



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA YELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

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

**"ENTORNO VIRTUAL MULTI-USUARIO PARA EL ENTRENAMIENTO OPERATIVO
DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y EMBOTELLADO DE GASEOSAS"**

Autores:

Bermeo Calle, David Andrés
Zambrano Toapanta, Juan Israel

Ing. Andaluz Ortiz, Víctor Hugo, PhD *Tutor*
Ing. Naranjo Hidalgo, Cesar Alfredo *Cotutor*





***** Forwarded message *****

De: CISTI'2020 <cistiforever@gmail.com>

Date: lun., 30 mar. 2020 12:23

Subject: [CISTI'2020] Your submission has been accepted!

To: <jizambrano5@espe.edu.ec>

<dabermeo@espe.edu.ec>

Dear Author,

On behalf of the CISTI'2020 – 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, I am pleased to inform you that your submission 314, titled “Virtual Multi-User Environment for Operational Training in the Production and Bottling Process of Soft Drinks” has been accepted like a Full Paper.

DOI: [10.23919/CISTI49556.2020.9141140](https://doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9141140)

Multi-User Virtual System for Training of the Production and Bottling Process of Soft Drinks

Juan I. Zambrano, David A. Bermeo, Cesar A. Naranjo, and
Víctor H. Andaluz
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Sangolquí-Ecuador
{jizambrano5, dabermeo, canaranjo, vhandaluz1}@espe.edu.ec

Abstract—The project consists of developing a virtual operational training system for the production and bottling process carried out in the soft drinks factory. For the virtualization of the industrial process, mathematical modeling is considered using a transfer function of the first order with downtime and control in relation to the flow plants that make up the substance mixing station in the company, for this, dynamic data and behaviors of the fully automated flow plants within the university are used and not the conventional station existing in the company, since its machines and data are kept confidential. In addition, 3D CAD design techniques, electric diagrams of the process and instrumentation (P&ID) are used, all in order for multiple users to have immersive experiences sensory and can interact with each other within a virtual environment.

Keywords -Virtual environment; Production and bottling process; Unity 3D; Multiple users; Training; 4.0 Industry.

I. INTRODUCTION

The industrial revolution is a process of economic and social transformation to increase productivity in a company or factory, usually produced by technological progress over time. Just as in the 18th century it was the steam engine, in the 21st century it will be robots and virtual environments that will set the tone for a radical transformation, which will change the world as we know it, economists have called it the Fourth Industrial Revolution [1]. Industry 4.0 or Fourth Industrial Revolution is a research initiative in Germany to implement the high-tech strategy of integrating Advanced Control Systems with ICT to enable communication between personnel, products and complex systems that make up a Digital Factory [2], considering the technologies that are integrated into the so-called Cyber Physical Systems (CPS Cyber Physical Systems) induce changes in Engineering Systems and Higher Education in Engineering [3] [4].

Taking into account different revisions we can find different elements associated to the development of the industry 4.0 [5]: (i) *Big Data and the data cloud*: includes algorithms, analysis applications, etc. Big Data analytics manages opportunities for the improvement of future factories, manufacturing processes and enabling the factory to provide new products and services; (ii) *Internet of Things*: Includes software applications used by one or more businesses to support industrial networks; in addition, intelligent monitoring and control through sensors, smart meters and intelligent mobile devices; (iii) *Intelligent*

manufacturing processes: include dynamic, efficient, automated and real-time process communication for the management and control of a highly dynamic environment enabled by IoT; (iv) *Robotics*: In industry 4.0 robots acquire skills beyond their predecessors, managing to incorporate new capacities to work without a human supervisor and are able to work to automate and coordinate a series of logistic and production tasks; (v) *Virtual Reality (VR)*: It allows training and information within an Industry, recreating these spaces, environments and interactive virtual situations so that once the training is over, the user knows what he has to do and does it automatically once faced with the real situation.

Currently, the challenge worldwide in fields such as education, management, telecommunications, games, military training or, as in the present work, industrial processes that use VR technology to compete in the market, [6] [7], is to incorporate technologies that are capable of combining the real world of production with the virtual world of information and communication technology; so that, traditional industrial processes are complemented, optimized by the digital world in immersive virtualized environments free of risks and with the ability to simulate the real behavior of the plant or industry, all this thanks to the abundance of information, mobility and connectivity [8].

The incursion of the industry with the VR technology has started from the use of induction videos and virtual tours to train the personnel, without interacting with the industrial processes, until the present time, where it is possible to interact with the processes, to optimize their designs, to provide maintenance, to control the processes and to train the operator [11], giving a focus in the training of the operator, to simulate experiences in the decision making that takes place in the field work [9] [12]. VR allows the user to interact with elements of the virtual world with a realistic approach, in which he has the feeling that he can perform operator simulation under specific conditions in training scenarios [13] [14] [15]. Among the most important advantages of using VR are [9] [10]. (i) *Training*: The training and education of the personnel is one of the best strategies to control and diminish the index of accidentalness and turns out to be a critical factor for the company; (ii) *Induction*: It is to give a real approach to new operators so that they can adapt to the technological changes and to the necessity to understand the operation of the surroundings of the company, that allow to assure an effective production of quality, but mainly safe; (iii)



15ª Conferencia Ibérica de
Sistemas y Tecnologías
de Información

24 a 27
JUNIO
2020
Sevilla/ES

Certificate

David Andres Bermeo Calle

presented the article

Multi-User Virtual System for Training of the Production and Bottling Process of Soft Drinks

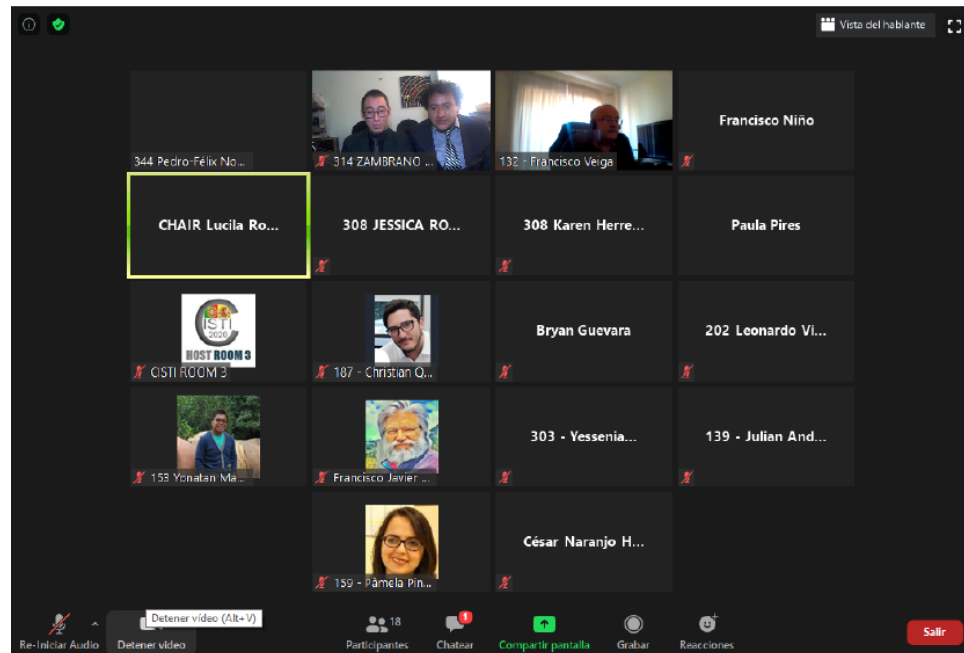
in the 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI'2020), promoted by AISTI,

IEEE SMC, SMC and University of Sevilla between the 24th and 27th of June 2020,

at Seville, Spain



General Chair



1

INTRODUCCIÓN

2

ENTORNO VIRTUAL

3

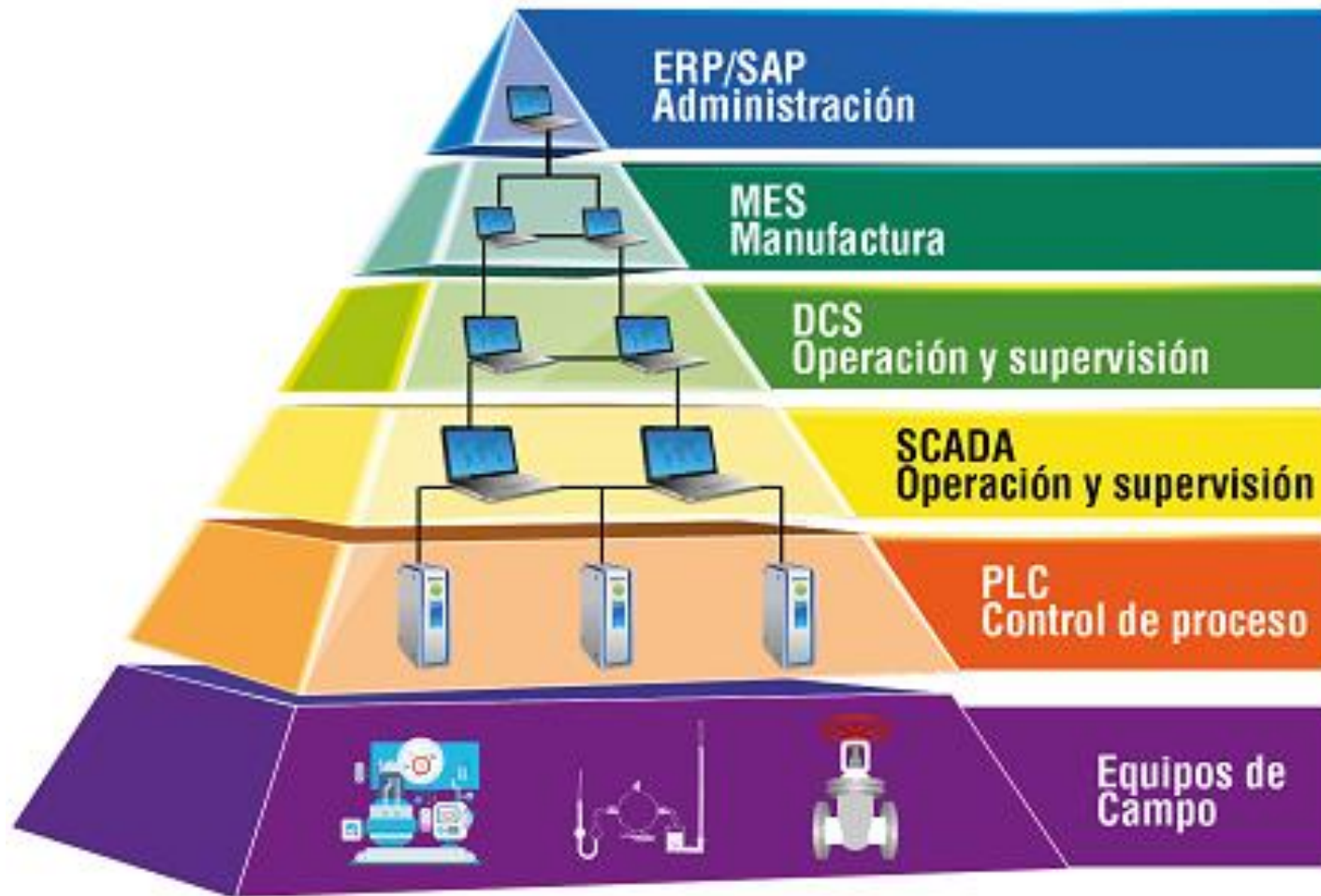
MODELACIÓN Y CONTROL

4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5

CONCLUSIONES



Industria 4.0



Planteamiento del problema



Prohibido transferir el
entorno industrial



Capacitación a los
operadores



Errores humanos en
procedimientos de Control

Implementar un **entorno virtual de procesos industriales** que permita la **inmersión sensorial e interacción** entre **múltiples usuarios y el entorno 3D**, con el propósito de ejecutar tareas colaborativas orientadas al entrenamiento operativo en el proceso de producción y embotellado en la fábrica de bebidas **Ambasodas**.

Objetivos Específicos

- Desarrollar un **entorno virtual e inmersivo** sensorial con interacción entre **múltiples usuarios** en base a la información de diseño CAD 3D, y los diagramas de procesos e instrumentación (P&ID), implementados en el proceso de mezclado de sustancias en la planta de producción y embotellamiento de gaseosas AMBASODAS.
- Modelar el **comportamiento dinámico** del proceso de mezclado de sustancias en la planta de producción y embotellado de gaseosas, a fin de ser utilizado en el entorno virtual donde el operador interactúe con las máquinas e instrumentos industriales de la planta de gaseosas.
- Validar el **modelo matemático** que represente el proceso de mezclado de sustancias como jarabes, aguas y colorantes, con el propósito de desarrollar un algoritmo de control en lazo cerrado para el proceso de mezclado de sustancias.

Objetivos Específicos

- Implementar un **algoritmo de control en lazo cerrado** para que la estación de mezclado de sustancias, con el propósito de obtener la cantidad de concentrado correcta hacia la máquina gasificadora.
- **Validar el sistema de control implementado** a través de los resultados obtenidos del entorno virtual y los resultados del entorno real del proceso de mezclado de sustancias en la planta de producción y embotellado de gaseosas.
- **Evaluar el funcionamiento del proceso** de mezclado de sustancias en la planta de producción y embotellamiento de gaseosas a través de animaciones en el motor gráfico Unity3D y de la implementación del algoritmo de control en el software de Matlab, con el propósito de obtener un mayor realismo en el entorno de entrenamiento.

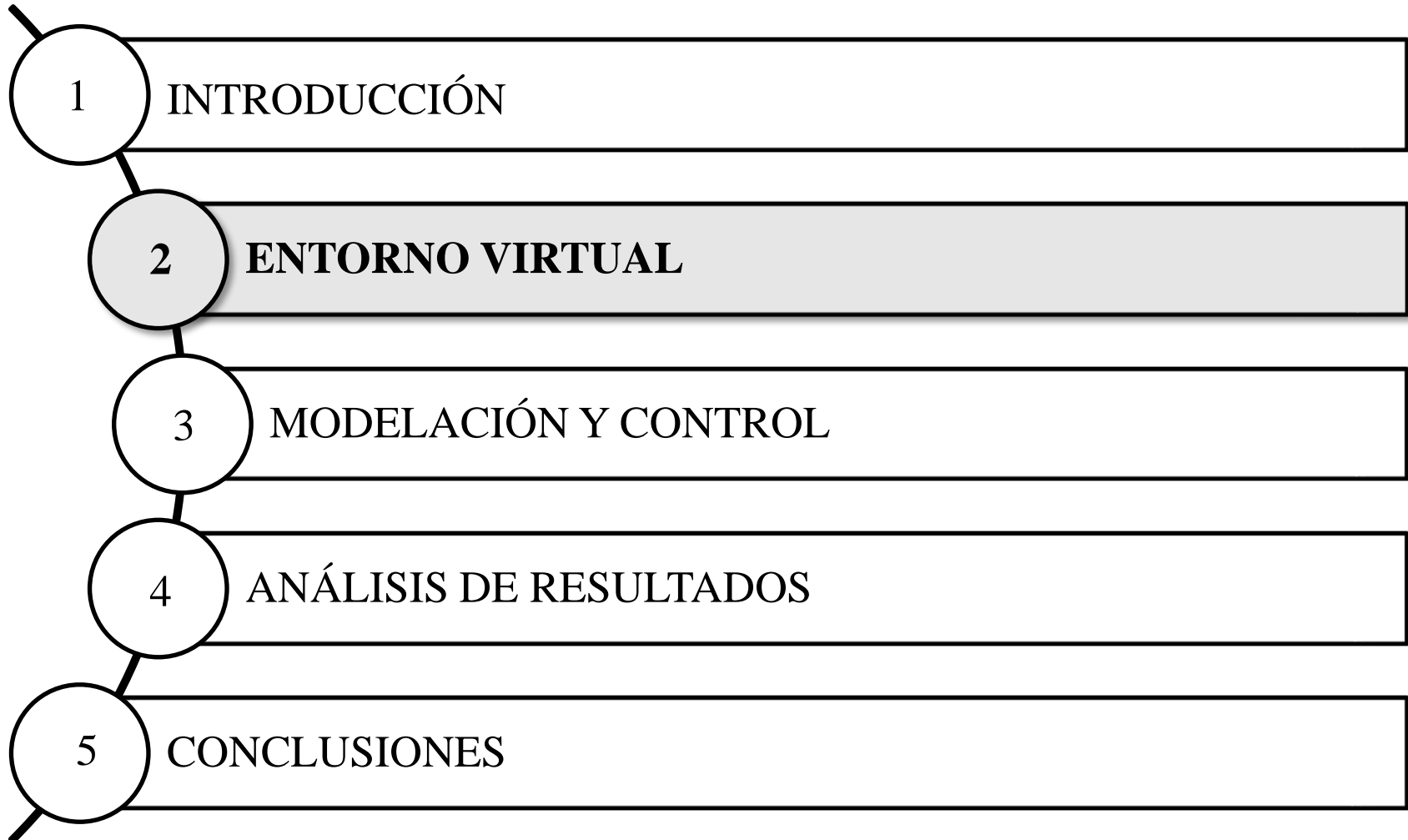
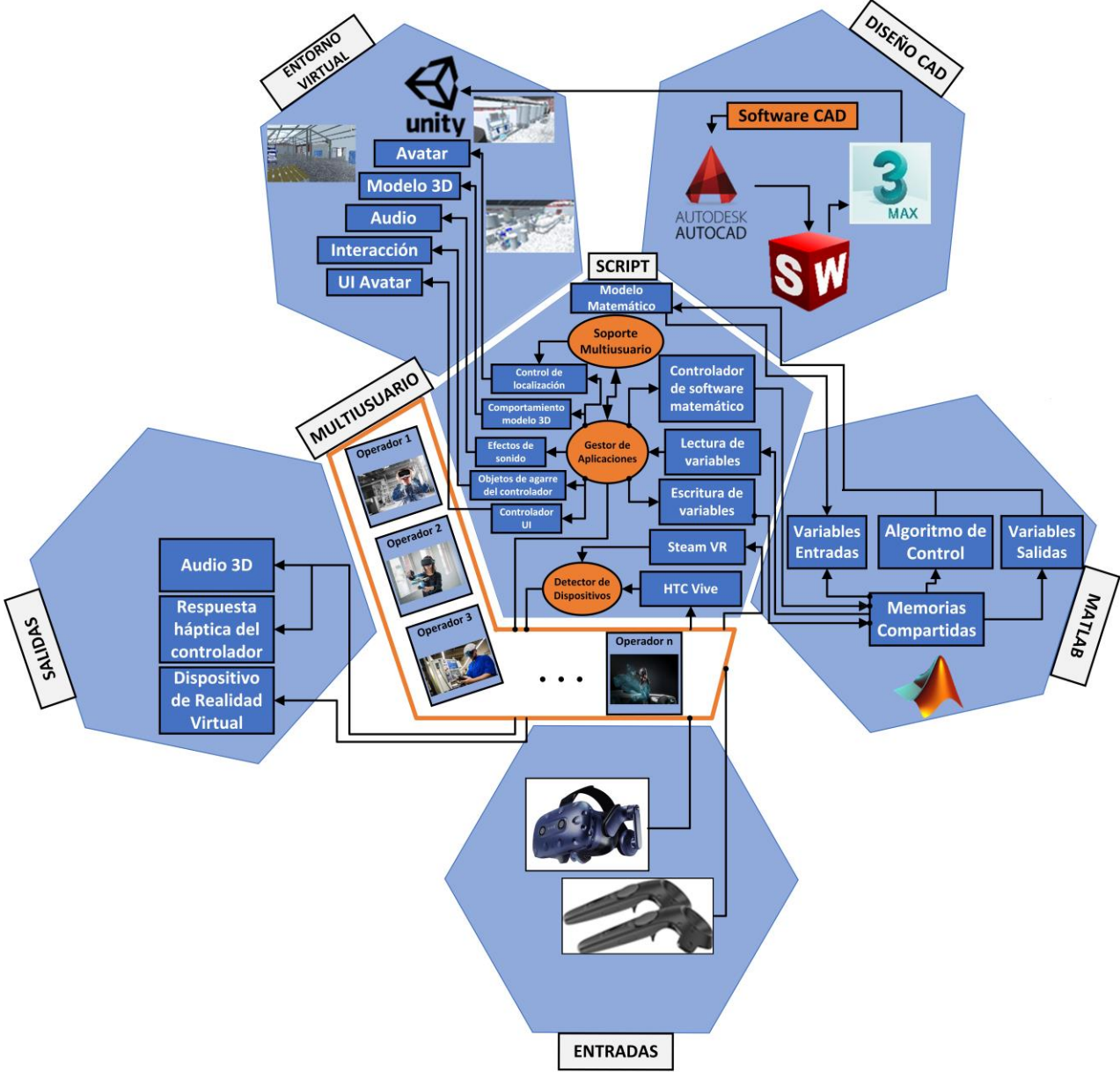
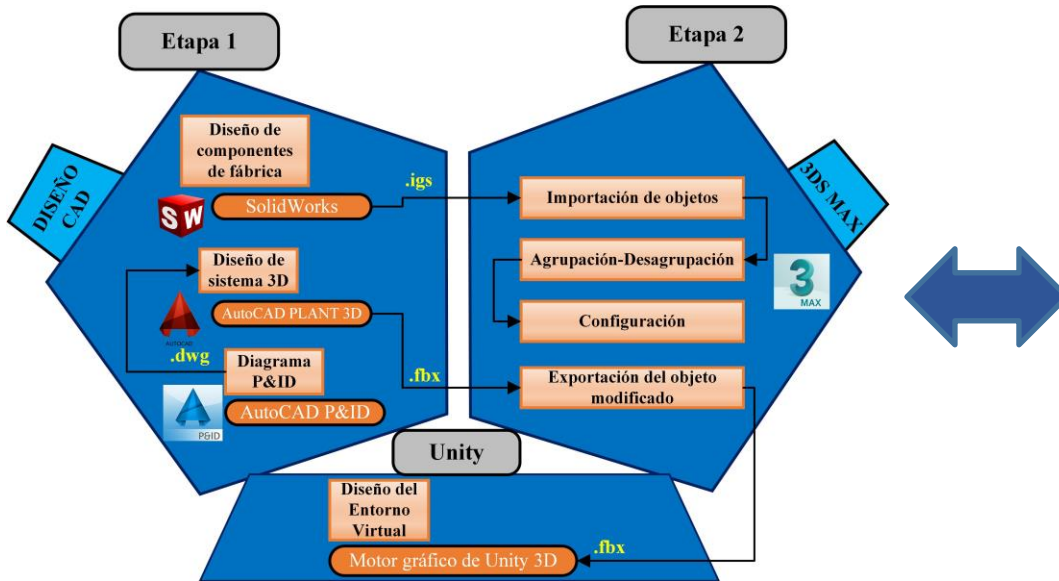


Diagrama General



Diseño CAD



Instrumentos Reales

Instrumentos Virtualizados

CAJA REGULADORA



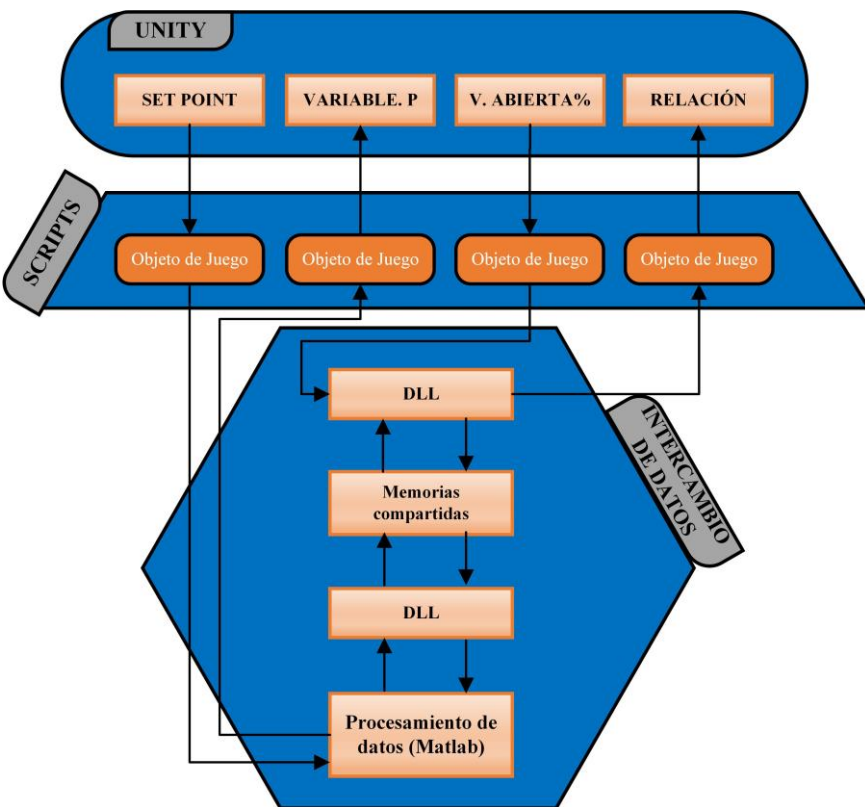
ESTACIÓN DE MEZCLADO



ESTACIÓN DE ETIQUETADO

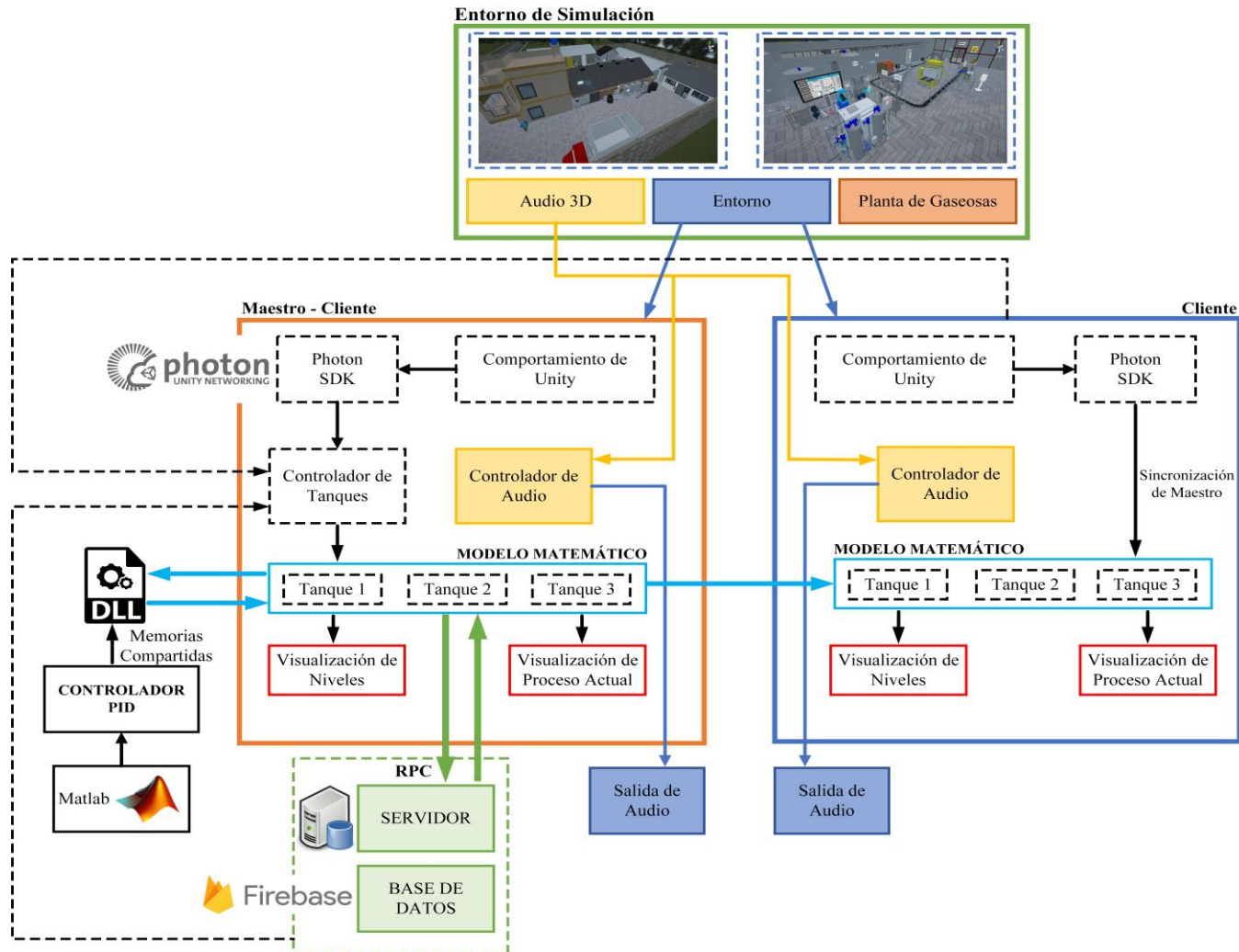


Comunicación y Animación 3D



En el desarrollo del entorno es posible insertar ventanas, tendencias, botones o gráficos para interactuar, visualizar la evolución de las variables de la estación de mezcla y realizar la comunicación entre Unity 3D y el software matemático Matlab.

Multi - Usuario



Roles de Usuario



Operador



Supervisor



Register new user

User:

Password:

Confirm Password:

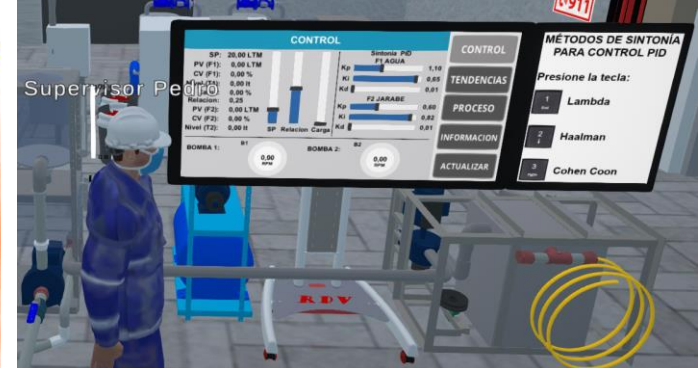
Name:

Role:

Plant

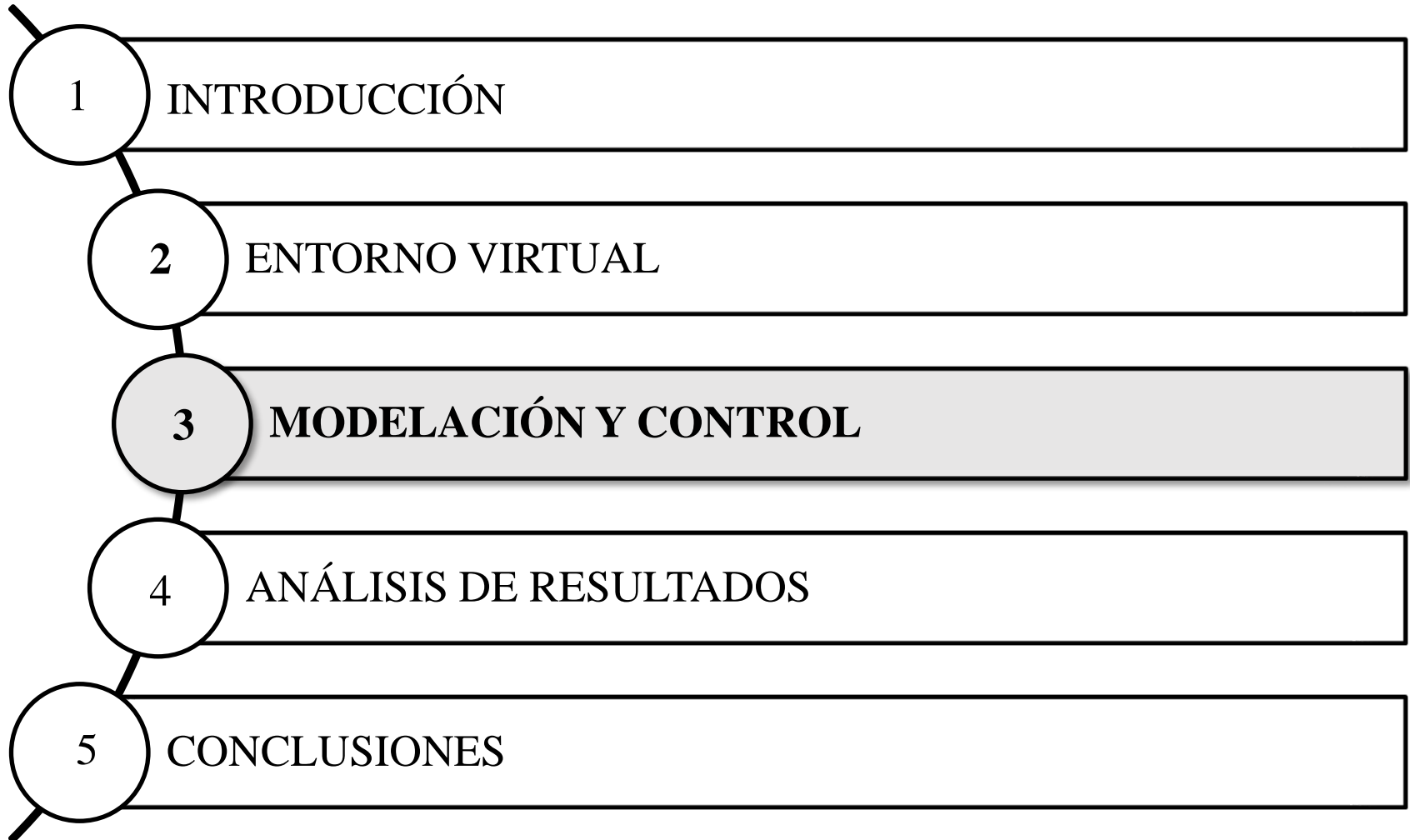
Users

Username	Role
Supervisor Pedro	supervisor
Ing Cesar	operator
Executive Pablo	executive
Operator Luis	operator
David Andres	operator

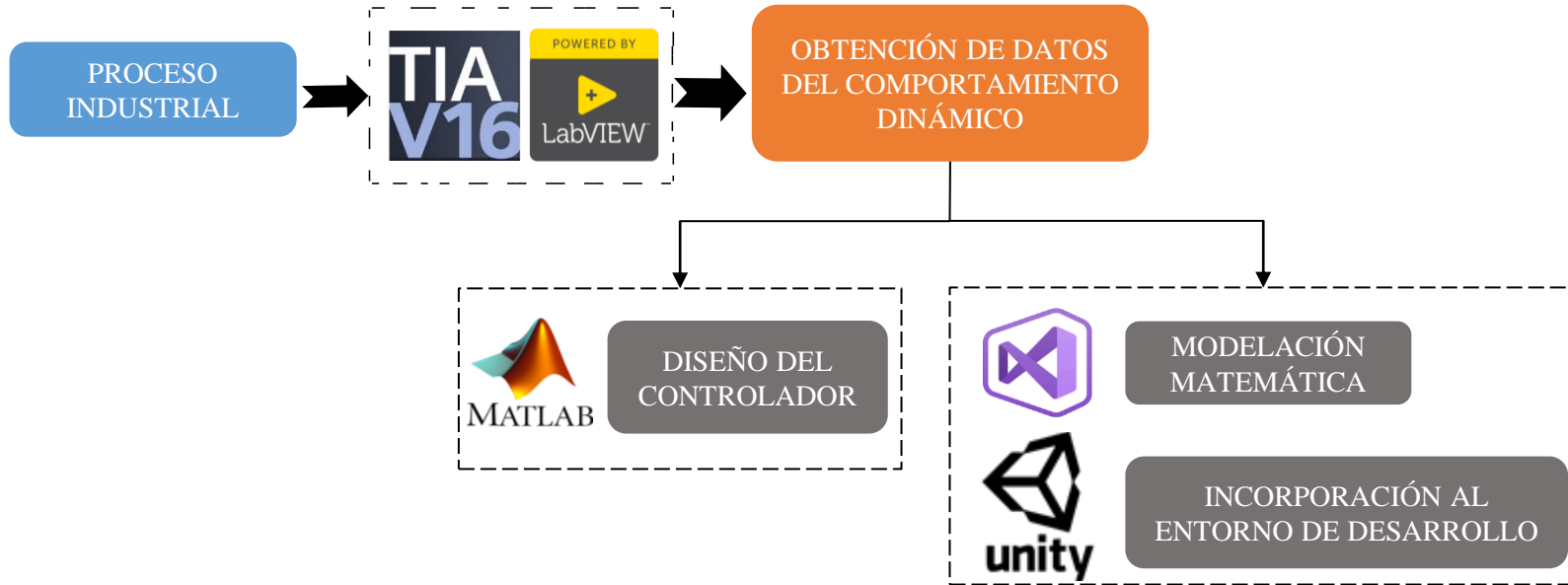


Ejecutivo



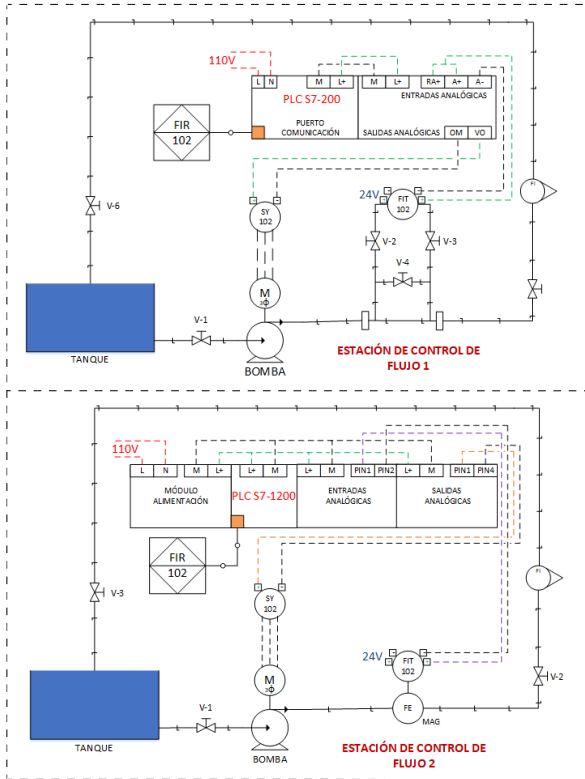


Arquitectura de la Modelación Matemática



Obtención de Datos – TIA Portal V16

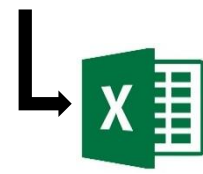
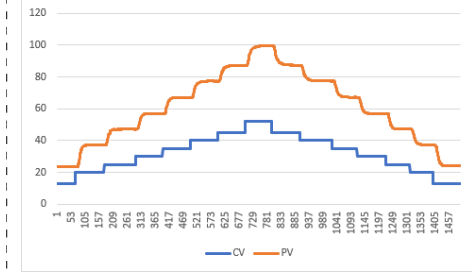
PROCESO INDUSTRIAL




PLC



HMI



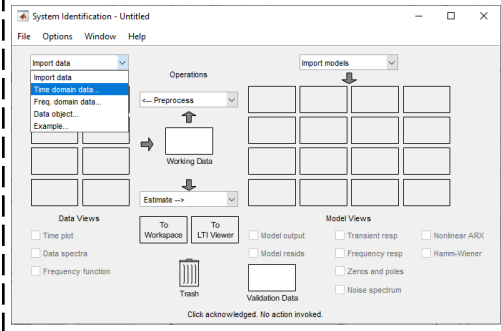
Obtención de Modelo Matemático - MATLAB

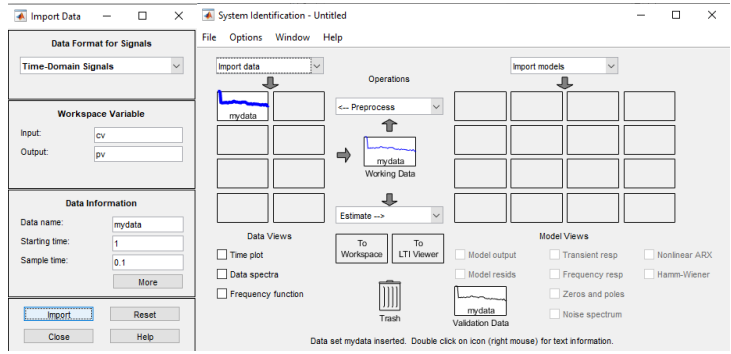
Exportación →

	A	B
70	20	23,619
71	20	23,605
72	20	23,605
73	20	23,61
74	20	23,61
75	20	23,605
76	20	23,628
77	20	23,641
78	20	23,705
79	20	23,876
80	20	24,333

1 Importación



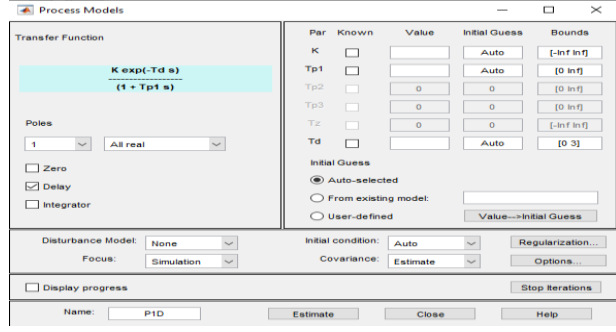
2 Selección de modelo



4 Modelo matemático

$$G_p(s) = \frac{K}{\tau_p s + 1} e^{-\theta_p s}$$

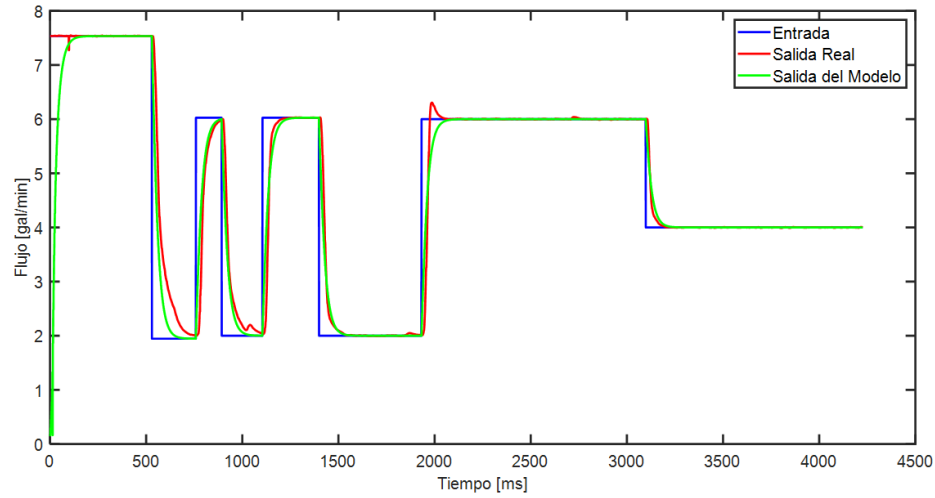
3 Cálculo de parámetros



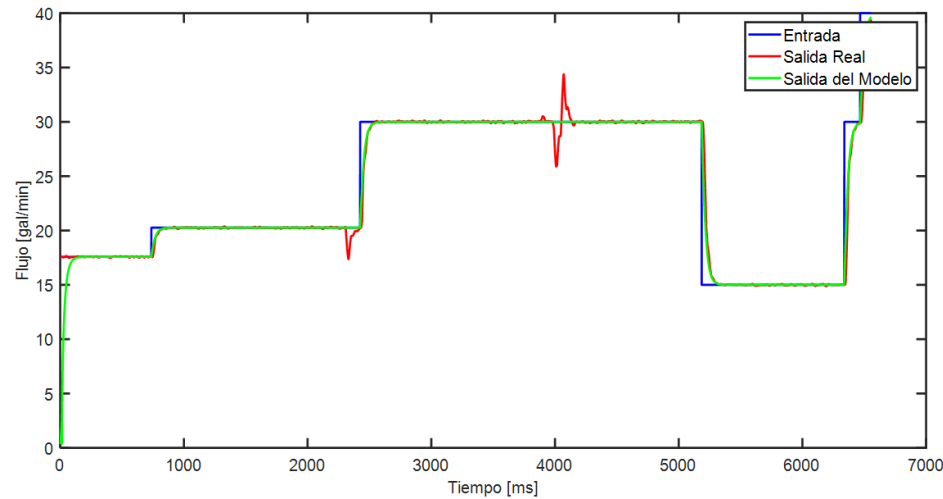
Validación de Modelo Matemático



Planta de Agua



Planta de Jarabe

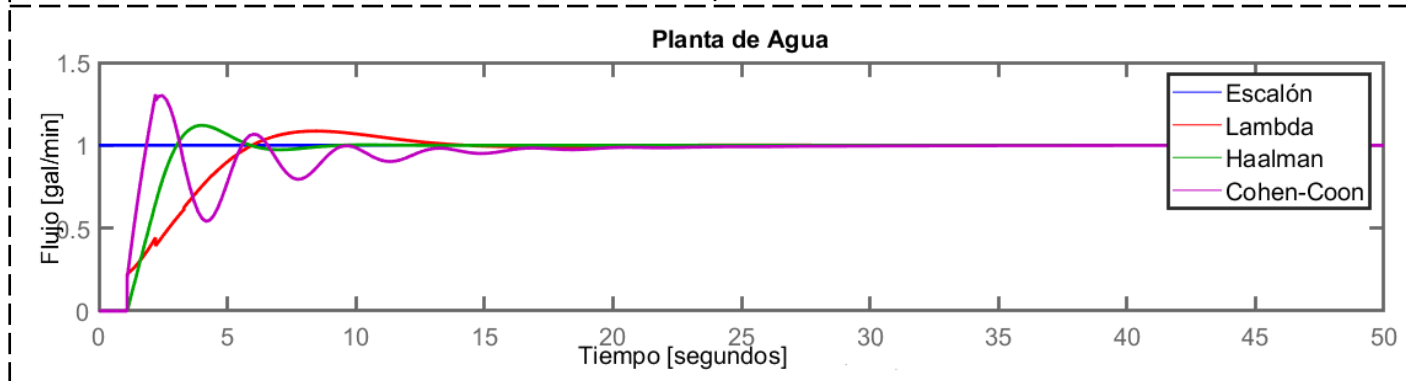


Sintonización Planta de Agua



$$G_{pw}(s) = \frac{0.85264}{1.1032s + 1} e^{-1.5492s}$$

Planta de Agua			
	K_p	K_i	K_d
Lambda	0.473	0.476	0.406
Haalman	1.097	0.645	0
Cohen - Coon	2.508	0.455	0.359

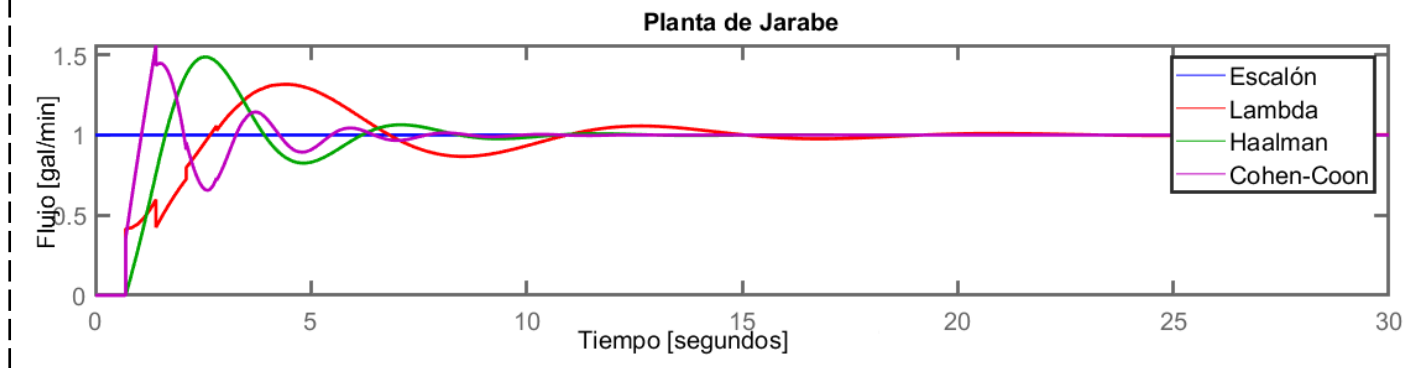


Sintonización Planta de Jarabe

$$G_{ps}(s) = \frac{1.9211}{1.2172s + 1} e^{-0.7022s}$$

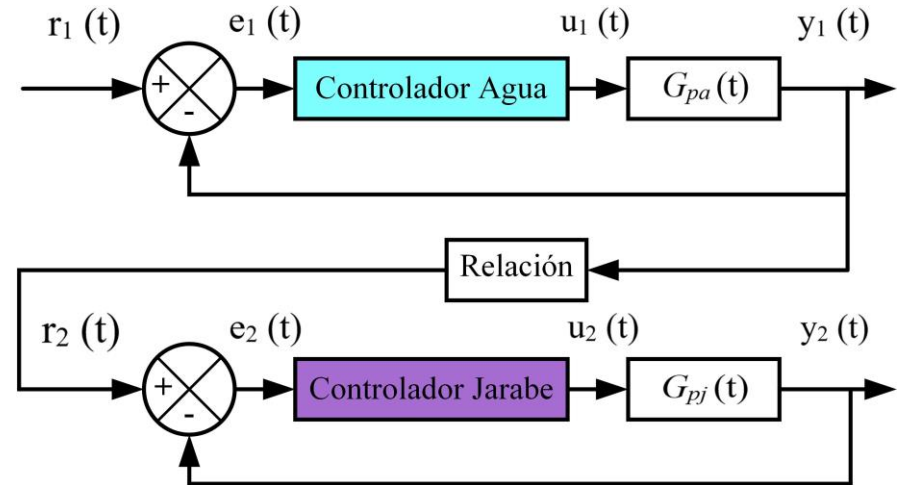
Planta de Jarabe

	K_p	K_i	K_d
Lambda	0.203	0.637	0.272
Haalman	0.601	0.821	0
Cohen - Coon	1.344	0.690	0.234

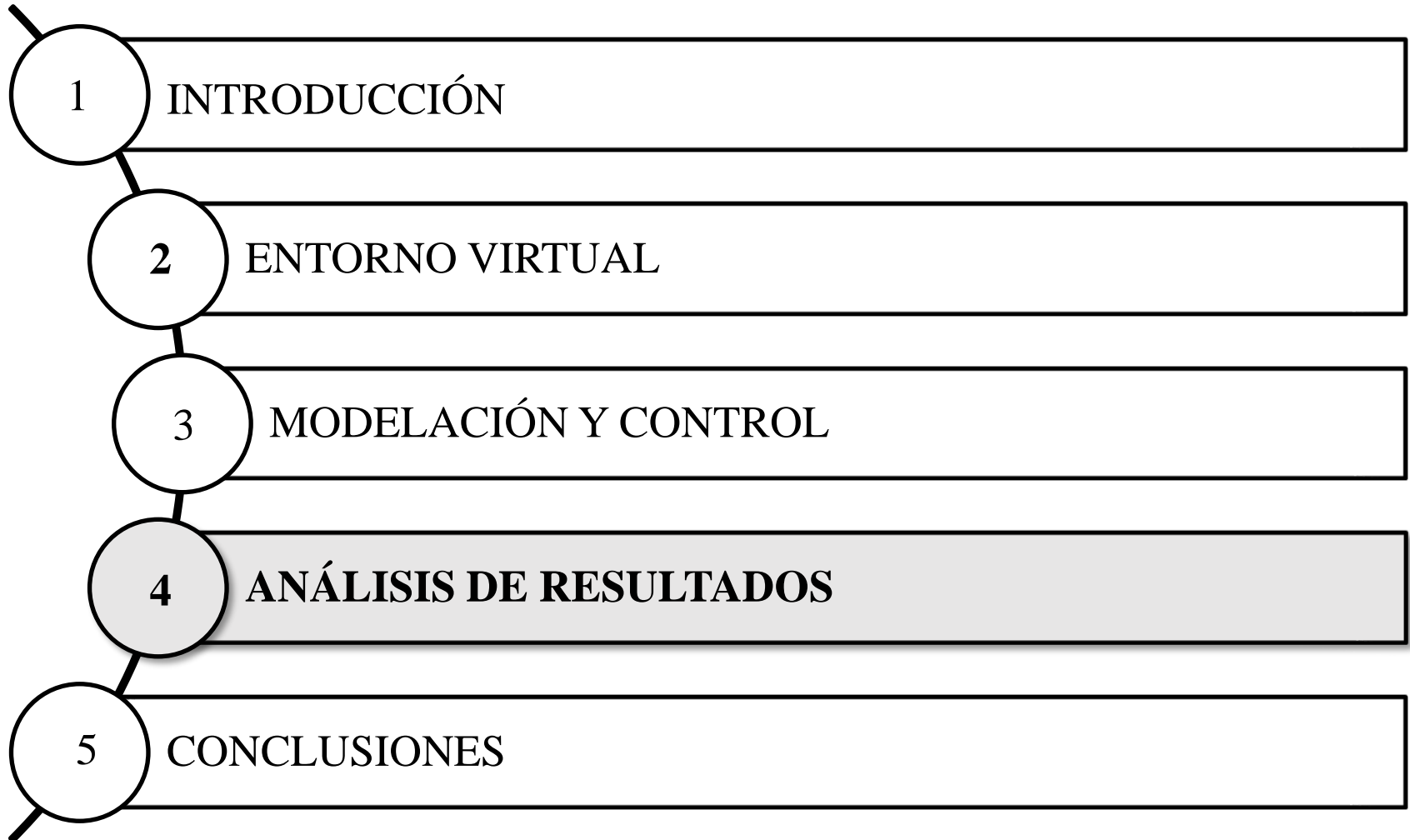


Esquema de Control

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



$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{d}{dt} e(t)$$





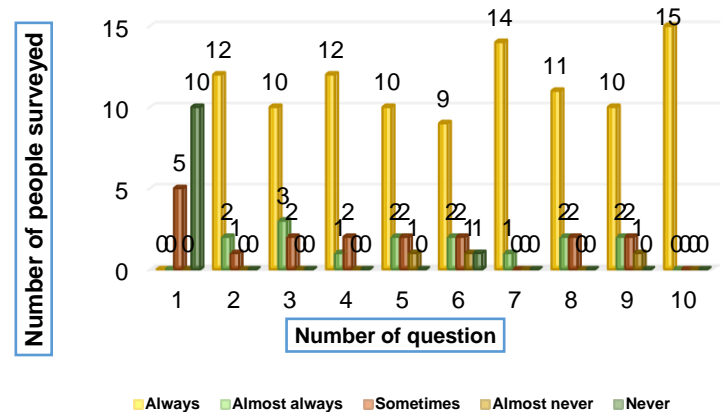
ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Encuesta de Usabilidad

PREGUNTAS

P1.	Ha utilizado alguna vez los dispositivos HTC VIVE que permiten la inmersión e interacción en entornos virtuales?
P2.	El uso del módulo de entrenamiento es intuitivo?
P3.	Resulta fácil la gestión de los dispositivos en el entorno virtual?
P4.	Es capaz de realizar la operación dada por el asistente virtual?
P5.	Podría identificar las condiciones de riesgo y las situaciones de emergencia en un entorno industrial real?
P6.	Son comprensibles los modos de funcionamiento del sistema de mezcla de sustancias?
P7.	Recomendaría el sistema de formación como una herramienta adicional a la formación teórica que se imparte en el ámbito educativo e industrial?
P8.	La aplicación virtual le ayudó a entender y mejorar las habilidades en los procesos industriales?
P9.	Tiene buena maniobrabilidad en los botones del tablero que controlan el funcionamiento de la estación de mezcla de sustancias?
P10.	Permite la incorporación de nuevas tecnologías (RV) el desarrollo de prácticas con problemas de procesos industriales reales?



Los resultados obtenidos determinan que en promedio más de 12 de las 15 personas evaluadas indican que contribuye al aprendizaje y desarrollo de las aptitudes cognitivas de los estudiantes y profesores de la zona.

1

INTRODUCCIÓN

2

ENTORNO VIRTUAL

3

MODELACIÓN Y CONTROL

4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5

CONCLUSIONES

Conclusiones

- La realidad virtual es una herramienta digital que permite el aprendizaje e interacción con múltiples usuarios en un entorno virtual para visualizar y realizar diferentes acciones de los procesos en estudio, orientados a la capacitación del personal de la empresa.
- El modelo matemático permite determinar las características dinámicas de la planta de mezclado agua – jarabe, para ser utilizado en el diseño del algoritmo de control, basándose en los métodos de sintonización (Lambda, Haalman y Cohen Coon).
- Mediante la evaluación del control PID con el método de sintonización Haalman en las plantas de agua y jarabe, a comparación de los demás métodos es el más óptimo, con un tiempo de respuesta rápida, permitiendo el control eficiente del proceso.
- La aplicación desarrollada en Unity es inmersivo y amigable para los usuarios, permitiendo interactuar en el proceso de producción y embotellado de gaseosas en base a las diferentes jerarquías establecidas en la empresa.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA YELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

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

**"ENTORNO VIRTUAL MULTI-USUARIO PARA EL ENTRENAMIENTO OPERATIVO
DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y EMBOTELLADO DE GASEOSAS"**

Autores:

Bermeo Calle, David Andrés
Zambrano Toapanta, Juan Israel

Ing. Andaluz Ortiz, Víctor Hugo, PhD *Tutor*
Ing. Naranjo Hidalgo, Cesar Alfredo *Cotutor*

