

Trabajo de Integración Curricular

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera Mecatrónica

Tema:

Diseño e implementación de una estación compacta en ambientes virtuales para contribuir al aprendizaje de control y automatización.

Autores:

Barriga Barriga, Jessica Roxana y Estévez Villacrés, Anthony Joao

Tutor:

Ing. Constante Prócel, Patricia Nataly

Latacunga 2023



CONTENIDO

Objetivos

Hipótesis

Modelado 3D

Importación en Unity de modelado 3D

Animación y programación

Modelos matemáticos

Entorno virtual de la estación MPS compacta

Comunicación del entorno virtual con el TIA Portal

Conexión del entorno virtual con LabVIEW

Pruebas y resultados

Conclusiones y recomendaciones



OBJETIVOS

Objetivo General

- Diseñar e implementar una estación compacta en ambientes virtuales para contribuir al aprendizaje de control y automatización.

Objetivos Específicos

- Analizar el estudio de los componentes reales de la estación compacta para poder seleccionar el mejor ambiente de virtualización.
- Implementar mediante modelos CAD la virtualización de la estación compacta didáctica.
- Realizar las animaciones del entorno cercanas a la realidad para el monitoreo de variables de la estación de trabajo compacta.
- Programar la información virtual mediante el uso del software orientado a la creación de videojuegos para recibir y enviar señales de control, según el programa de ingreso.

HIPÓTESIS

¿El diseño e implementación de una estación compacta en ambientes virtuales contribuirá al aprendizaje de control y automatización?

Variables independientes

Estación compacta en ambientes virtuales.

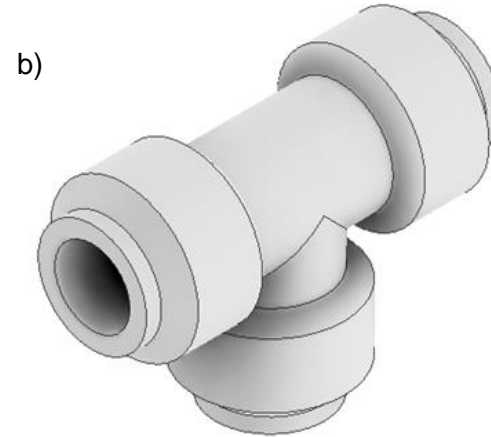
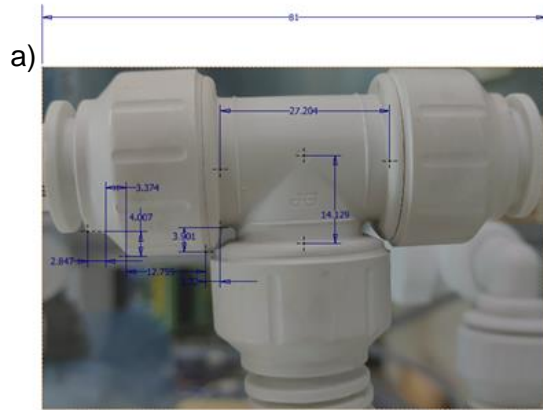
Variables dependientes

Aprendizaje de control y automatización.



Modelado 3D

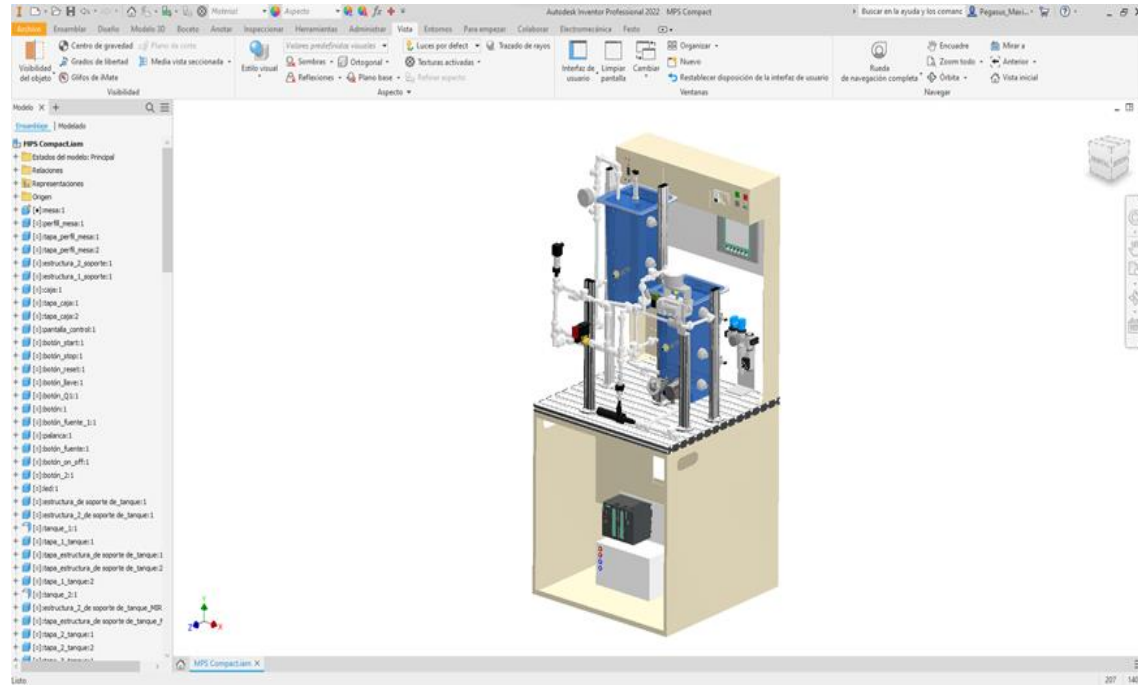
Toma de medidas de componentes de la Estación Compacta



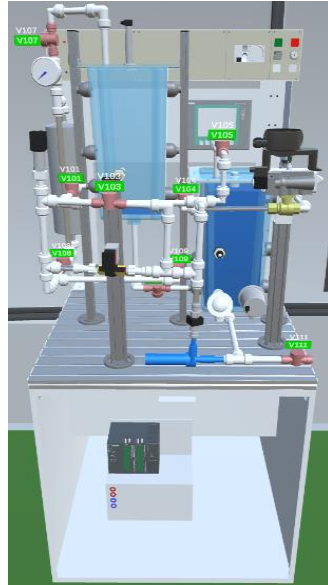
Nota. La gráfica muestra en a) la toma de puntos estratégicos en la pieza para el modelamiento CAD y en b) generación del modelado 3D.

Modelado 3D

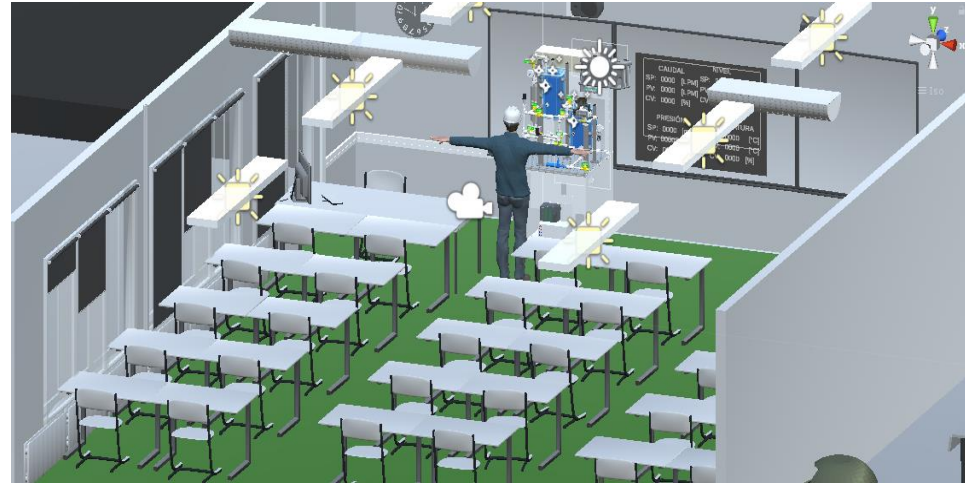
Ensamble de la Estación Compacta modelada en CAD



Importación en Unity de modelado 3D



Estación MPS compacta
virtualizada

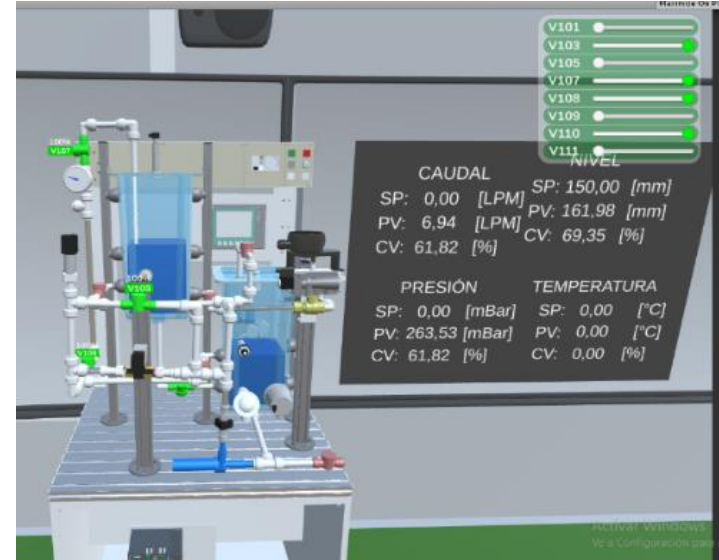


Vista completa del entorno virtual

Animación y programación

```
Assembly-CSharp - Comunicación
289
290 }
291
292 // Update is called once per frame
293 void Update()
294 {
295     if (activarSonidoBomba)
296     {
297         if (sonidoBombaPr == null)
298         {
299             sonidoBombaPr = Instantiate(sonidoBomba);
300         }
301     }
302     else
303     {
304         if (sonidoBombaPr != null)
305         {
306             Destroy(sonidoBombaPr);
307         }
308     }
309
310     /**Rotacion de la Pluma
311     var rot = pluma.transform.localRotation.eulerAngles; //get the angles
312     rot.Set(0f, 180.143f, y1_presion*0.9f); //set the angles
313     pluma.transform.localRotation = Quaternion.Euler(rot); //update the transform
314
315     /**VARIACION DEL NIVEL DEL AGUA
316     aguaControl.transform.localScale = new Vector3(2, (pv_e_Nivel / 50) + 0.01f, 2);
317     aguaFuente.transform.localScale = new Vector3(2, (2 - (pv_e_Nivel) / 50) + 0.01f, 2);
318     /**ASIGNAMOS LOS VALORES A LOS TEXTOS
```

Programación en C#



Visualización de la animación



Modelos matemáticos

Planta Nivel

$$A \frac{dH}{dt} = Cau - 0.00007\sqrt{2gH}$$

Planta presión

$$G(s) = \frac{0.95}{1 + 1.2168s}$$

Planta Temperatura

$$G(s) = \frac{0.5}{1 + 200s}$$

Planta caudal

$$G(s) = \frac{1}{1 + 1.2168s}$$

Entorno virtual de la estación MPS compacta

COMUNICACION

TIPOS DE CONTROL

- CAUDAL
- CAUDAL Y PRESIÓN
- CAUDAL Y NIVEL
- CAUDAL PRESION Y NIVEL

V101

V103

V105

V107

V108

V109

V110

V111

Elementos

Salir

BOMBA DE AGUA



Características

Parámetros	Valor
Presión máxima	2.5 bar
Tensión de funcionamiento	24 DC
Potencia	26 W
Caudal máximo	10 l/min

Elementos



Comunicación del entorno virtual con el TIA Portal

Bloque de comunicación

The screenshot shows the 'Comunicación' block configuration in the TIA Portal. The left pane shows the project tree with 'ComunicaciónX300_V17' selected. The main window displays a table of communication parameters:

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Visible en ...	Valor de a...
Static						
1 State_Temperatura	Bool	0.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 State_Caudal	Bool	0.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 State_Nivel	Bool	0.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 State_Presion	Bool	0.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Start_Unidity	Bool	0.4	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Stop_Unidity	Bool	0.5	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 Temp_SP_A_E	Real	2.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8 Temp_PV_A_R	Real	6.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9 Temp_CV_A_E	Real	10.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10 Caudal_SP_A_E	Real	14.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11 Caudal_PV_A_R	Real	18.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12 Caudal_CV_A_E	Real	22.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13 Nivel_SP_A_E	Real	26.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14 Nivel_PV_A_R	Real	30.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15 Nivel_CV_A_E	Real	34.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16 Presion_SP_A_E	Real	38.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17 Presion_PV_A_R	Real	42.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18 Presion_CV_A_E	Real	46.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LED_ON	Bool	50.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
UnityReset	Bool	50.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LED_ON_RESET	Bool	50.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Extensor de red

The screenshot shows the 'NetToPLCsim:s7o' network extension tool interface. It features a table with the following data:

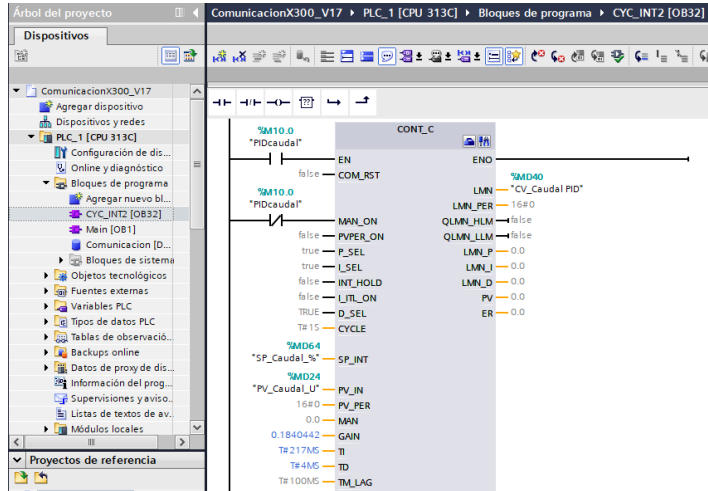
Name	Network address	Plcsim address	Rack/Slot	Status
PLC#001	127.0.0.1	192.168.0.1	0/2	READY

Below the table are buttons for 'Start Server', 'Stop Server', 'Add', 'Modify', and 'Delete'. The version is 1.2.5.0 and the port is 102 OK.



Control PID en el entorno de TIA Portal

Bloque PID



Constantes PID

Variable	Gain	Ti	Td
Caudal	0.1284	0.217	0.004
Nivel	20	7	0.5
Temperatura	2.13333	450	112.5

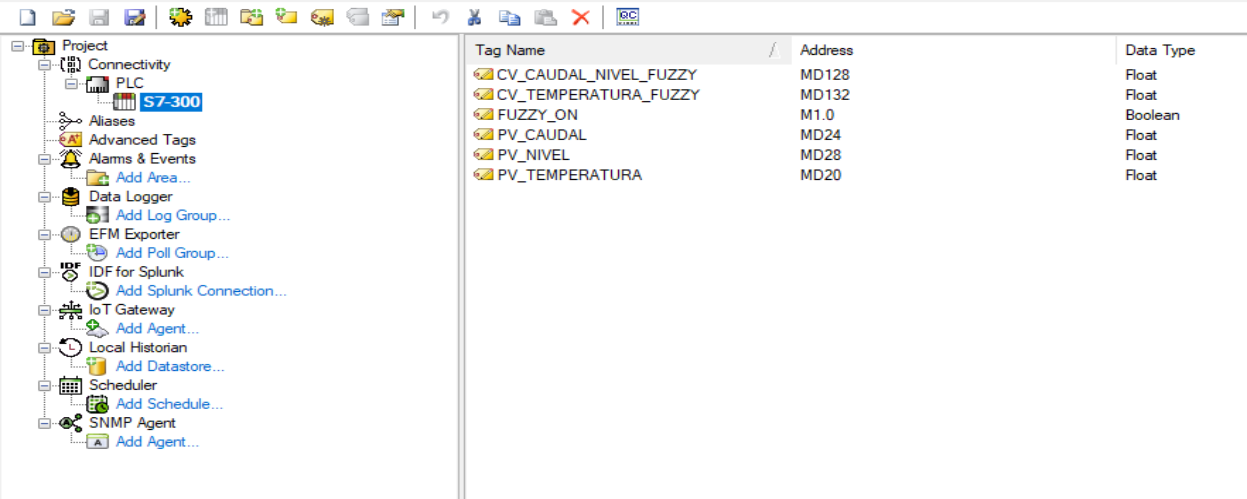


Conexión del entorno virtual con LabVIEW

Configuración del KEPServer

KEPServerEX 6 Configuration [Connected to Runtime]

File Edit View Tools Runtime Help



The screenshot shows the KEPServerEX 6 Configuration interface. On the left is a tree view of the project structure, including sections like Connectivity, PLC (S7-300), Aliases, Advanced Tags, Alarms & Events, Data Logger, EFM Exporter, IDF for Splunk, IoT Gateway, Local Historian, Scheduler, and SNMP Agent. On the right is a table listing the configured tags.

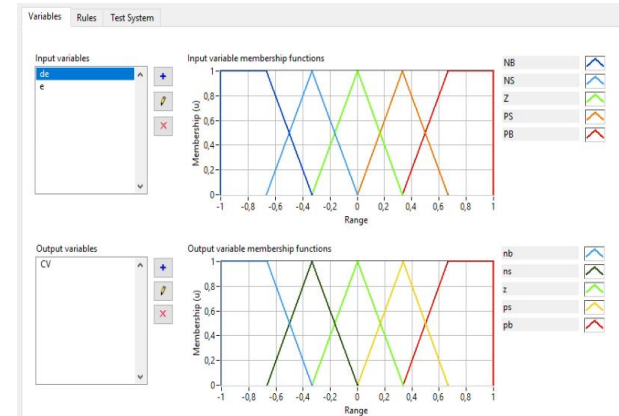
Tag Name	Address	Data Type
CV_CAUDAL_NIVEL_FUZZY	MD128	Float
CV_TEMPERATURA_FUZZY	MD132	Float
FUZZY_ON	M1.0	Boolean
PV_CAUDAL	MD24	Float
PV_NIVEL	MD28	Float
PV_TEMPERATURA	MD20	Float

Control fuzzy logic mediante LabVIEW

Reglas para fuzzy logic

de \ e	BB	B	N	A	AA
BB	bb	bb	bb	b	n
B	bb	bb	b	n	a
N	bb	b	n	a	aa
A	b	n	a	aa	aa
AA	n	a	aa	aa	aa

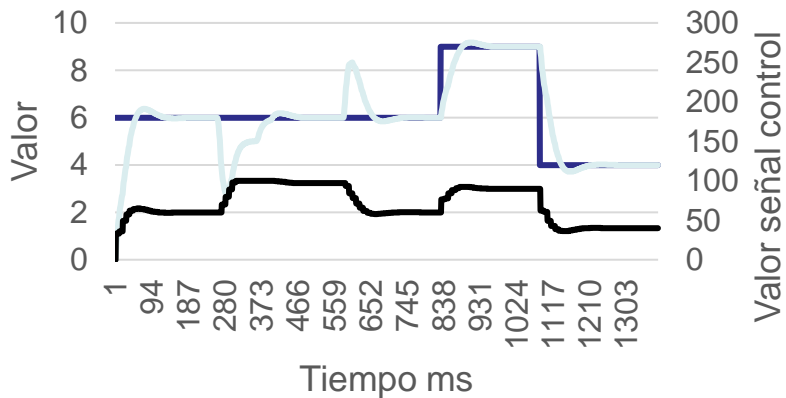
Creación de conjuntos



Pruebas y resultados

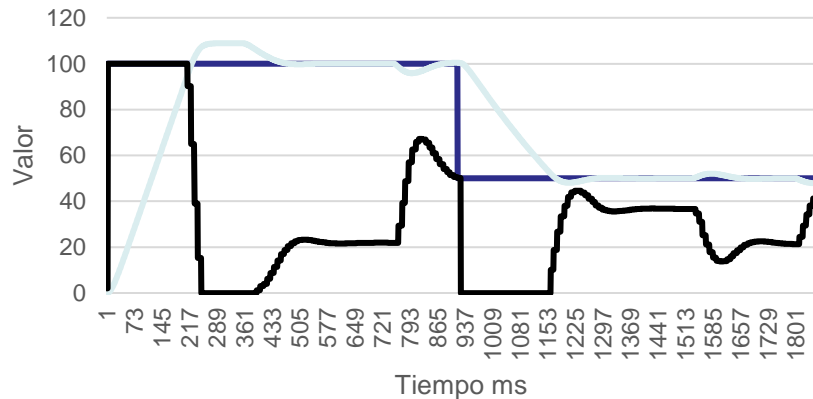
Prueba de funcionamiento control PID

Curva de Caudal



— Set Point — Sensor — Salida de control

Curva de Nivel

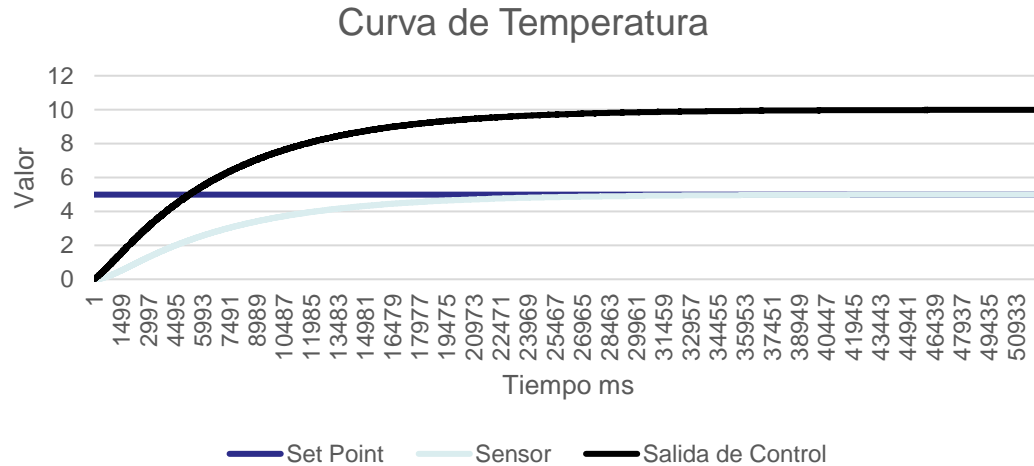


— Set Point — Sensor — Salida de Control



Pruebas y resultados

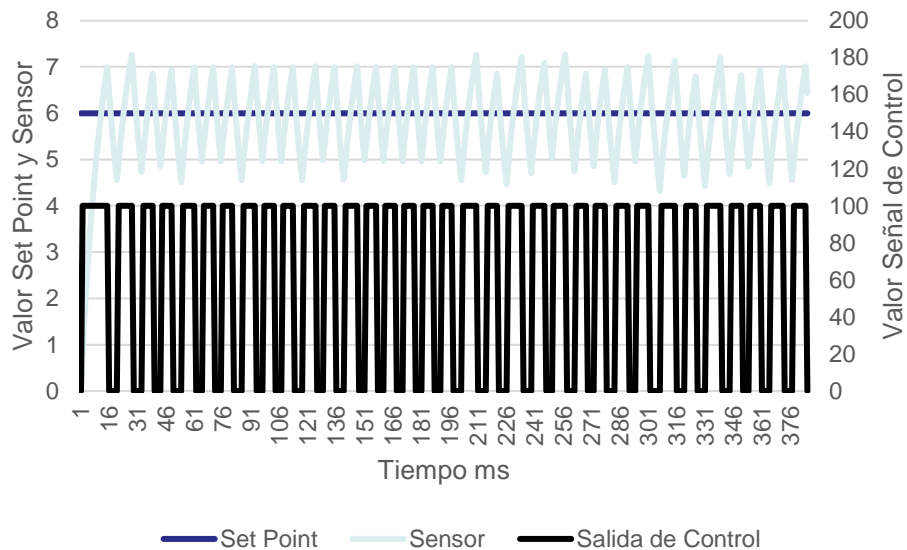
Prueba de funcionamiento control PID



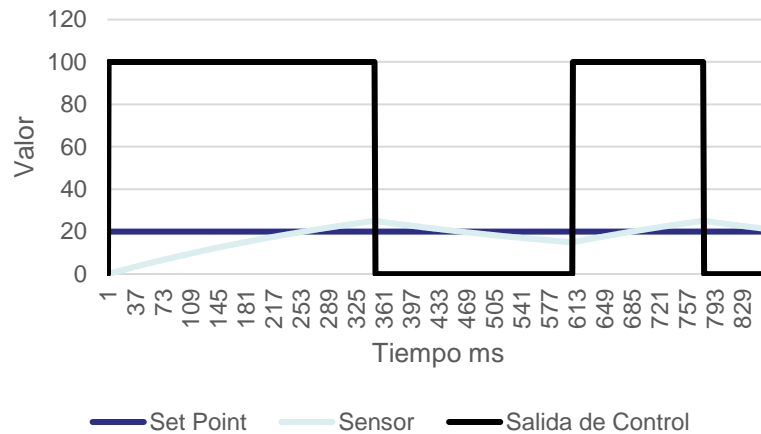
Pruebas y resultados

Prueba de funcionamiento control ON OFF con histéresis

Curva de Caudal



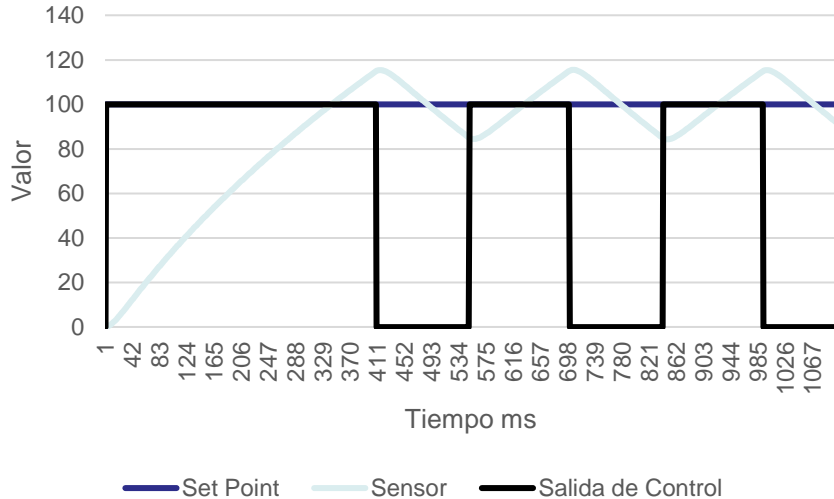
Curva de Temperatura



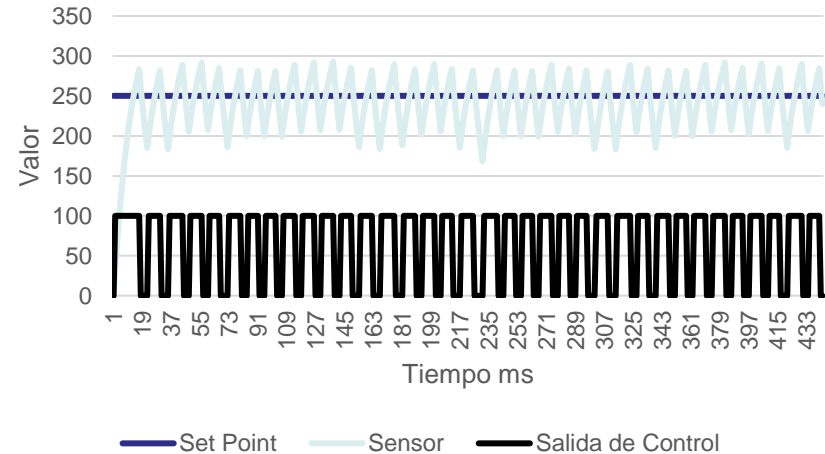
Pruebas y resultados

Prueba de funcionamiento control ON OFF con histéresis

Curva de Nivel



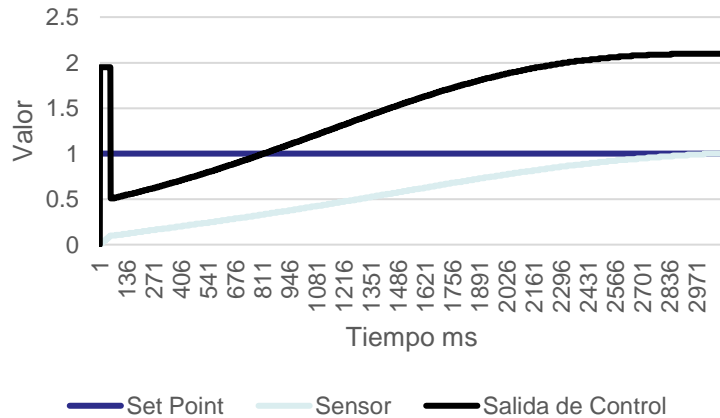
Curva de Presión



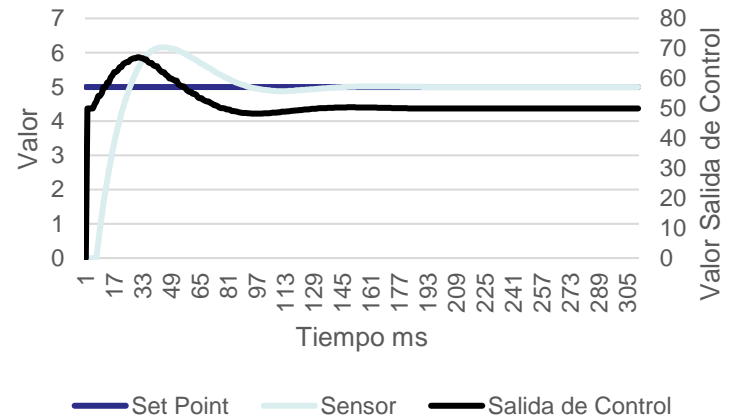
Pruebas y resultados

Prueba de funcionamiento en LabVIEW

Curva de Temperatura

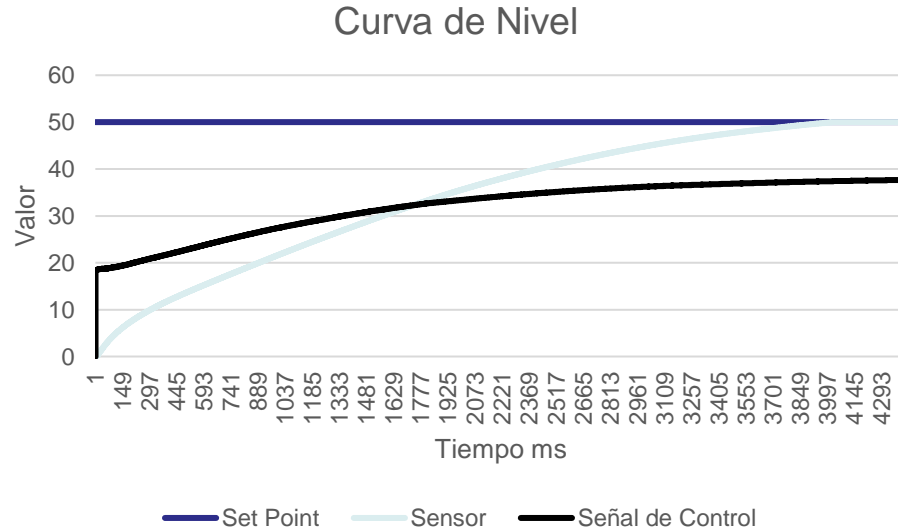


Curva de Caudal



Pruebas y resultados

Prueba de funcionamiento en LabVIEW



Pruebas y resultados

Los datos obtenidos en la tabla muestran que el nivel de confiabilidad del entorno virtual es del 100% ya que cada una de las pruebas realizadas tuvieron resultados favorables.

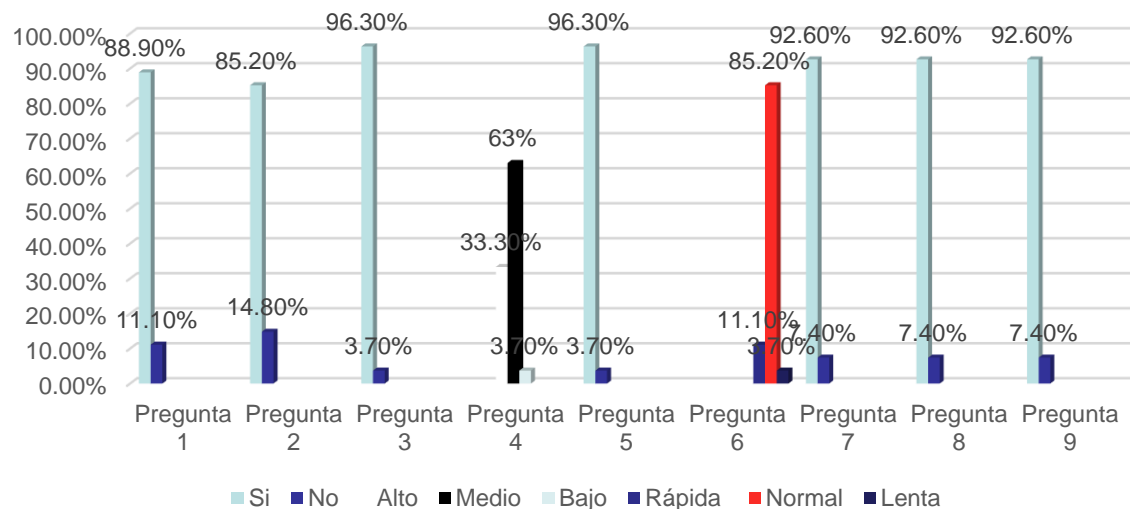
Prueba	N° de pruebas	N° de pruebas fallidas	N° de pruebas correctas
Comunicación	10	0	10
Aminación	10	0	10
PID temperatura	10	0	10
PID caudal	10	0	10
PID nivel	10	0	10
ON OFF temperatura	10	0	10
ON OFF caudal	10	0	10
ON OFF presión	10	0	10
ON OFF nivel	10	0	10
Fuzzy logic temp.	10	0	10
Fuzzy logic caudal	10	0	10
Fuzzy logic nivel	10	0	10



Resultados de las encuestas y validación de la hipótesis

El resultado que se obtuvo con los valores tabulados fue un alfa de Cronbach de 0.72585, por lo que para validar la hipótesis planteada se determinó un valor que se encuentra dentro de un rango bueno en la fiabilidad mismos resultados que se obtuvieron luego de haber realizado las encuestas y utilizado la aplicación del entorno virtual de la estación MPS compacta, por lo que se evidencia que el entorno virtual puede ser una herramienta de aprendizaje

Resultados de la encuesta



Alfa de Cronbach

Rango	Magnitudes
[0 ; 0,2]	Inaceptable
[0,2 ; 0,4]	Bajo
[0,4 ; 0,6]	Aceptable
[0,6 ; 0,8]	Bueno
[0,8 ; 1]	Excelente



Conclusiones

- Se consiguió virtualizar la estación de trabajo MPS compacta en un entorno virtual, en donde se puede controlar de manera automática las plantas de temperatura, nivel, caudal y presión. La temperatura se controla en los rangos de 0 a 100°C, la presión de 0 a 400mBar, el caudal de 0.3 a 9 LPM, y el nivel de 0 a 290mm de altura.
- El estudio de los componentes de la estación MPS compacta aportó los parámetros necesarios para la virtualización de la estación. Se consideraron todos los componentes de la máquina, exceptuando el cableado. La virtualización de la estación fue realizada en Autodesk Inventor al ser un programa gratuito, amigable y que permite la exportación de elementos en formato .obj, el cual es compatible con el programa con el que se creó el entorno virtual.

Conclusiones

- Las animaciones del entorno virtual de la estación MPS compacta se realizaron con ayuda del motor grafico de videojuegos “Unity”, el cual cuenta con un lenguaje de programación más sencillo, no requiere de recursos computacionales altos para ejecutarse. Además de que utiliza C# como lenguaje de programación nativo de la librería Sharp7, permitiendo la comunicación entre el ambiente virtual y el TIA Portal.
- En el entorno virtual se programó los modelos matemáticos de las cuatro plantas que maneja la estación real: nivel, cauda, temperatura y presión. Los cuales son controlados con el TIA Porta, mediante el envío y recepción de señales de control PID, control Fuzzy y control ON/OFF entre el ambiente virtual y el TIA Portal.



Conclusiones

- Se realizó una encuesta a los alumnos, egresados de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga y profesionales de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, con fin de medir la usabilidad del entorno virtual de la estación MPS compacta. En donde el 96.3% de los encuestados mencionan que el ambiente virtual es de fácil uso, y permite el reconocimiento de los elementos de la estación. El 85.2% de los encuestados menciona que la implementación de este tipo programa es necesario para que los estudiantes obtengan experiencia en el manejo de la planta de forma virtual antes de utilizar la estación real.

Recomendaciones

- Antes de utilizar la estación virtual, se recomienda que el usuario revise de forma detallada el manual de uso, para que se pueda familiarizar de mejor manera con los elementos de la estación MPS compacta, así como también la interfaz de control y las funciones del entorno virtual.
- Para que exista una comunicación entre Unity con LabVIEW hay que crear las mismas variables que se tiene en el TIA Portal, además al momento de crear las variables en KEPServer hay que tener muy cuenta que por defecto sale DWord pero se trabaja en el TIA Portal como variable real, por lo tanto aplicar en el KEPServer como flotante.

Recomendaciones

- Con el desarrollo del proyecto se recomienda utilizar software Unity ya que es un software de videojuegos que tiene todas las facilidades e interfaces personalizadas, además ayuda a la creación intuitiva y es muy útil para el desarrollo de proyectos como el que se ha realizado.
- Se recomienda que el control Fuzzy Logic se lo realice en el entorno de LabVIEW, ya que su interfaz es bastante intuitiva y fácil de usar.
- Se recomienda que en el laboratorio de Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, se utilice en ambiente virtual solo en modo de reconocimiento, y para utilizar el control automático los estudiantes se descarguen el TIA Portal V16 con la licencia de prueba de 21 días de la página oficial de Siemens.



Gracias



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA