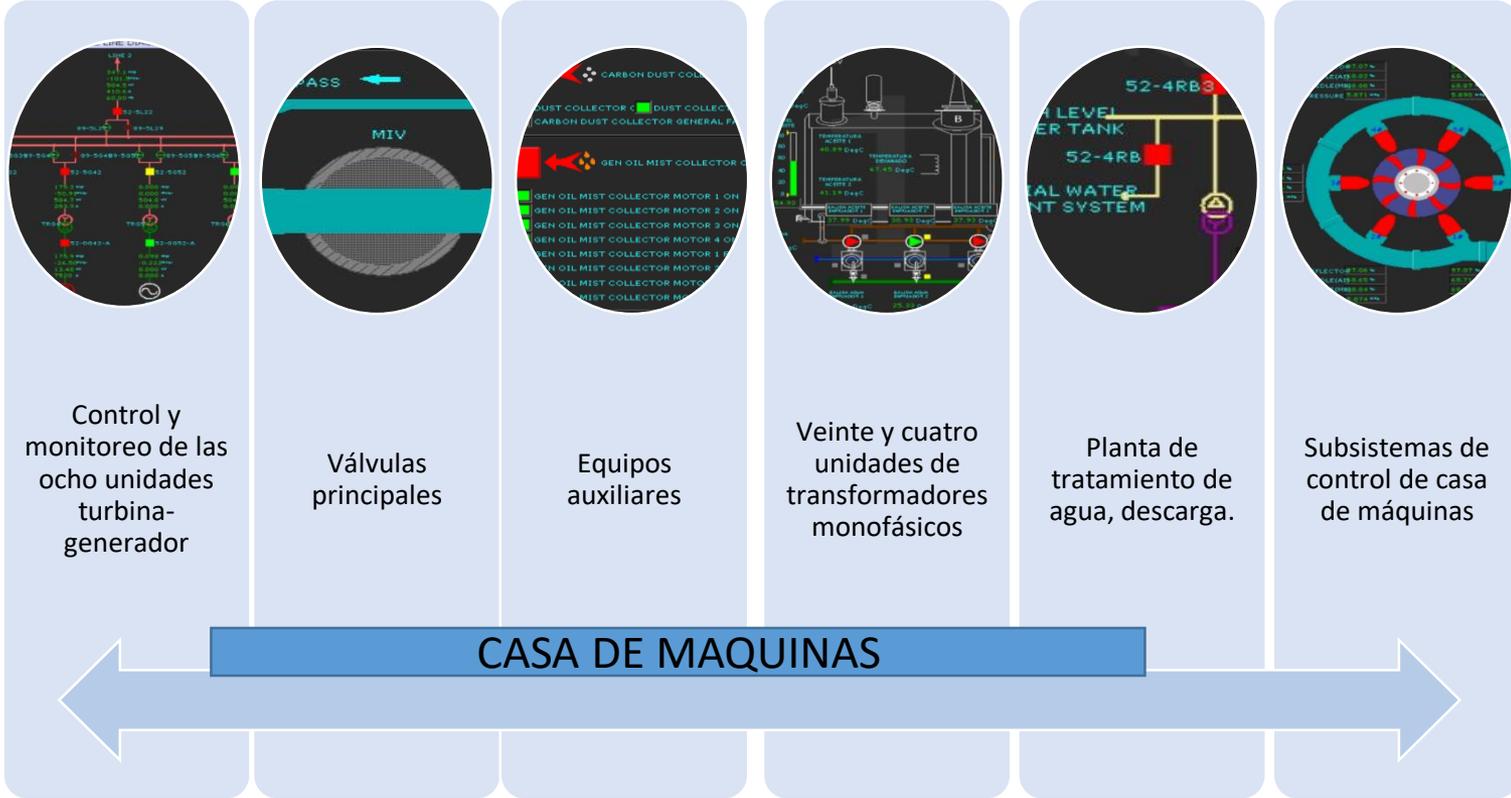


Análisis situacional Sistema SCADA General CHCCS





Control y monitoreo de los siguientes frentes de trabajo y sus sistemas. CDM



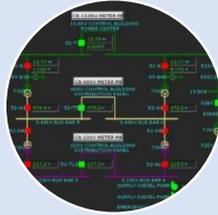
[Menú Principal](#)



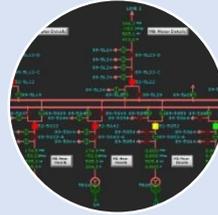


Sistema SCADA General CH Coca Codo Sinclair

Control y monitoreo de los siguientes frentes de trabajo y sus sistemas. EDC



Sistemas de distribución de medio y bajo voltaje



Patio de salida 500KV



Generador de emergencia.



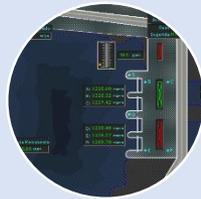
[Menú Principal](#)





Sistema SCADA General CH Coca Codo Sinclair

Control y monitoreo de los siguientes frentes de trabajo y sus sistemas. EMB



Niveles de agua del embalse



Control de apertura y cierre de las compuertas.

← EMBALSE COMPENSADOR →

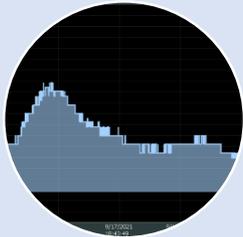
[Menú Principal](#)





Sistema SCADA General CH Coca Codo Sinclair

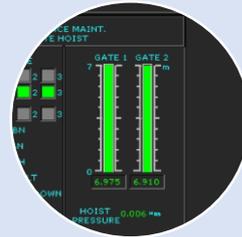
Control y monitoreo de los siguientes frentes de trabajo y sus sistemas.
CAP



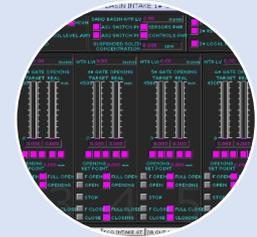
Niveles de caudal del río, niveles del cuenco.



Niveles concentración de partículas de los sedimentos a la entrada de la bocatoma



Control de apertura y cierre de las compuertas Radial, Plana, Ecológica entrada y salida de los desarenadores.



Adquisición de variables del sistema de tiramiento de sedimentos SEDICIÓN.

CAPTACIÓN DE AGUA

[Menú Principal](#)





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis situacional Red Industrial Captación de Agua

Desviación Río Coca

Ingresa Compuertas
Bocatoma

Bocatoma: 16
compuertas, 2 comp.
x/c DRNDR.

Sedicon: 8 DRNDS,
control sedimentos.

Existen sensores para
captura de datos.



[Menú
Principal](#)





ESPE

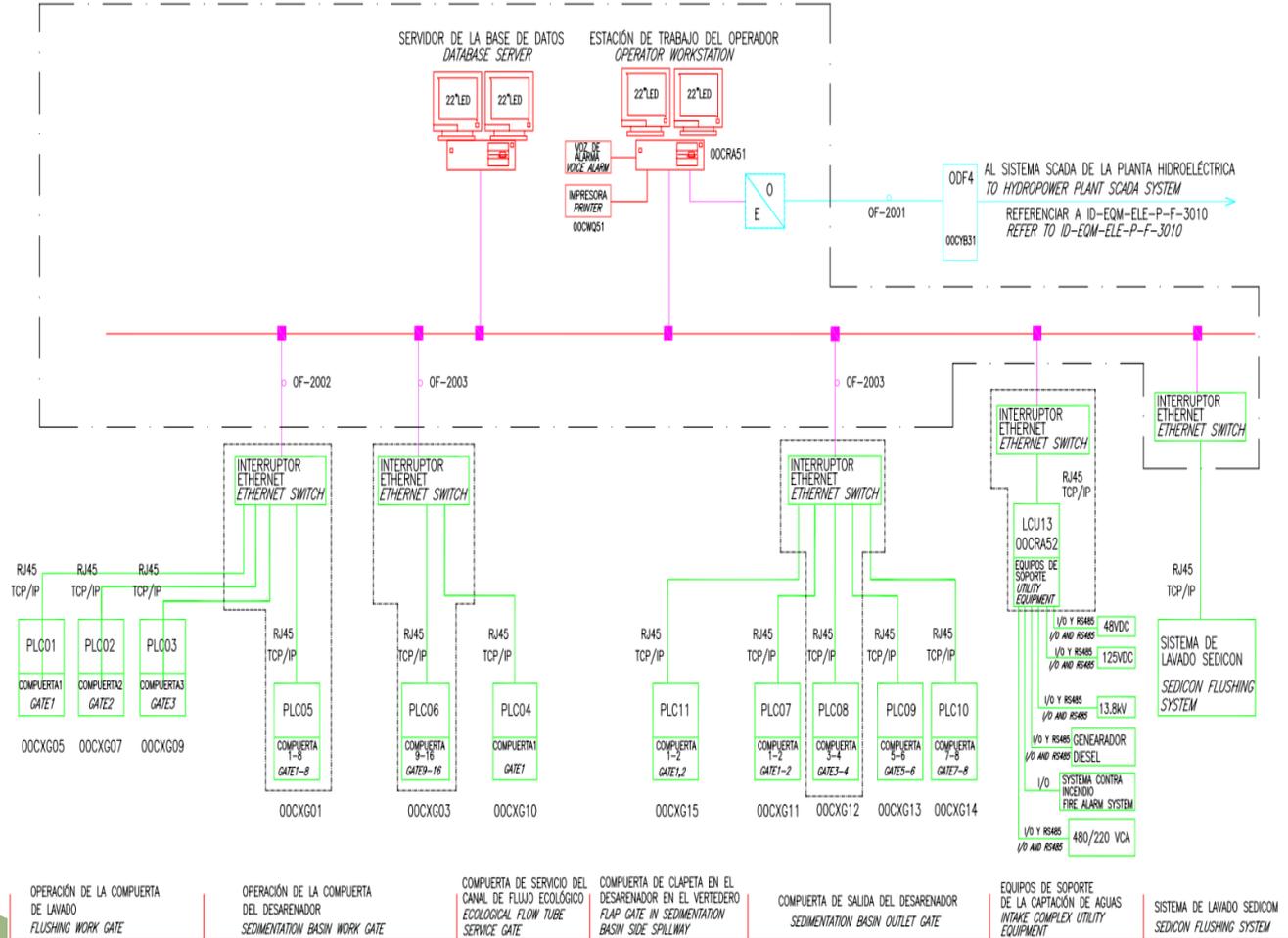
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis situacional Red Industrial Captación de Agua



[Menú Principal](#)





[Menú Principal](#)





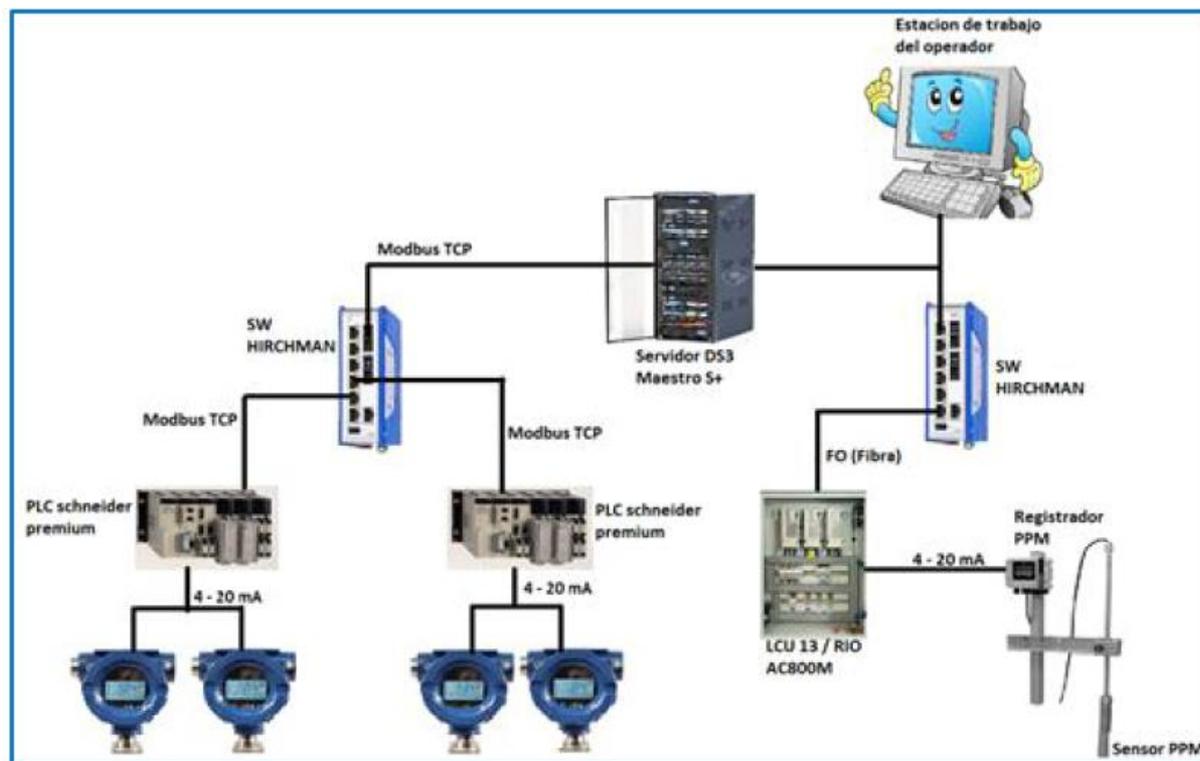
ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis Situacional Red Industrial Captación de Agua

Red Industrial Actual Datos a monitorear



[Menú Principal](#)



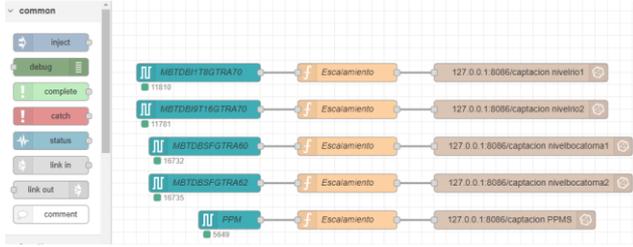
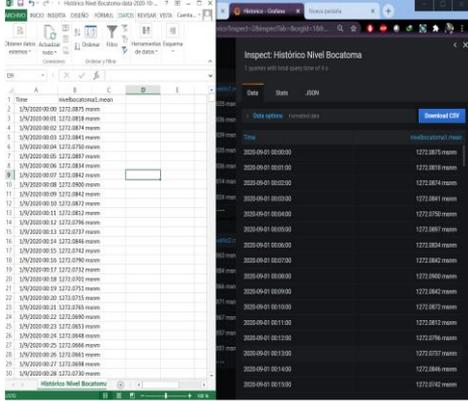
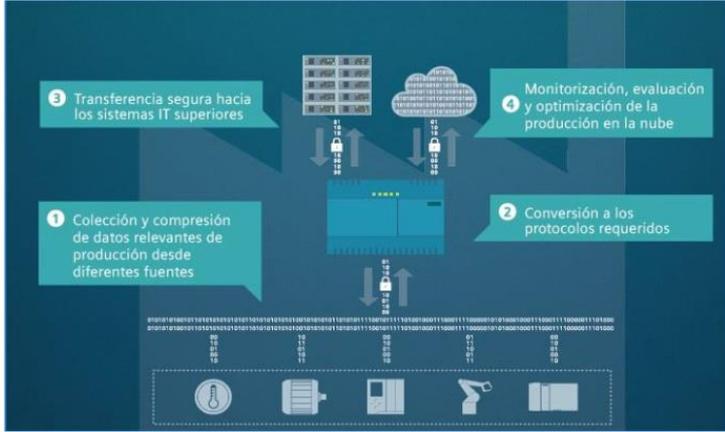


Planteamiento de la Solución al Problema

IloT

Arquitectura
Básica del IloT

Componentes

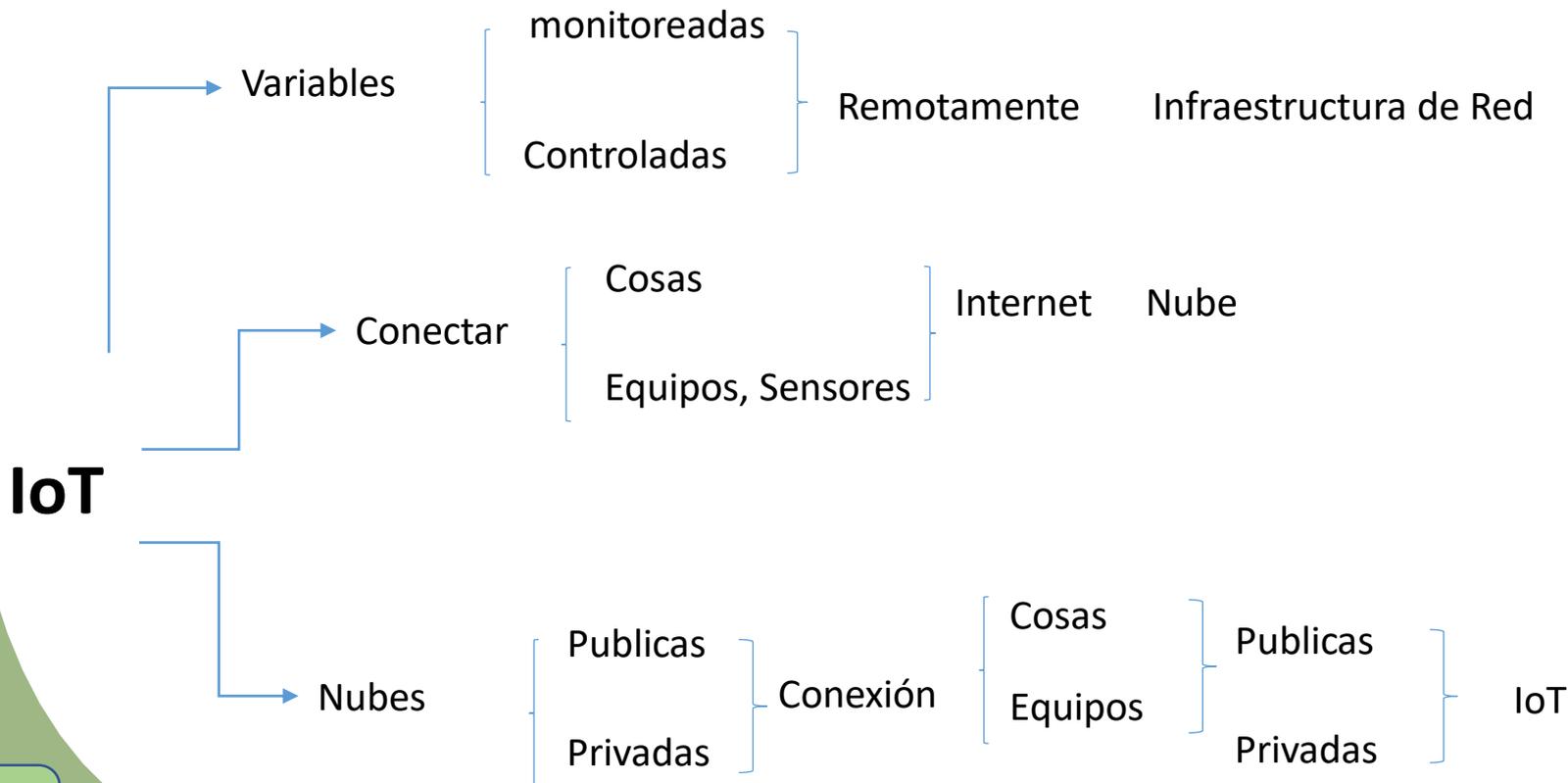


[Menú Principal](#)





Planteamiento de la Solución al Problema

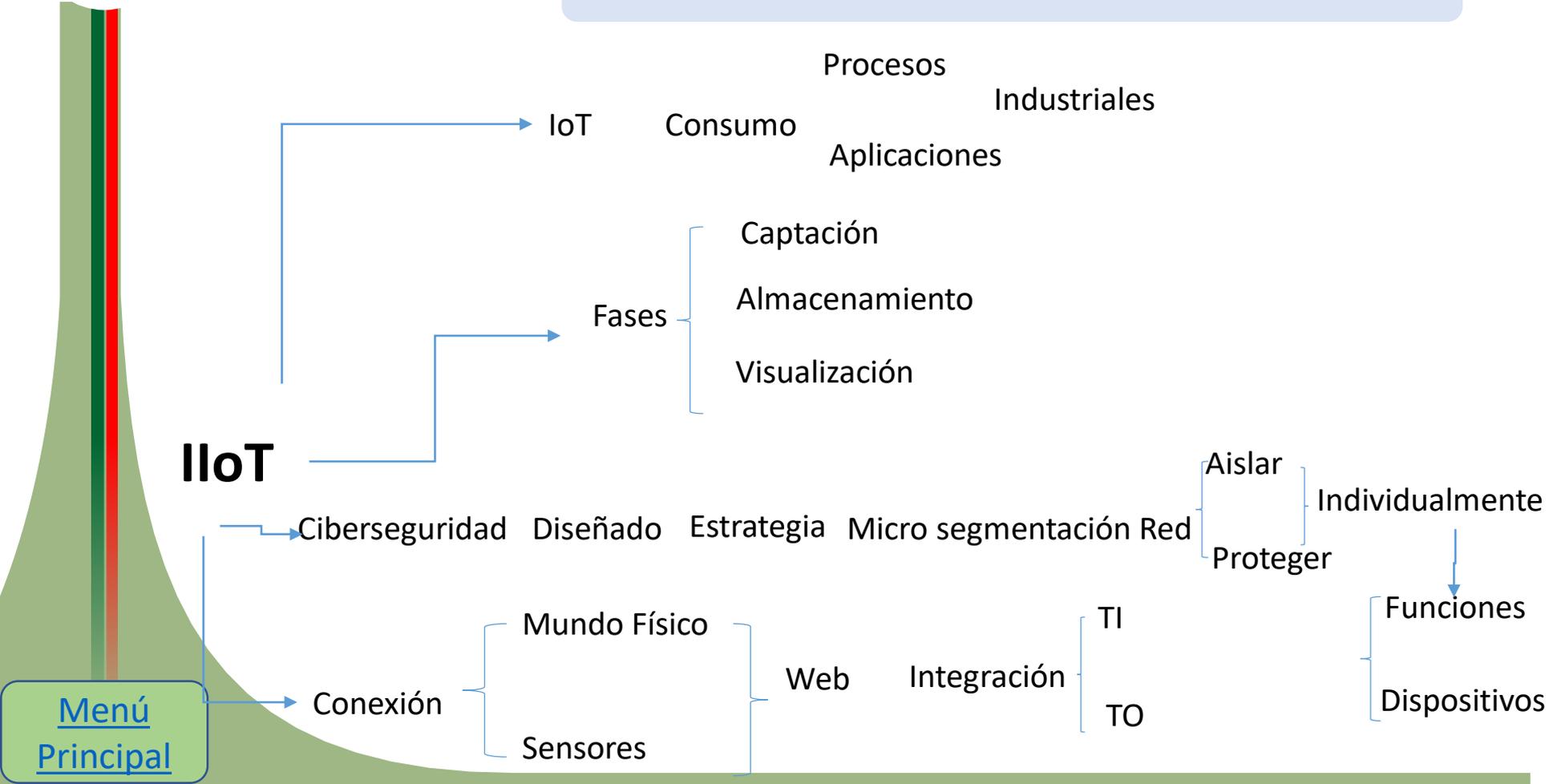


[Menú Principal](#)



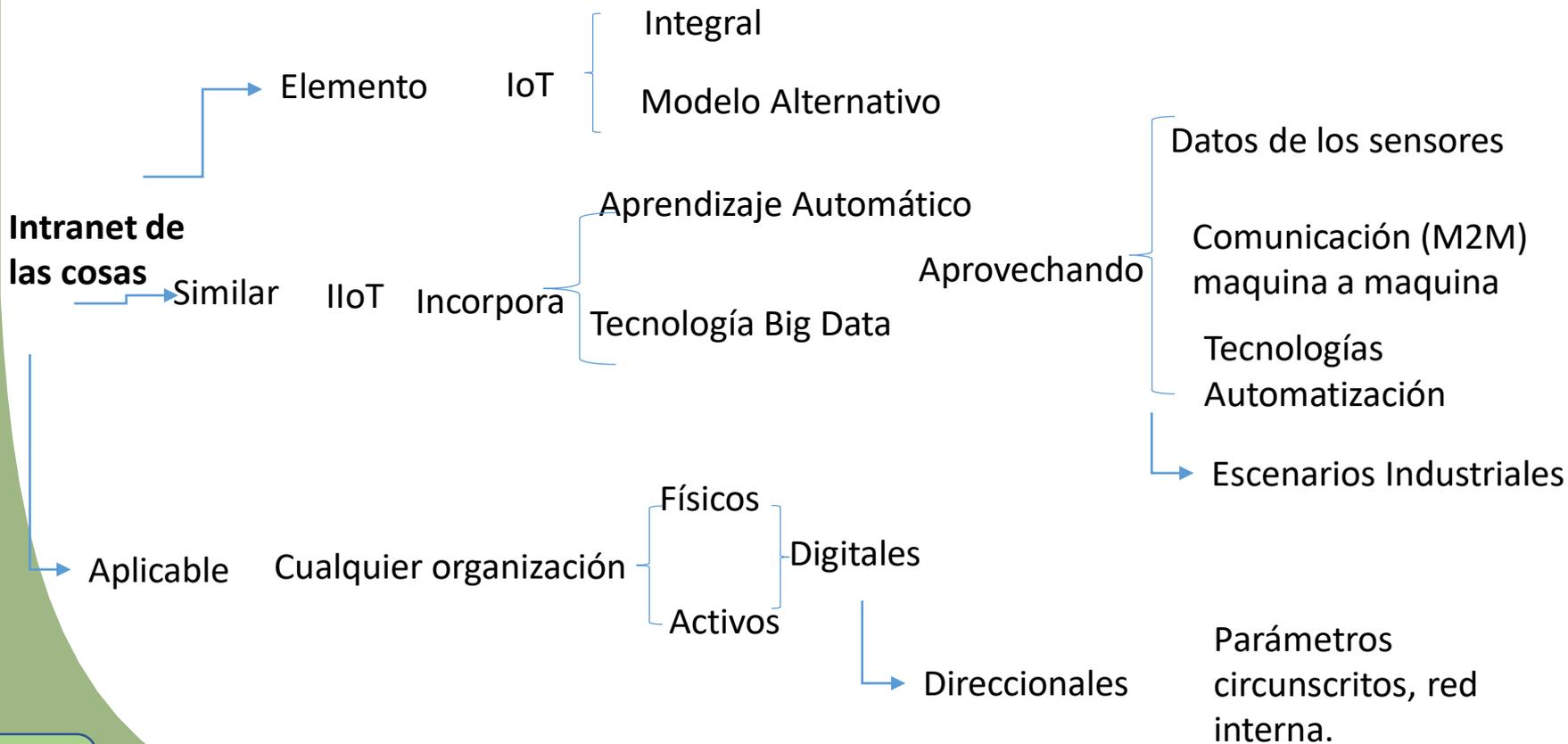


Planteamiento de la Solución al Problema





Planteamiento de la Solución al Problema

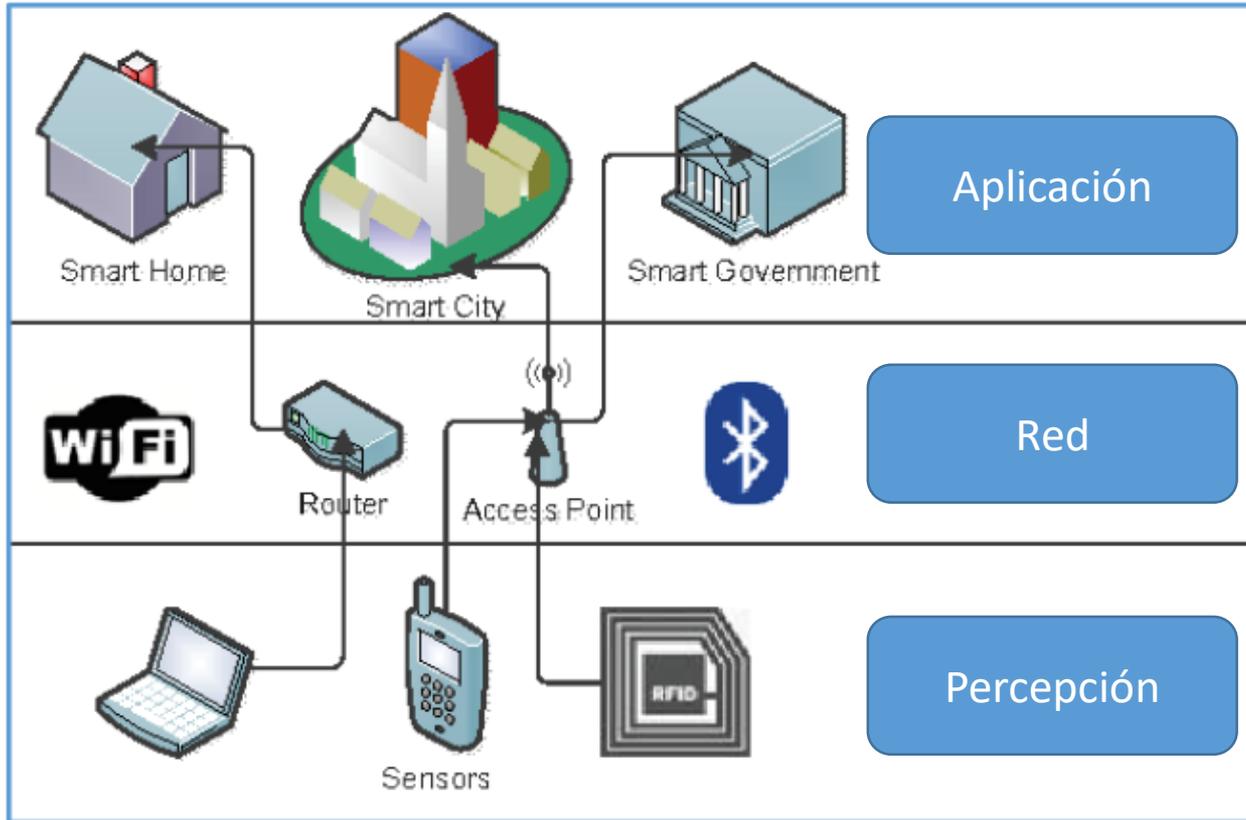


[Menú Principal](#)





Arquitectura Básica del IIoT



[Menú](#)
[Principal](#)





Componentes IIoT

Dispositivos inteligentes

- Sensores, controladores o dispositivos base
- Recopilan los diferentes datos

Puerta de enlace (gateway)

- Puede ser un dispositivo físico o software
- Hace posible la interconexión entre los sensores y los niveles de comunicación superiores
- Mediante diferentes protocolos y arquitecturas.

Plataforma /servidor local

- Encargada de administrar, recibir y procesar los mensajes, es la parte de software que conecta todo en un sistema IIoT

Aplicación

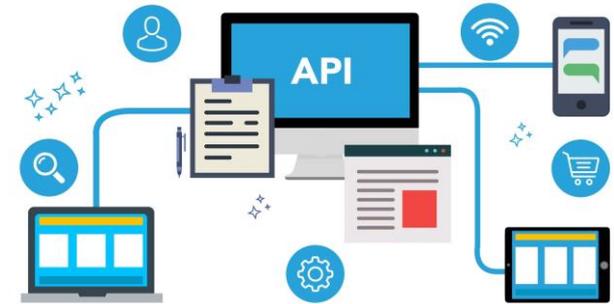
- Software que utiliza los datos recibidos por los dispositivos inteligentes y los procesa para mostrar el producto final.

[Menú](#)
[Principal](#)





APIs

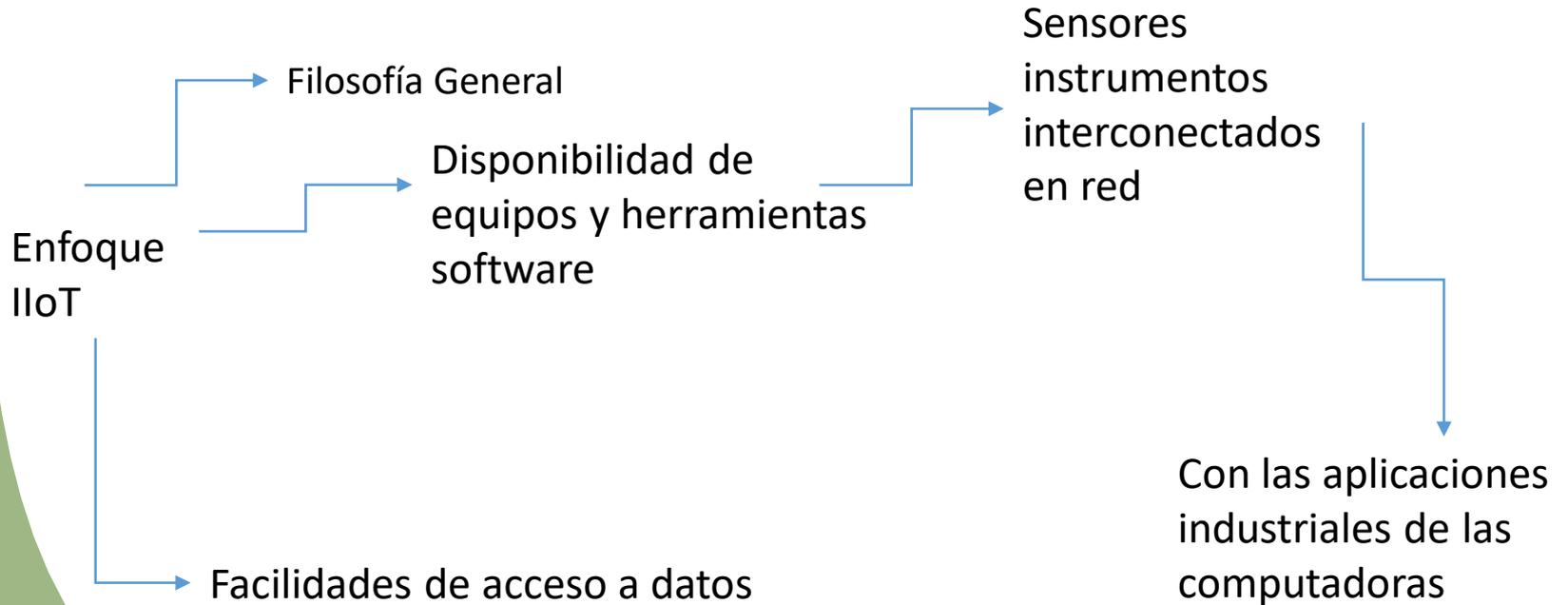


Conjunto de definiciones y protocolos que se utiliza para desarrollar e integrar el software de las aplicaciones.

Las API permiten que sus productos y servicios se comuniquen con otros, sin necesidad de saber cómo están implementados.

[Menú Principal](#)





[Menú Principal](#)

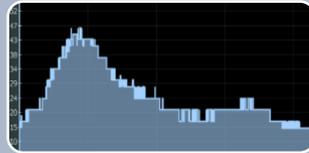




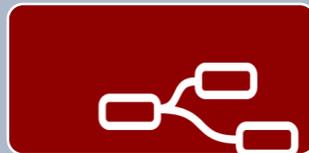
Planteamiento de la Solución al Problema



Requerimientos del Sistema SW/HW.



Adquisición de señales.



Integración de tecnologías.



Ingreso del sistema a la nube, red corporativa.

[Menú Principal](#)

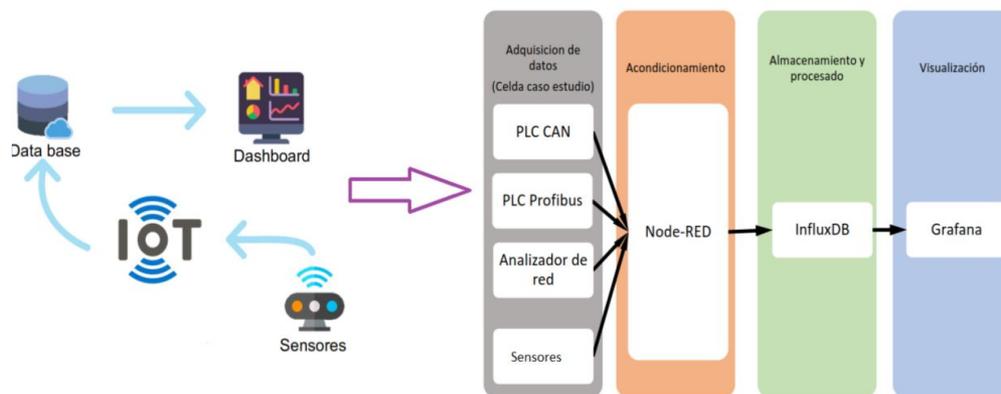
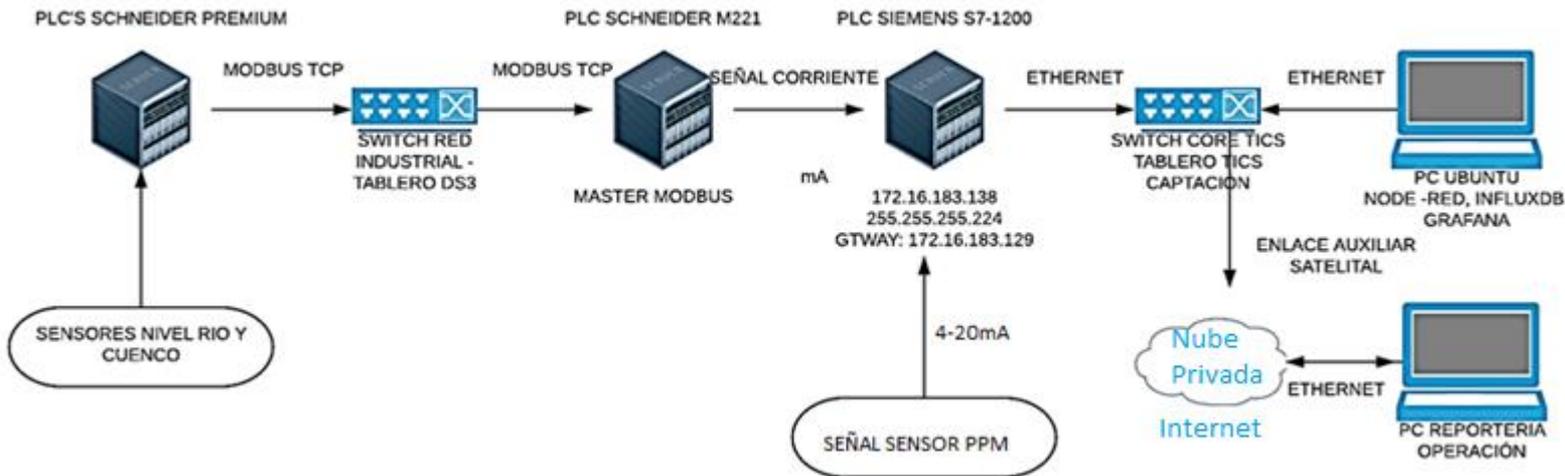




ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Planteamiento de la Solución al Problema



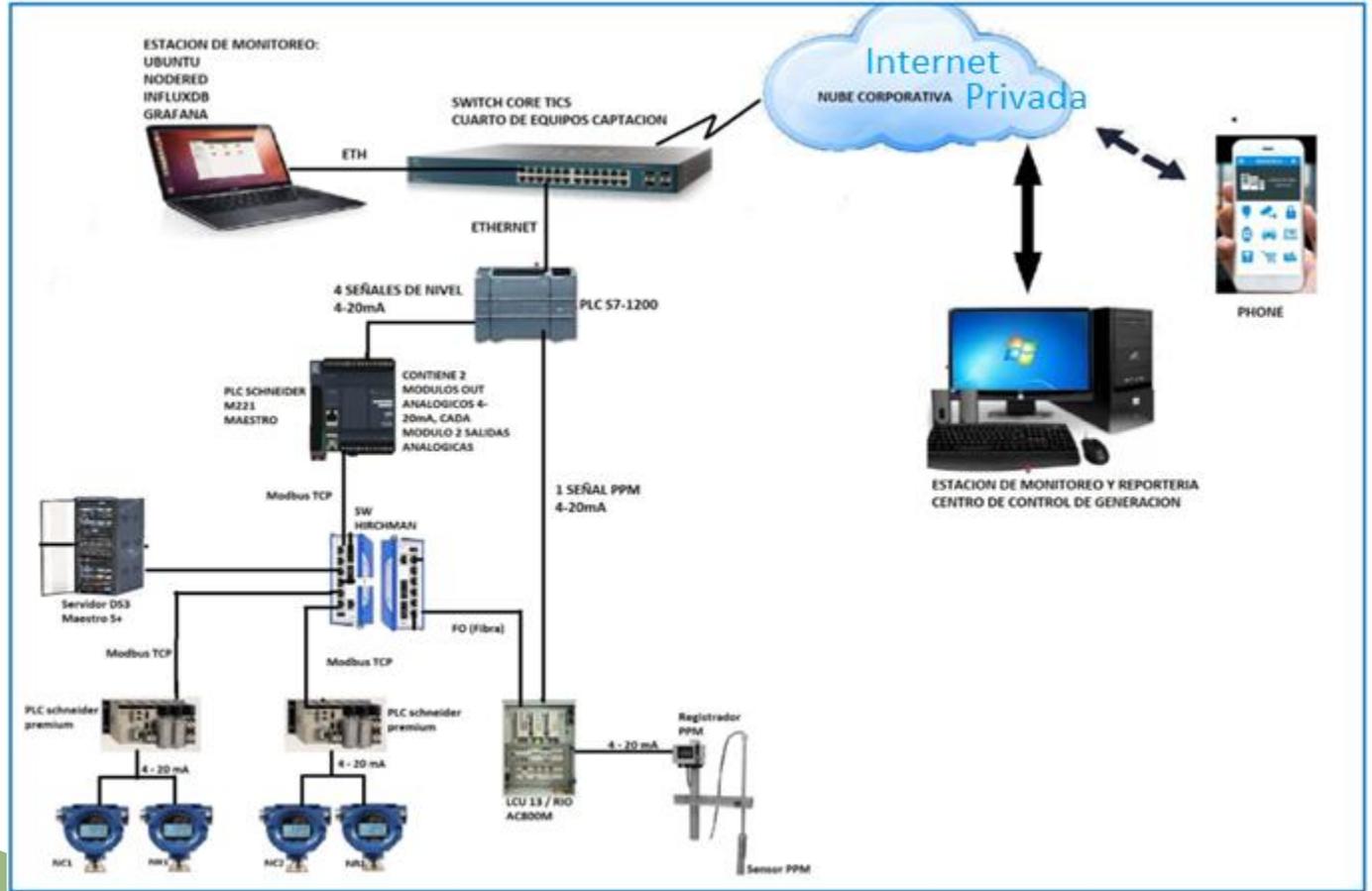
[Menú Principal](#)





Planteamiento de la Solución al Problema

Esquema General de Solución Red Industrial Alterna



[Menú
Principal](#)





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación

[Menú](#)
[Principal](#)





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación



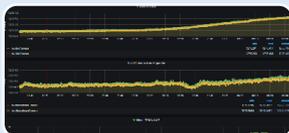
Requerimientos: Hardware y Software.



Adquisición de señales analógicas: PLC M221, PLC S7-1200.



Instalación de la estación de monitoreo: Node-RED, InfluxDB, Grafana.



Integración de Tecnologías: Adquisición con Node-RED, almacenamiento de datos en InfluxDB y visualización de datos en Grafana.

Time	Value 1	Value 2	Value 3	Value 4	Value 5
2023-10-27 10:10:00	10.5	20.1	30.2	40.3	50.4
2023-10-27 10:11:00	11.2	21.5	31.8	41.7	51.9
2023-10-27 10:12:00	12.0	22.3	32.5	42.4	52.6
2023-10-27 10:13:00	12.8	23.1	33.2	43.1	53.3
2023-10-27 10:14:00	13.5	23.9	33.9	43.8	54.0
2023-10-27 10:15:00	14.2	24.7	34.6	44.5	54.7
2023-10-27 10:16:00	15.0	25.5	35.3	45.2	55.4
2023-10-27 10:17:00	15.8	26.3	36.0	45.9	56.1
2023-10-27 10:18:00	16.5	27.1	36.7	46.6	56.8
2023-10-27 10:19:00	17.2	27.9	37.4	47.3	57.5

Pruebas de Funcionamiento

[Menú Principal](#)



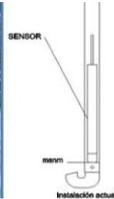


Recursos

Sensores del sistema
alternativo

Hardware

Software



Ítem	Descripción	Cantidad
1	PLC Schneider M221 TM221CE16R	1
2	Módulo de entradas y salidas analógicas TM3AM6G	2
3	PLC Siemens S7-1200	1
4	Módulo de entradas analógicas SM1234 AI4/AQ2	2
5	PC Lenovo L430	1
6	Patch cord RJ45 2m	3

Ítem	Descripción
1	So Machine, Programación PLC M221
2	Tía Portal, Programación PLC S7-1200
3	Ubuntu de Linux, S.O. para PC
4	Node-RED, Gateway IIoT
5	InfluxDB, Motor de BDD
6	Grafana, Dashboard

[Menú
Principal](#)





Adquisición de señales analógicas: PLC M221

Configuración Modbus TCP

- Adquisición de variables mediante Modbus, configuración interfaz ETH.

Configuración de bloques de comunicación, lectura de variables

- Adquisición de los valores registros Modbus, bloque de comunicación tipo Read_Var, configuración de sus propiedades.

Configuración de salidas analógicas

- Para el acondicionamiento de las salidas de los datos.

Interconexión salidas analógicas y espacio de memoria.

- Interconexión entre los espacios de memoria utilizados por Modbus y salidas analógicas en Ladder.

[Menú
Principal](#)





Implementación

Adquisición de señales analógicas: PLC S7-1200

Configuración de entradas analógicas

- Configuración 5 canales corresponden a 5 variables de monitoreo.

Configuración y almacenamiento de señales

- Lenguaje de programación bloques de función, añadiendo el bloque de datos "Data block", tipo "Global DB".

Lectura de entrada analógica

- Bloque de función MOVE lee el valor de la in analógica, y copia hacia la dirección de memoria del bloque de datos continuamente.

Conexión a la red corporativa

- Puerto Ethernet del PLC S7-1200 conectado al switch red corporativa.

[Menú Principal](#)



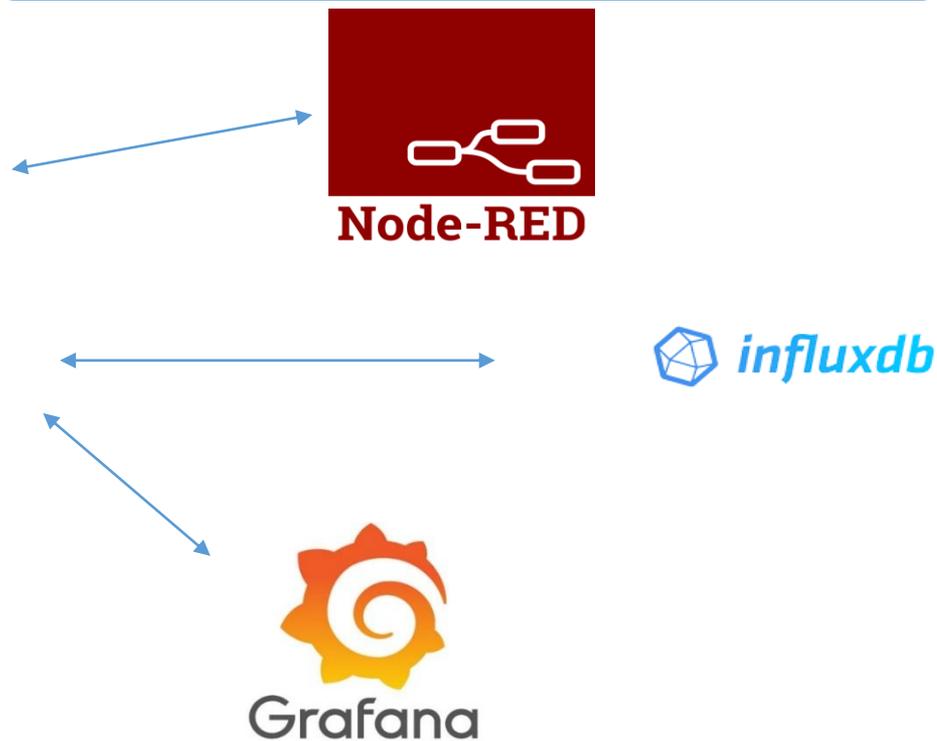


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación

Instalación de la estación de monitoreo:
Linux Ubuntu, Node-RED. InfluxDB, Grafana, la estación es ingresada a la red corporativa.



[Menú Principal](#)





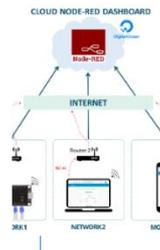
Implementación

Node-RED.

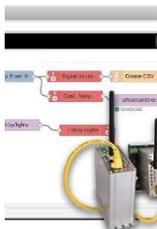


Node-RED

Es un gateway universal del IIoT.



Dedicado al diseño y prueba de soluciones para la comunicación de equipos de planta.



Gestiona datos en tiempo real para soluciones IoT, IIoT.



Permite conectar gráficamente bloques predefinidos, llamados nodos, para desarrollar una tarea concreta.



Los flujos programados en Node-RED se almacenan internamente en formato JSON.

[Menú Principal](#)





Implementación

InfluxDB



InfluxDB

- Base de datos basada en series de tiempo de código abierto que guarda series de datos indexadas a lo largo del tiempo.
- Permite la interacción vía API HTTP(S) (JSON) e interfaz web
- Los datos se gestionan con un lenguaje similar al SQL.

[Menú Principal](#)





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación

InfluxDB.- Los datos en IIoT son:



InfluxDB

Oportunos:

Tasas de eficiencia de las consultas son clave.

Precisos:

Integridad los datos y confiabilidad de la plataforma son importantes.

Accionables:

Visualización de datos, detección de anomalías y alertas son esenciales.

Implementables en el centro de datos y en el borde:

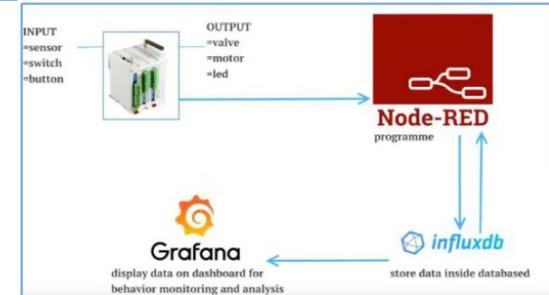
Implementaciones de IIoT luchan por encontrar datos eficientes y escalables.

[Menú](#)
[Principal](#)





Grafana



Grafana

- Herramienta de visualización de series de datos temporales.
- Visualiza datos en tiempo real de infraestructuras y aplicaciones o de servicios de monitorización.
- Escrita en lenguaje “Go” y tiene un API HTTP en dicho programa “open-source”.
- Crea entorno de visualización mediante la creación de “dashboards”.

[Menú](#)
[Principal](#)





Implementación

Adquisición de datos con Node-RED:
<http://localhost:1880/>

Librerías

- Instalación de librerías.

Adquisición de datos desde el PLC S7-1200

- S7-in.- leer los datos que contiene el PLC S7-1200

Acondicionamiento de datos

- Nodo Función ejecuta código JavaScript en los mensajes que se transmiten, aquí se realiza el acondicionamiento de las señales.

[Menú Principal](#)





Almacenamiento de datos en InfluxDB.- una vez adquiridos los datos y acondicionados, se almacenará en la base de datos creada.

tail

influxdb out

influx batch

influxdb out

A simple influxdb output node to write values and tags to an influxdb measurement.

node-red-contrib-influxdb : influxdb out

Configuración de Propiedades

- Propiedades del servidor donde se encuentra instalado, puerto, nombre.

Node-RED

Flow 1

MBTDBI1T8GTRA70 18478

MBTDBI9T16GTRA70 18474

MBTDBSFGTRA60 21614

MBTDBSFGTRA62 21527

PPM

Escalamiento

127.0.0.1:8086/captacion nivelrio1

127.0.0.1:8086/captacion nivelrio2

127.0.0.1:8086/captacion nivelbocotoma1

127.0.0.1:8086/captacion nivelbocotoma2

127.0.0.1:8086/captacion PPMS

[Menú Principal](#)





Implementación

Visualización de los datos en Grafana, <http://172.16.183.137:3000>.

Visualización

Configuración de accesos a usuarios.

Configuración de la Base de Datos, enlace fuente de datos InfluxDB con Grafana, nombre de BD.

Diseño de Dashboards

Configuración y extracción de datos históricos

Login	Email	Name	Seen	Role
Operator	Operator	Operator	13m	Viewer
admin	admin@localhost		< 1m	Admin

Data Sources / captacion2020

Type: InfluxDB

Settings

Name: captacion2020 Default

Query Language: InfluxQL

HTTP

URL: http://localhost:8086

Access: Server (default) [Help >](#)

Whitelisted Cookies: Add Name

Historico Nivel Rio

Time	nivelrio1.mean
2021-05-11 10:18:00	1276.4254 msnm
2021-05-11 10:19:00	1276.4255 msnm
2021-05-11 10:20:00	1276.4247 msnm
2021-05-11 10:21:00	1276.4252 msnm
2021-05-11 10:22:00	1276.4249 msnm
2021-05-11 10:23:00	1276.4235 msnm
2021-05-11 10:24:00	1276.4232 msnm

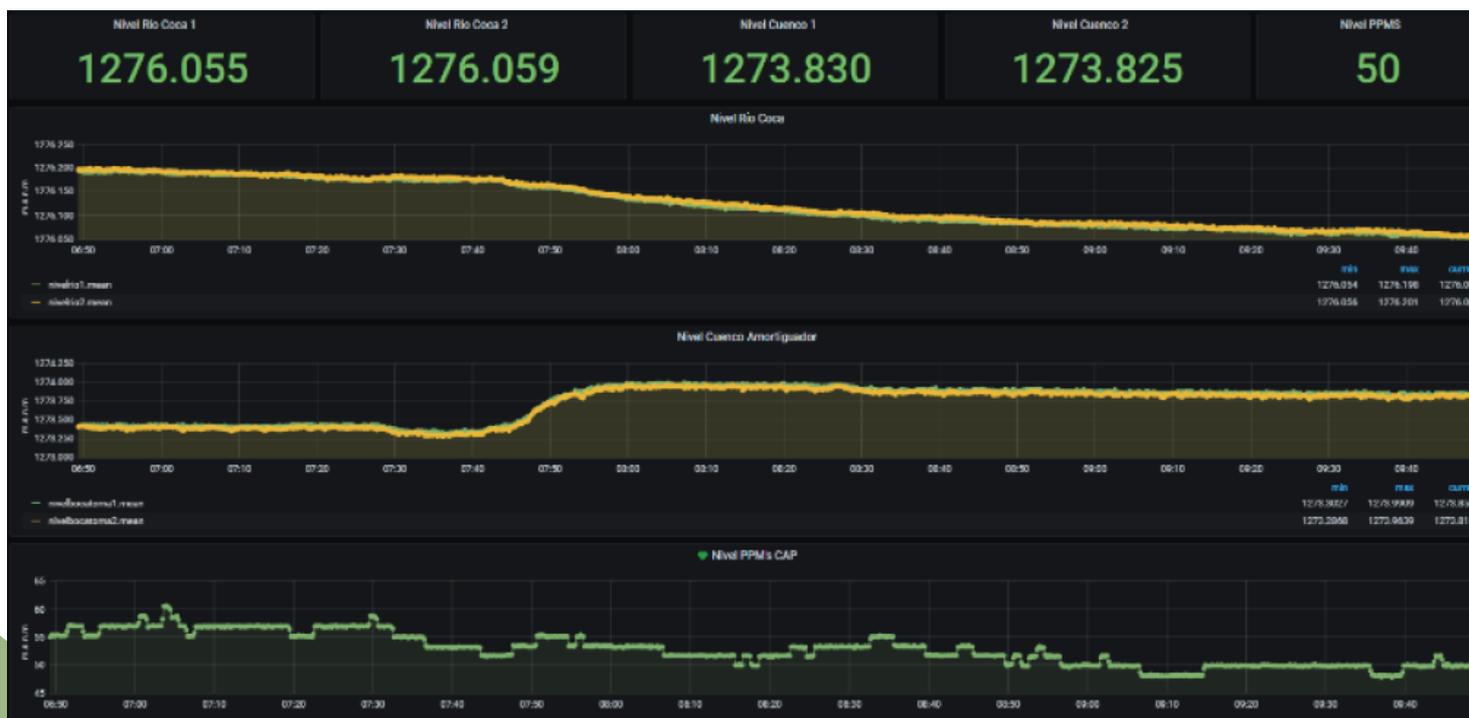
[Menú Principal](#)





Implementación

Adquisición de datos con Grafana: Dashboard de visualización, monitoreo de datos operativos.



[Menú Principal](#)





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Pruebas de Funcionamiento y Evaluación del Sistema

[Menú
Principal](#)





Pruebas de Funcionamiento y Evaluación del Sistema

Ingreso al Sistema de Monitoreo Alterno

http:\\172.16.183.137:3000.

Bienvenidos a Grafana
Democratizar los datos

Correo electrónico o nombre de usuario

Contraseña

Iniciar sesión

[¿Olvidaste tu contraseña?](#)

Dashboards

Starred dashboards

- CAPTACION
- HISTORICO

Recently viewed dashboards

- CAPTACION
- HISTORICO



Historico Nivel Río

Time	nivelrio1.mean
2021-05-12 20:47:00	1277.1403 msnm
2021-05-12 20:48:00	1277.1386 msnm
2021-05-12 20:49:00	1277.1387 msnm
2021-05-12 20:50:00	1277.1375 msnm
2021-05-12 20:51:00	1277.1369 msnm
2021-05-12 20:52:00	1277.1352 msnm
2021-05-12 20:53:00	1277.1357 msnm

Menú
Principal





Pruebas de Funcionamiento y Evaluación del Sistema

Ubicación geográfica de los frentes de trabajo CH Coca Codo Sinclair.



[Menú Principal](#)





Pruebas de Funcionamiento y Evaluación del Sistema

Monitoreo Remoto de datos desde Sala Centro de Control de Generación desde una estación de trabajo con conexión a internet y en la red corporativa:



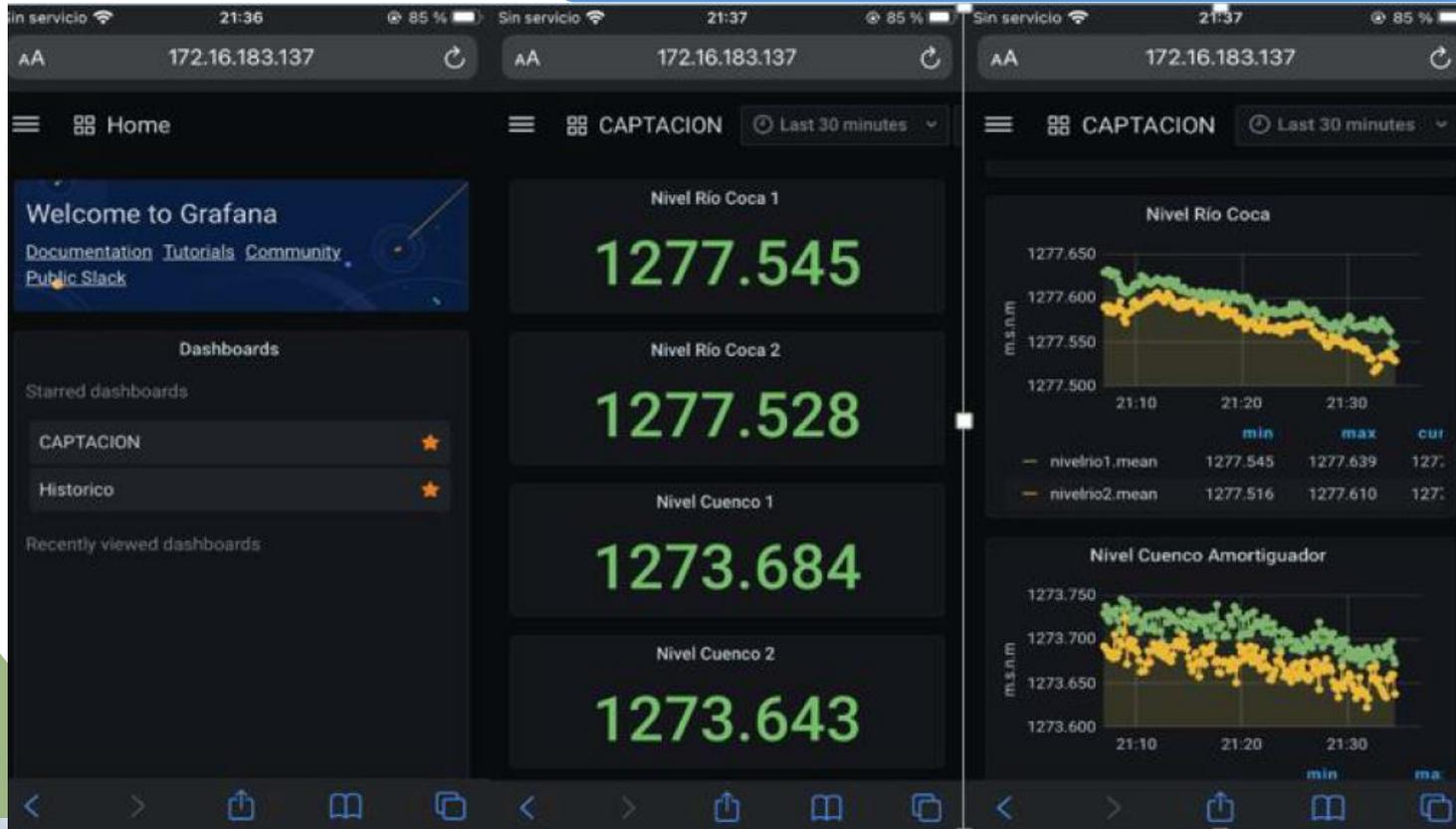
[Menú Principal](#)





Pruebas de Funcionamiento y Evaluación del Sistema

Monitoreo Remoto de datos desde un dispositivo móvil con conexión a internet y en la red corporativa:



[Menú Principal](#)





Pruebas de Funcionamiento y Evaluación del Sistema

Comprobación de la Hipótesis de Investigación

El sistema alternativo implementado realiza el monitoreo remoto de los datos ubicados en la Captación de Agua desde el centro de Control de Generación de la Central, a través de un computador o dispositivo móvil (celular) con conexión a internet en la red corporativa, para lo cual no es necesario la presencia del personal de operación en sitio para la toma de datos.

[Menú](#)
[Principal](#)





Pruebas de Funcionamiento y Evaluación del Sistema

Nivel de aceptación del Sistema por los usuarios finales:

Pregunta	Respuesta		Numero de Encuestados
	Aceptable	No Aceptable	
¿Cree usted, es fácil de usar el sistema implementado?	11	1	12
¿La herramienta proporcionada es útil para sus funciones en el trabajo?	11	1	12
¿Los datos obtenidos son confiables?	12	0	12
¿Con la herramienta implementada se puede obtener datos históricos?	12	0	12
¿La herramienta de software ha presentado problemas en su funcionamiento?	11	1	12
Aceptación favorable	11,4		95%
Aceptación desfavorable		0,6	5%

[Menú Principal](#)





Prueba de conectividad con la estación remota desde el Centro de Control de Generación:

cmd Símbolo del sistema

```
Microsoft Windows [Versión 10.0.19042.685]  
(c) 2020 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.
```

```
C:\Users\magaly.arroba>ping 172.16.183.137
```

```
Haciendo ping a 172.16.183.137 con 32 bytes de datos:
```

```
Respuesta desde 172.16.183.137: bytes=32 tiempo=27ms TTL=55
```

```
Respuesta desde 172.16.183.137: bytes=32 tiempo=30ms TTL=55
```

```
Respuesta desde 172.16.183.137: bytes=32 tiempo=16ms TTL=55
```

```
Respuesta desde 172.16.183.137: bytes=32 tiempo=15ms TTL=55
```

```
Estadísticas de ping para 172.16.183.137:
```

```
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0  
(0% perdidos),
```

```
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
```

```
Mínimo = 15ms, Máximo = 30ms, Media = 22ms
```

[Menú Principal](#)





Pruebas de Funcionamiento y Evaluación del Sistema

Diagnóstico de Red :

```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.19042.685]
(c) 2020 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\magaly.arroba>tracert 172.16.183.137

Traza a la dirección sedicon4.celec.gob.ec [172.16.183.137]
sobre un máximo de 30 saltos:

  1    6 ms    60 ms    21 ms    172.16.189.1
  2   43 ms    13 ms    15 ms    192.168.99.5
  3    *      *      *      Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
  4   18 ms    20 ms    27 ms    10.221.180.89
  5   16 ms    18 ms    17 ms    10.201.222.2
  6   16 ms     *      28 ms    10.68.80.25
  7    *      *      *      Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
  8   17 ms    16 ms    17 ms    192.168.99.42
  9   18 ms    64 ms    23 ms    192.168.99.86
 10   23 ms    19 ms    16 ms    sedicon4.celec.gob.ec [172.16.183.137]

Traza completa.
```

[Menú Principal](#)





Pruebas de Funcionamiento y Evaluación del Sistema

Tablas comparativas de datos tomados desde el sistema SCADA existente y el sistema alternativo implementado:

Dato Operativo	Valor SCADA (msnm)	Valor sistema alternativo IloT (msnm)
Nivel de agua del Rio 1	1275.93	1275.932
Nivel de agua del Rio 2	1275.93	1275.932
Nivel de agua Cuenco 1	1273.34	1273.364
Nivel de agua Cuenco 2	1273.34	1273.325
PPM	71	72

Dato Operativo	Valor SCADA (msnm)	Valor sistema alternativo IloT (msnm)
Nivel de agua del Rio 1	1276.95	1276.965
Nivel de agua del Rio 2	1275.94	1275.946
Nivel de agua Cuenco 1	1273.64	1273.618
Nivel de agua Cuenco 2	1273.52	1273.548
PPM	144	143

Dato Operativo	Valor SCADA (msnm)	Valor sistema alternativo IloT (msnm)
Nivel de agua del Rio 1	1276.16	1276.161
Nivel de agua del Rio 2	1276.15	1276.162
Nivel de agua Cuenco 1	1273.60	1273.473
Nivel de agua Cuenco 2	1273.47	1273.389
PPM	52.3	52

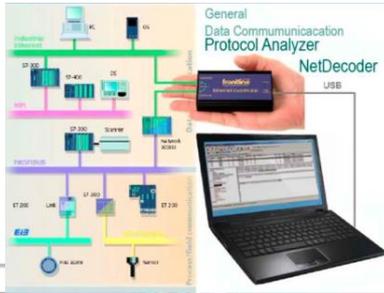
[Menú Principal](#)





Pruebas de Funcionamiento y Evaluación del Sistema

Diagnóstico de Comunicación Modbus:



Unfiltered Ethernet ARP LLDP LLC 802.2 802.1D - STP IPv4 IPv6 TCP UDP Modbus TCP Modbus									
SSDP Sybase TDS Data Errors									
B...	Frame#	Node Type	Source Address	Trans. ID	Length	Unit	Fram...	Delta	Timestamp
1	1	Master	172.16.8.25	20	5	1	65	00:00:00:021000	29/1/2021 15:25:19.830000
11	11	Master	172.16.8.217	21	6	1	66	00:00:00:021000	29/1/2021 15:25:19.854000
13	13	Slave	172.16.8.13	21	5	1	65	00:00:00:008000	29/1/2021 15:25:19.862000
23	23	Master	172.16.8.217	22	6	1	66	00:00:00:007000	29/1/2021 15:25:19.869000
25	25	Slave	172.16.8.14	22	5	1	65	00:00:00:013000	29/1/2021 15:25:19.882000
35	35	Master	172.16.8.217	23	6	1	66	00:00:00:007000	29/1/2021 15:25:19.889000
37	37	Slave	172.16.8.25	23	5	1	65	00:00:00:015000	29/1/2021 15:25:19.904000
38	38	Master	172.16.8.217	24	6	1	66	00:00:00:003000	29/1/2021 15:25:19.907000
39	39	Slave	172.16.8.25	24	5	1	65	00:00:00:014000	29/1/2021 15:25:19.921000
49	49	Master	172.16.8.217	25	6	1	66	00:00:00:031000	29/1/2021 15:25:19.952000
51	51	Slave	172.16.8.13	25	5	1	65	00:00:00:009000	29/1/2021 15:25:19.961000
61	61	Master	172.16.8.217	26	6	1	66	00:00:00:007000	29/1/2021 15:25:19.968000
63	63	Slave	172.16.8.14	26	5	1	65	00:00:00:014000	29/1/2021 15:25:19.982000
73	73	Master	172.16.8.217	27	6	1	66	00:00:00:007000	29/1/2021 15:25:19.989000
76	76	Slave	172.16.8.25	27	5	1	65	00:00:00:016000	29/1/2021 15:25:20.005000
77	77	Master	172.16.8.217	28	6	1	66	00:00:00:003000	29/1/2021 15:25:20.008000
79	79	Slave	172.16.8.25	28	5	1	65	00:00:00:013000	29/1/2021 15:25:20.021000
		Master	172.16.8.217	29	6	1	66	00:00:00:031000	29/1/2021 15:25:20.052000

B...	Frame#	Source	Destination	Type	Function	Adre...	Number	Byte...	Value	Ex
1	1	172.16.8.25	172.16.8.217	Normal	Read Input Registers	537	Field			
	11	172.16.8.217	172.16.8.13	Normal	Read Input Registers	70	1			
	13	172.16.8.13	172.16.8.217	Normal	Read Input Registers	70	1	2		
	23	172.16.8.217	172.16.8.14	Normal	Read Input Registers	70	1			
	25	172.16.8.14	172.16.8.217	Normal	Read Input Registers	70	1	2		
	35	172.16.8.217	172.16.8.25	Normal	Read Input Registers	60	1	2		
	37	172.16.8.25	172.16.8.217	Normal	Read Input Registers	62	1	2		
	38	172.16.8.217	172.16.8.25	Normal	Read Input Registers	62	1	2		
	39	172.16.8.25	172.16.8.217	Normal	Read Input Registers	70	1	2		
	49	172.16.8.217	172.16.8.13	Normal	Read Input Registers	70	1	2		
	51	172.16.8.13	172.16.8.217	Normal	Read Input Registers	70	1	2		
	61	172.16.8.217	172.16.8.14	Normal	Read Input Registers	70	1	2		
	63	172.16.8.14	172.16.8.217	Normal	Read Input Registers	60	1	2		
	73	172.16.8.217	172.16.8.25	Normal	Read Input Registers	60	1	2		
	76	172.16.8.25	172.16.8.217	Normal	Read Input Registers	62	1	2		
	77	172.16.8.217	172.16.8.25	Normal	Read Input Registers	62	1	2		
	78	172.16.8.25	172.16.8.217	Normal	Read Input Registers	70	1	2		
	88	172.16.8.217	172.16.8.13	Normal	Read Input Registers	70	1	2		
	91	172.16.8.13	172.16.8.217	Normal	Read Input Registers	70	1	2		
	101	172.16.8.217	172.16.8.14	Normal	Read Input Registers	70	1	2		

[Menú Principal](#)





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Pruebas de Funcionamiento y Evaluación del Sistema

Evaluación del Sistema

Sistema Alternativo para Monitoreo de Datos Operativos con Enfoque IloT.	Operativo/OK	En falla
Disponibilidad del sistema	X	
Recepción de la información	X	
Monitoreo Remoto de datos	X	
Perdidas en la transmisión de los datos	No existe pérdidas	
Diagnóstico de la Red	X	
Diagnóstico de comunicación	X	
Caídas del sistema	No existe caídas recurrentes	
Fallas en el enlace satelital	No existe fallas del enlace recurrentes	
Numero de fallas del sistema durante el tiempo de pruebas	No existe fallas	
Datos erróneos en muestras tomadas	No existe errores	
Aceptación del sistema por el área operativa	X	

[Menú Principal](#)





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Conclusiones y Recomendaciones

[Menú](#)
[Principal](#)





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

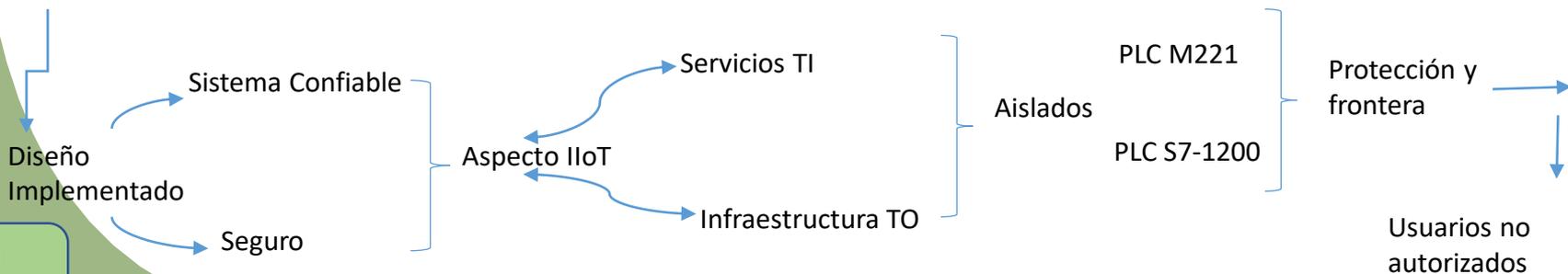
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Conclusiones

Mediante el uso de plataformas con enfoque IIoT se logró: Adquisición → Almacenamiento → Visualización

Para la implementación se utilizó aplicaciones opensource:

Node Red → InfluxDB → Grafana → Integración → TI TO



[Menú Principal](#)

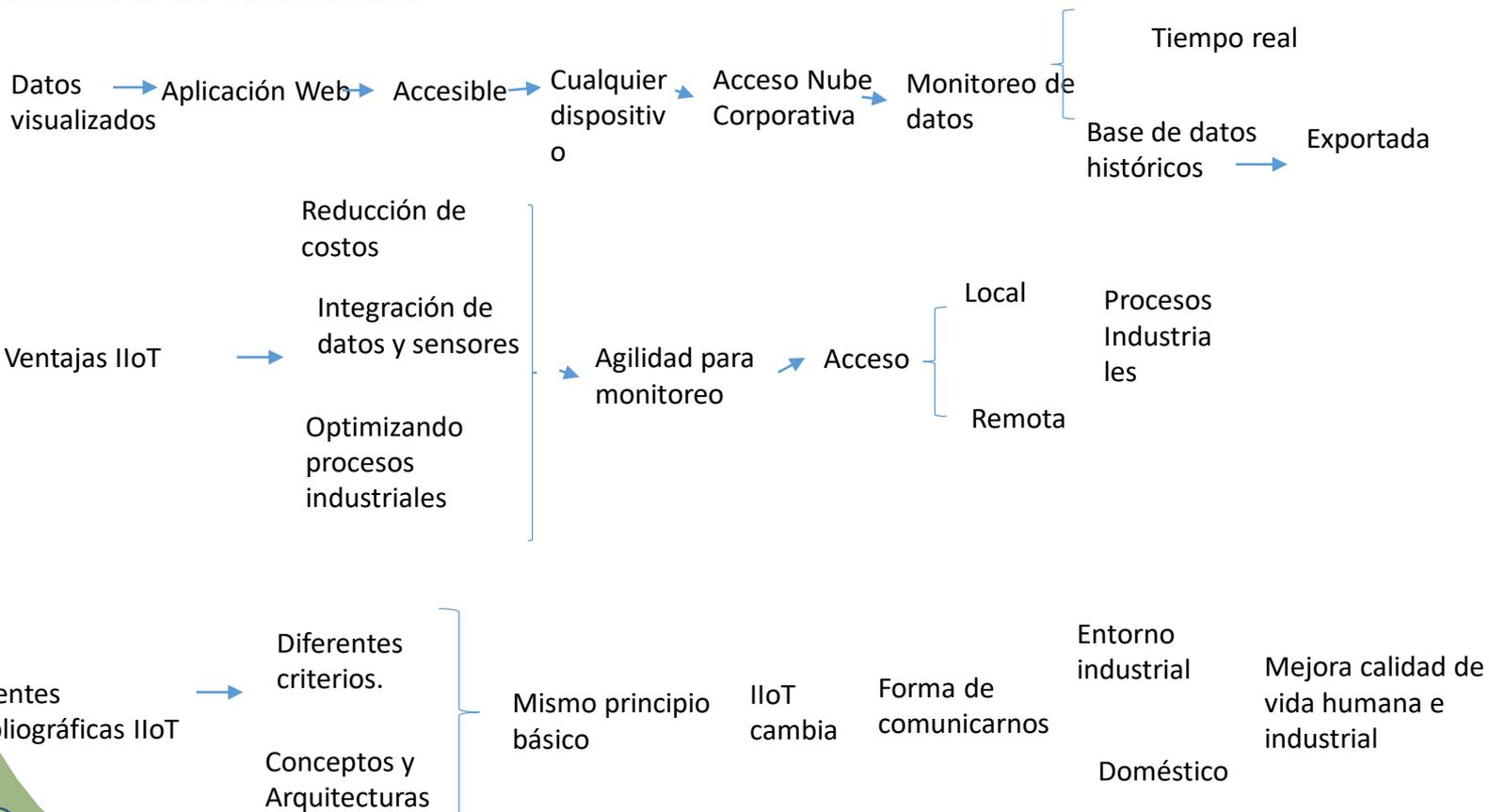




ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Conclusiones



[Menú Principal](#)





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Recomendaciones

Se recomienda realizar un análisis exhaustivo de las herramientas de hardware y software a utilizar, tener presente que los dispositivos utilizados deben ser compatibles para su correcto funcionamiento.

Es recomendable aportar con soluciones económicamente viables, eficaces y de fácil implementación, debido a que actualmente muchas empresas se encuentran atravesando una difícil situación económica.

Para este tipo de aplicaciones IIoT, si bien es cierto los datos van a estar en la nube, se recomienda tomar acciones de ciberseguridad. En el presente proyecto se aisló la red SCADA y corporativa para evitar que la red industrial se exponga a ataques externos.

[Menú Principal](#)





Recomendaciones

Se recomienda investigar e implementar sistemas IIoT en plataformas existentes, ya que, con el uso de herramientas opensource y con poca inversión en hardware, mediante el uso de estas plataformas IIoT se pueden crear potentes aplicaciones no solo para monitoreo, sino también para análisis y uso de los datos en tiempo real.

[Menú Principal](#)





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Gracias

[Menú](#)
[Principal](#)

