



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

**Artículo Académico Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en
Electrónica e Instrumentación**

**ASISTENTE DE ENTRENAMIENTO PARA PROCESOS INDUSTRIALES MEDIANTE REALIDAD
AUMENTADA**

Autores:

Romero López, Jonathan Alexis
Quero Caiza, Washington Daniel

Dr. Andaluz Ortiz, Víctor Hugo *Director*
Ing. Sánchez Mosquera, Jorge Sául *Codirector*



Acceptance Notification

- > Paper ID: CP3086
- > Paper Title: Training Assistant for Industrial Processes through Augmented Reality
- > Authors: Jonathan Romero, Washington Quero, Jorge Sánchez and Víctor Andaluz

To whom it may concern,

2019 11th International Conference on Education Technology and Computers (ICETC 2019) will be held in Amsterdam, Netherlands during October 28-31, 2019. It is sponsored by International Association of Computer Science and Information Technology and technically assisted by many universities and institutes. Its objective is to serve as a platform for researchers, engineers, academicians as well as industrial professionals from all over the world to present their research results and development activities in Education Technology and Computers.

Based on the reviewers' comment and recommendation, we're glad to inform that the abstract identified above is accepted for oral presentation at ICETC 2019 and will be published in the International Conference Proceedings Series by [ACM \(ISSN: 978-1-4503-7254-1\)](#)

OR

[Journal of Industrial and Intelligent Information](#)

On behalf of the organizing committee, we cordially invite the authors to attend the conference and present the paper at ICETC 2019 in Amsterdam, Netherlands during October 28-31, 2019.

We're looking forward to meeting you in Amsterdam!



[DOI: doi.org/10.1145/3369255.3369295](https://doi.org/10.1145/3369255.3369295)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Itinerario del Día

- 1 Introducción
- 2 Técnicas de Identificación
- 3 Modelación Matemática
- 4 Entorno Aumentado
- 5 Resultados Obtenidos
- 6 Conclusiones



Itinerario del Día

- 1 **Introducción**
- 2 Técnicas de Identificación
- 3 Modelación Matemática
- 4 Entorno Aumentado
- 5 Resultados Obtenidos
- 6 Conclusiones



1. Introducción

1.2 Problemática



Es prohibido transferir el entorno industrial.



Capacitación a los operadores reducida



Errores humanos en procedimientos de mantenimiento

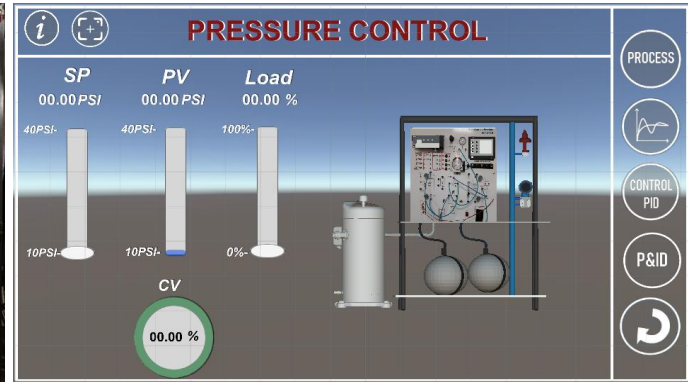
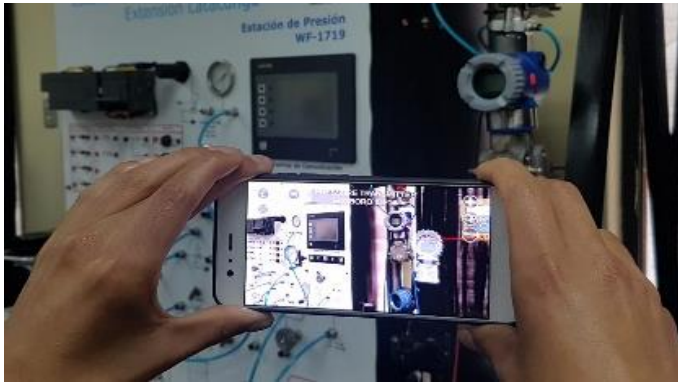


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

1. Introducción

1.3 Objetivo General

Desarrollar un **sistema de entrenamiento** para la implementación del **controlador PID**, que permita simular el comportamiento de los **procesos de caudal y presión** del laboratorio de control de procesos del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, mediante **realidad aumentada**.



1. Introducción

1.4 Objetivos Específicos

Realizar una investigación bibliográfica de realidad aumentada para el desarrollo de la aplicación.

Obtener marcadores de los diferentes equipos e instrumentos industriales para la identificación en realidad aumentada mediante un dispositivo móvil.

Modelar matemáticamente el comportamiento de los procesos industriales de caudal y presión, a fin de simular el algoritmo de control PID en lazo cerrado.

Validar el modelo matemático que representa el comportamiento de un proceso industrial de caudal y presión, con el propósito de desarrollar el algoritmo de control PID en lazo cerrado.

1. Introducción

1.4 Objetivos Específicos

Proponer un método de sintonía para el controlador PID de los procesos industriales de caudal y presión, a fin de que las salidas del proceso sigan los valores de referencia colocados por el usuario.

Desarrollo de la aplicación móvil del asistente de procesos industriales para la implementación de modelos CAD, animaciones y controlador PID.

Validar los resultados obtenidos de la aplicación de realidad aumentada con los procesos industriales de caudal y presión que se disponen en el laboratorio de control de procesos del Departamento de Eléctrica y Electrónica.

Realizar un test de usabilidad de la aplicación AR, con alumnos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, a fin de estimar la facilidad de uso de la aplicación.

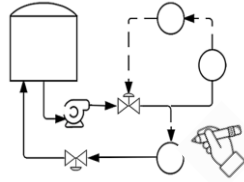
1. Introducción

1.5 Arquitectura Del Proyecto

Digitalization of the 3D object



P&ID diagram design



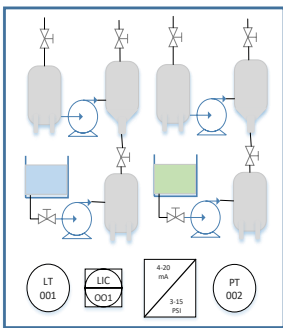
Creation of database



Animations



Industrial Process, Instruments and Equipment



Process behaviour



Mathematical modeling of the process



3D modeling



Development of the application environment



APK generation



Itinerario del Día

- 1 Introducción
- 2 Técnicas de Identificación
- 3 Modelación Matemática
- 4 Entorno Aumentado
- 5 Resultados Obtenidos
- 6 Conclusiones



2. Técnicas De Identificación

2.1 Arquitectura De Identificación

DATOS
INDUSTRIALES



DIGITALIZACIÓN

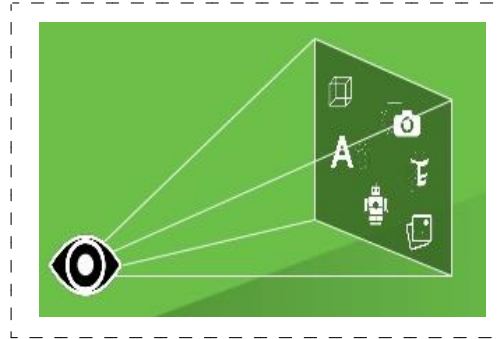
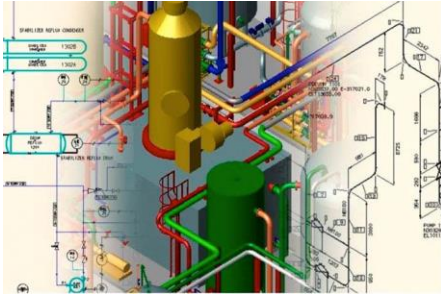


BASE DE DATOS

P
R
O
C
E
S
O
S



D
I
A
G
R
A
M
A
S



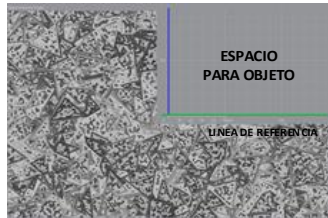
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

2. Técnicas de Identificación

2.2 Identificación 3d/ 2d

El objetivo es obtener un conjunto de puntos característicos que permitan identificar de manera rápida cada objeto.

IDENTIFICACIÓN 3D



REFERENCIA



ESCANER

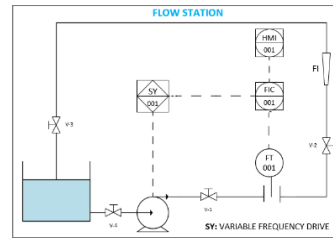


OBTENCION DE PUNTOS
CARACTERISTICOS

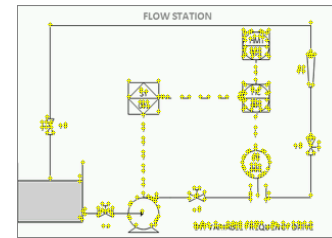


VALIDACIÓN

IDENTIFICACIÓN 2D



DISEÑO



OBTENCION DE PUNTOS
CARACTERISTICOS



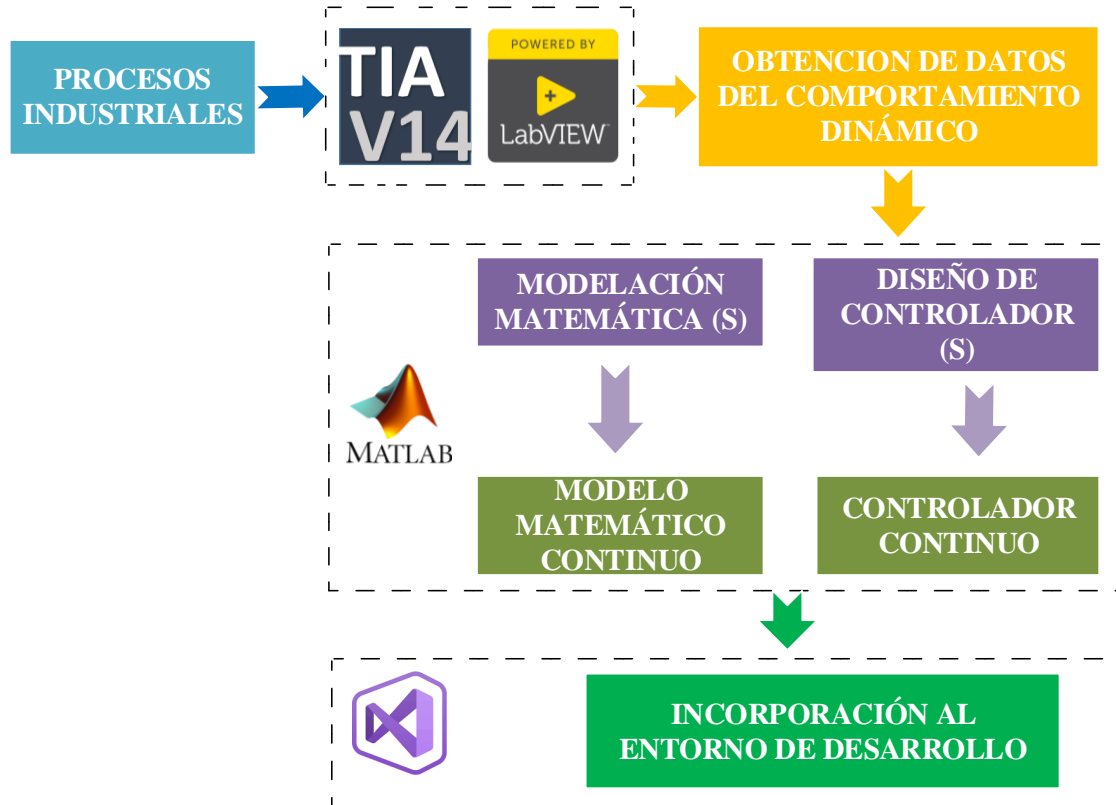
Itinerario del Día

- 1 Introducción
- 2 Técnicas de Identificación
- 3 **Modelación Matemática**
- 4 Entorno Aumentado
- 5 Resultados Obtenidos
- 6 Conclusiones



3. Modelación Matemática

3.1 Arquitectura de la Modelación Matemática



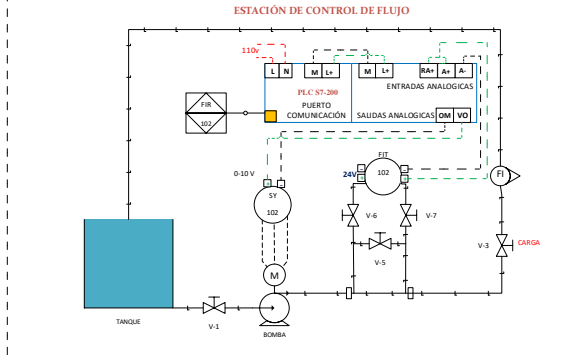
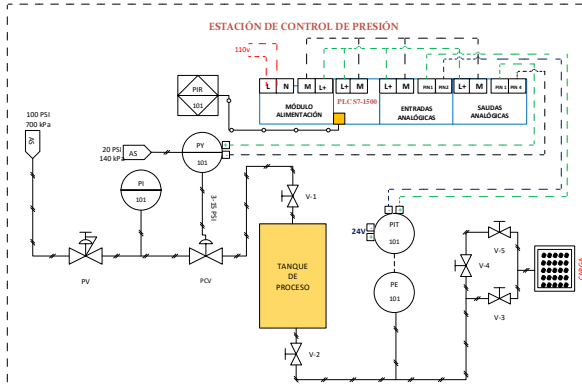
3. Modelación Matemática

3.2 Obtención de Datos -TIA Portal V4

PROCESOS INDUSTRIALES

PLC

HMI

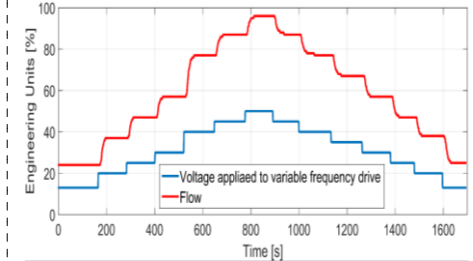


TIA V14

+

LabVIEW

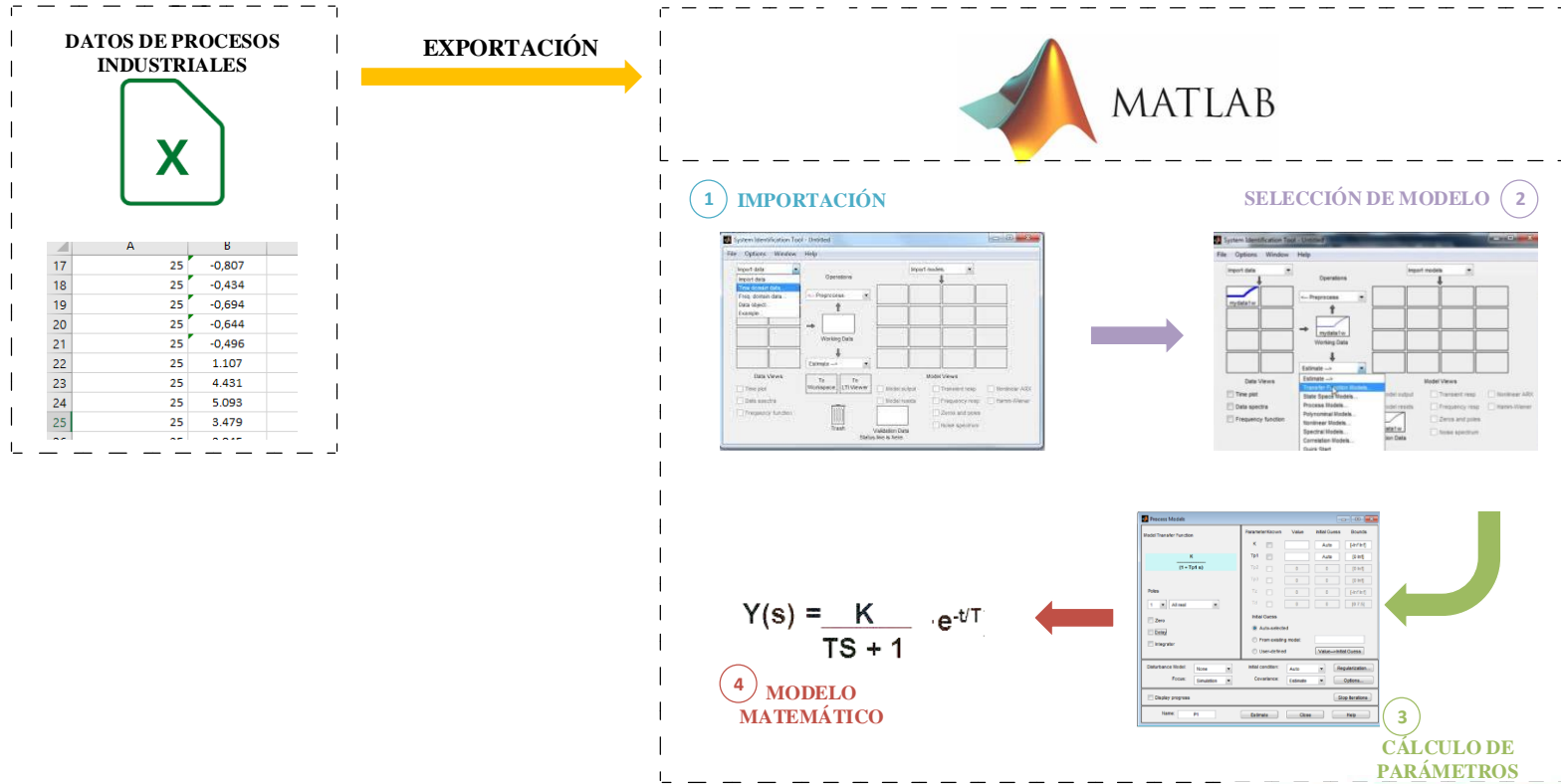
ex



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

3. Modelación Matemática

3.3 Obtención de Modelo Matemático - MATLAB

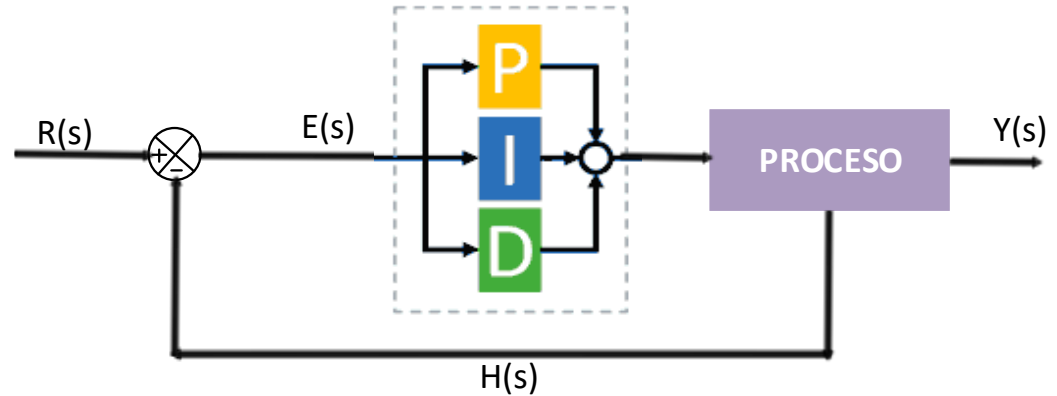


3. Modelación Matemática

3.4 Controlador – PID

El control PID es un mecanismo de control que a través de un lazo de retroalimentación permite regular variables de un proceso.

El controlador PID calcula la diferencia entre nuestra variable real contra la variable deseada.



$$FT(s) = K_P \left(1 + \frac{1}{T_i S} + T_d S \right)$$

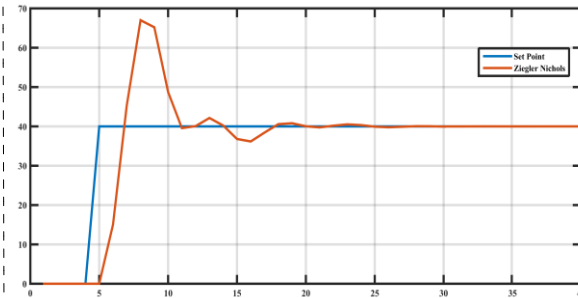
3. Modelación Matemática

3.5 Sintonización Caudal

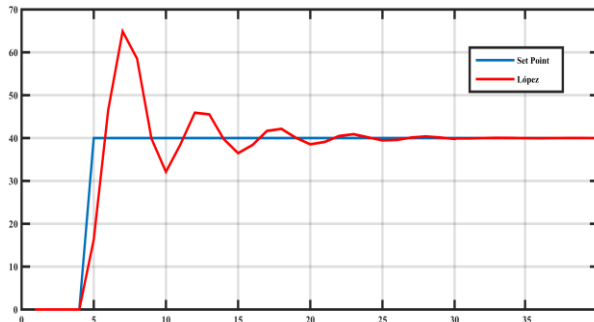
$$Q_{out}(s) = \frac{1.9211}{1.2168s + 1} e^{-0.7023s}$$

Método	Kp	Ti	Td
Ziegler Nichols	1.0822	1.4046	0.3511
Halman	0.6012	1.2168	0
López	0.1716	1.6916	1.0552

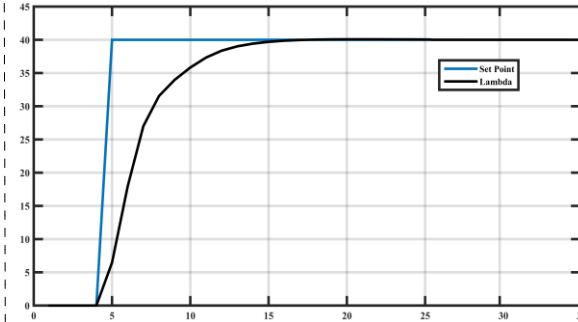
ZIEGLER NICHOLS



HALMAN



LÓPEZ



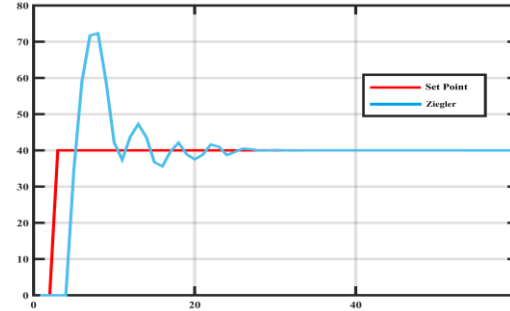
3. Modelación Matemática

3.6 Sintonización Presión

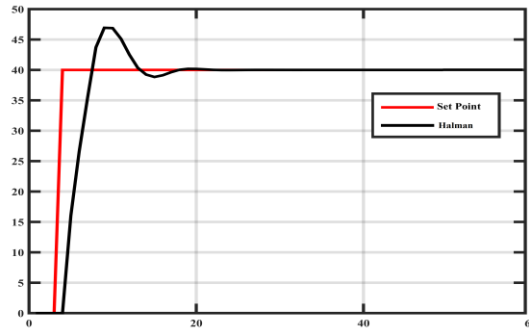
$$P_{out}(s) = \frac{2.5011}{71.127s + 1} e^{-1.0514s}$$

Método	Kp	Ti	Td
Ziegler Nichols	32.4576	2.1089	0.5257
Lamba	0.3998	71.6527	0.5218
Halman	18.0320	71.127	0

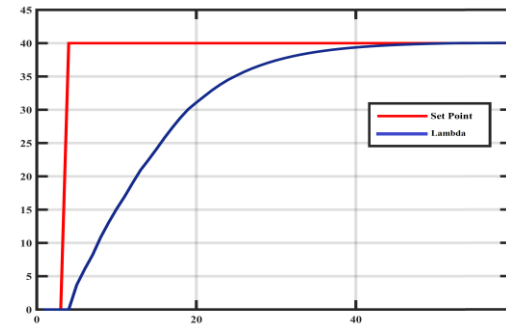
ZIEGLER NICHOLS



HALMAN



LAMBDA



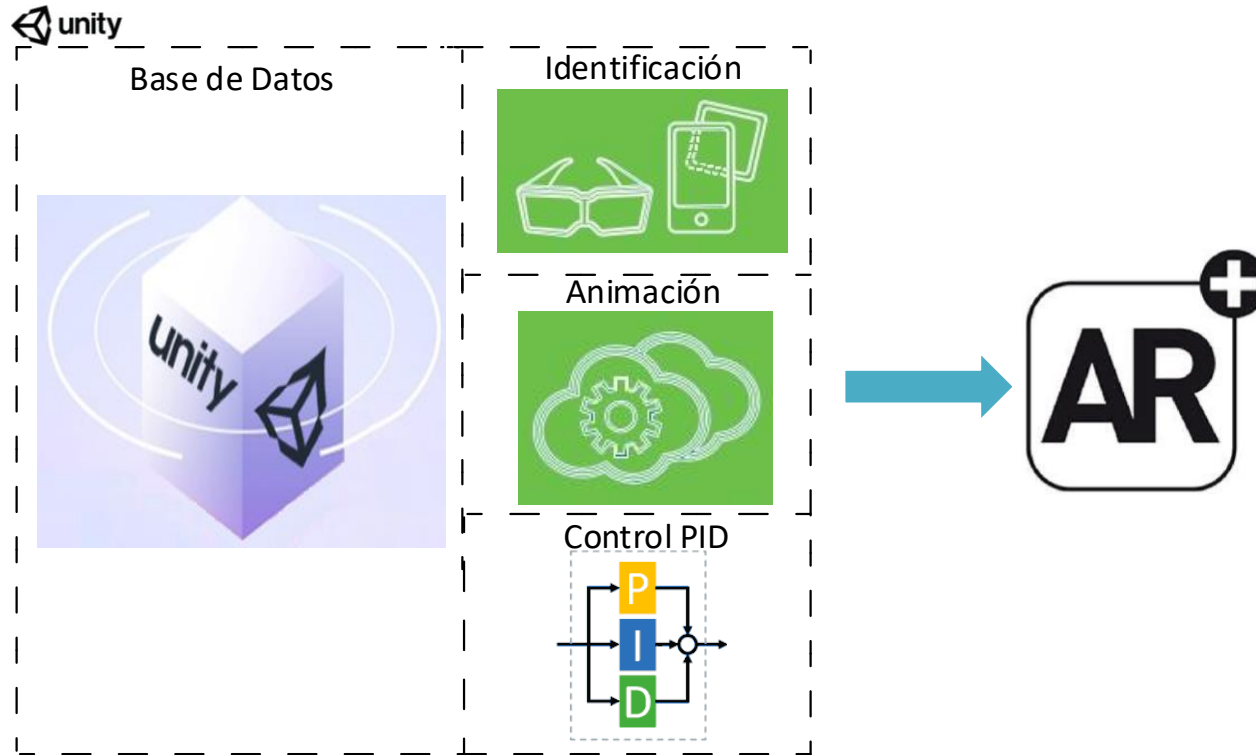
Itinerario del Día

- 1 Introducción
- 2 Técnicas de Identificación
- 3 Modelación Matemática
- 4 Entorno Aumentado
- 5 Resultados Obtenidos
- 6 Conclusiones



4. Entorno Aumentado

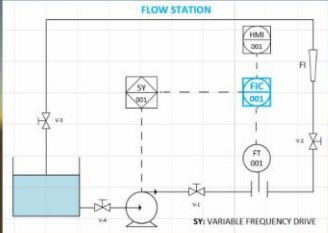
4.1 Arquitectura Del Entorno Aumentado



4. Entorno Aumentado

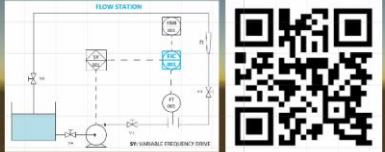
4.2 Entorno Aumentado de Identificación

PLC SIEMENS S7-1500

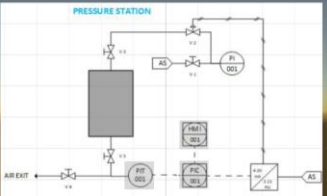


SY: VARIABLE FREQUENCY DRIVE


PLC-S7 1200 Flow Station



Pressure Station



PRESSURE TRANSMITTER FOXBORO IDP10



PLC SIEMENS S7-1500

- It allows you to take a screenshot.
- It allows to visualize the P&ID diagram of the process that belongs to the equipment or instrument.
- Allows the deployment of more options.
- Allows navigation to the process simulation scene.
- Allows to hear characteristics of the equipment or element

4. Entorno Aumentado

4.4 Entorno Aumentado de Control PID

The image displays a software interface for a PID control system, divided into four main functional areas:

- PRESSURE CONTROL:** Shows real-time data for Set Point (SP: 00.00 PSI), Process Value (PV: 00.00 PSI), Load (00.00 %), and Control Valve (CV: 00.00 %). It includes a 3D model of a pressure vessel and a control panel.
- GRAPHICS:** Contains two empty plots for monitoring pressure (PSI) and control valve position (PERCENT) over time. It also displays current values: SP: 00.00 PSI, PV: 00.00 PSI, and CV: 00.00 %.
- PID CONTROLLER:** Provides input fields for tuning parameters: K_p , T_i , and T_d . Below is a block diagram of the PID control loop, showing the error signal being processed by P, I, and D blocks, summed, and then sent to the process.
- P&ID DIAGRAM:** A detailed process and instrumentation diagram (P&ID) for a pressure station, featuring a tank, various valves (V.1-V.5), a pressure indicator (PI 001), a pressure transmitter (PIT 001), a pressure indicator controller (PIC 001), and an air exit line.



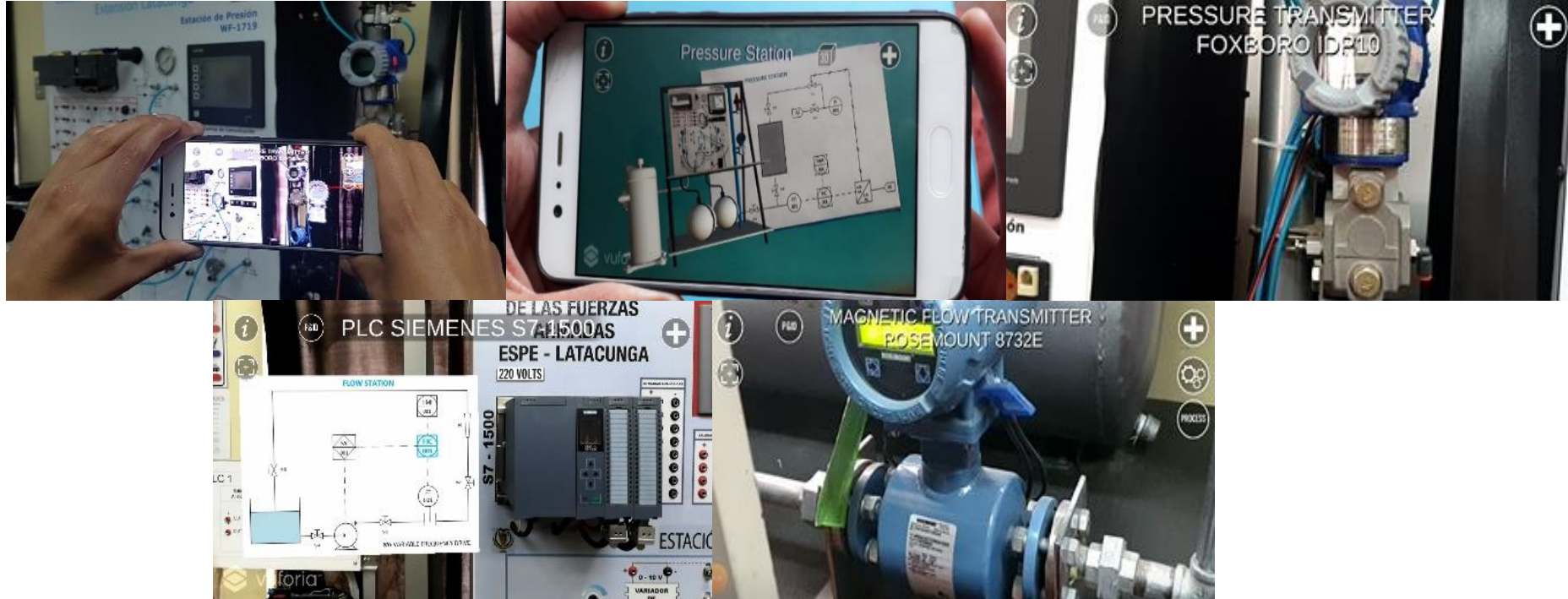
Itinerario del Día

- 1 **Introducción**
- 2 **Técnicas de Identificación**
- 3 **Modelación Matemática**
- 4 **Entorno Aumentado**
- 5 **Resultados Obtenidos**
- 6 **Conclusiones**



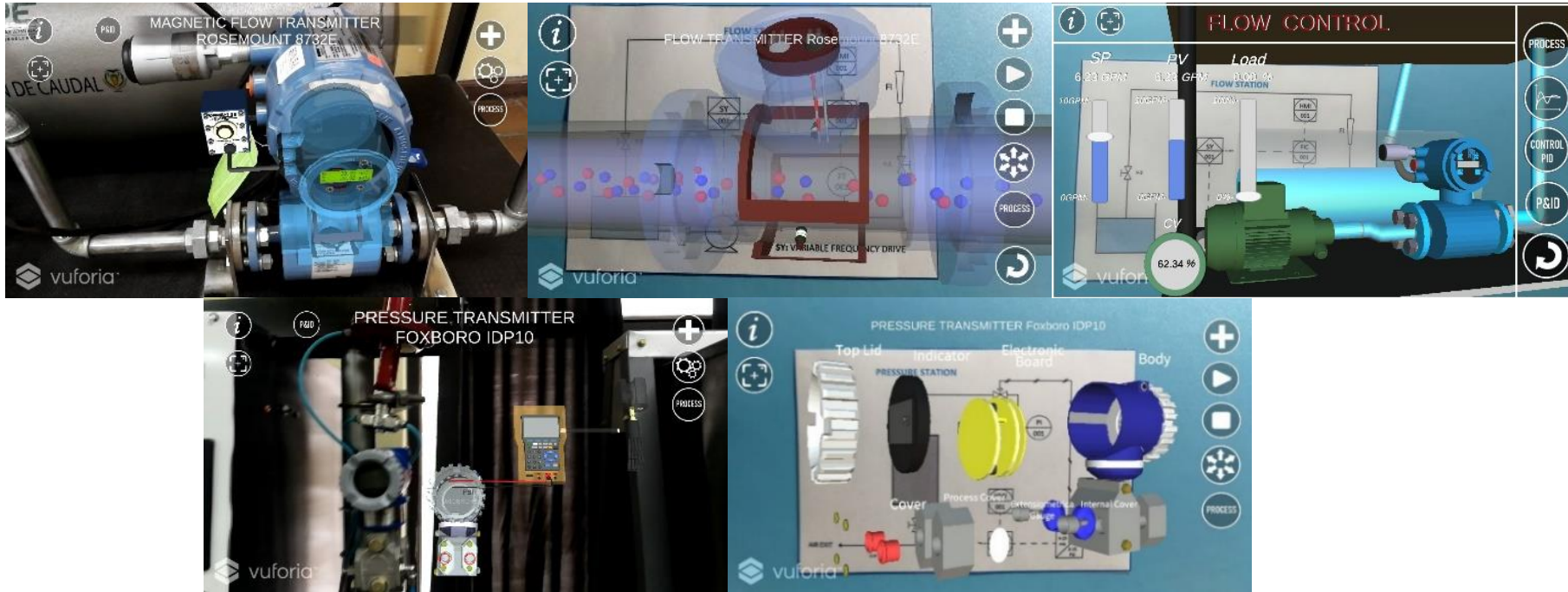
5. Resultados Obtenidos

5.1 Identificación de Instrumentos y Equipos Industriales



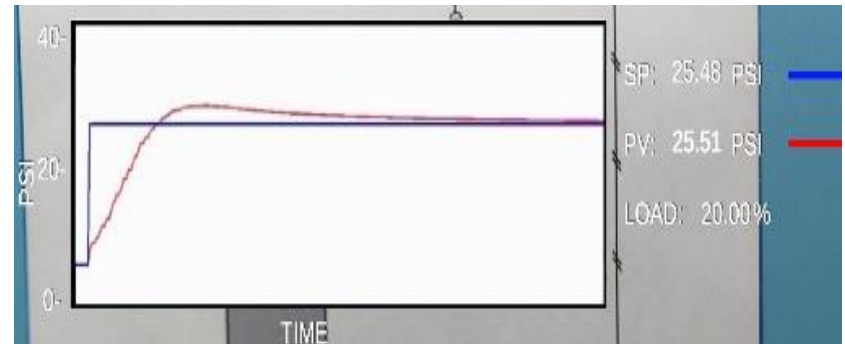
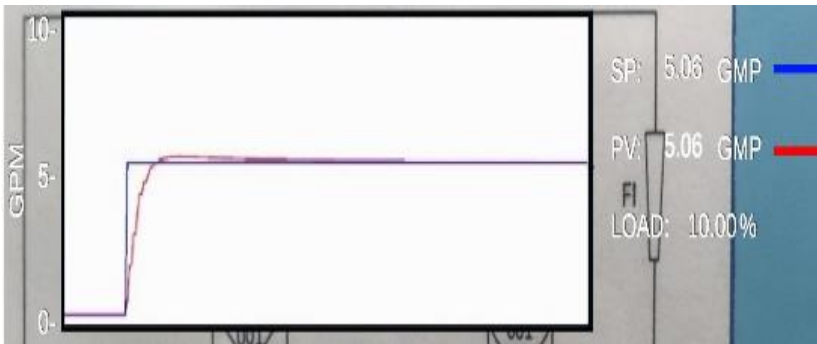
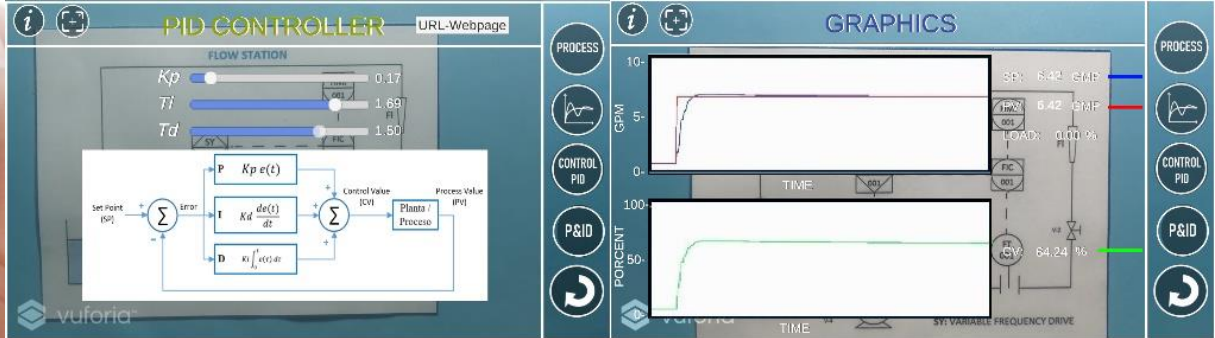
5. Resultados Obtenidos

5.2 Animaciones en los Instrumentos y Equipos Industriales



5. Resultados Obtenidos

5.3 Controlador PID en los Procesos Industriales



5. Resultados Obtenidos

5.4 Encuesta de Usabilidad

Preguntas	Puntuación					Operación
Creo que me gustaría usar la aplicación con frecuencia				6	34	3.85
Me parece que la aplicación es innecesariamente complejo	10	18	12			2.95
Pensaba que la aplicación era fácil de usar	2	8	15	7	8	2.275
Creo que necesitaría la ayuda de un técnico para poder usar la aplicación.	15	14	11			3.1
Me parece que las diferentes funciones de esta aplicación son una buena combinación					40	4
Pensaba que la aplicación era confusa	11	17	12			2.975
Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar la aplicación muy rápido			1	20	19	3.45
Me parece que la aplicación es muy difícil de usar	15	16	9			3.15
Me siento muy seguro usando la aplicación			6	20	14	3.2
Necesitaba aprender muchas cosas antes de avanzar con esta aplicación.	2	13	16	9		2.2
TOTAL						31.45

Al obtener un 79 % significa que la aplicación es muy útil para la capacitación y para brindar asistencia en el manejo de equipos e instrumentos industriales, además representa una alta usabilidad de este tipo de herramientas tecnológicas.



Itinerario del Día

- 1 Introducción
- 2 Técnicas de Identificación
- 3 Modelación Matemática
- 4 Entorno Aumentado
- 5 Resultados Obtenidos
- 6 Conclusiones



6. Conclusiones

La realidad aumentada proporciona asistencia en procesos industriales, simplificando la identificación de equipos, así como instrumentos y diagramas P&ID.

Permite a los usuarios manipular y visualizar elementos del proceso. AR se utiliza como guía en la calibración de instrumentos industriales, brinda información relevante de procesos que a menudo son importantes conocer y sin la necesidad de estar conectados a internet.

Ayudar al desarrollo de habilidades en el manejo de procesos industriales que permiten el control por regulación sin la necesidad de realizar acciones adicionales en el proceso físico, protegiendo tanto al usuario como al proceso.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en
Electrónica e Instrumentación**

**ASISTENTE DE ENTRENAMIENTO PARA PROCESOS INDUSTRIALES MEDIANTE REALIDAD
AUMENTADA**

Autores:

Jonathan Alexis Romero López
Washington Daniel Quero Caiza

Dr. Víctor Andaluz, *Director*
Ing. Jorge Sánchez, *Codirector*

