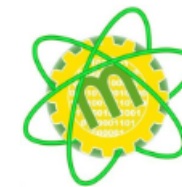




ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CIBER-FÍSICO CON REALIDAD AUMENTADA PARA FACILITAR EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO COMPACTA MPS MEDIANTE EL MONITOREO Y DESPLIEGUE VIRTUAL DE INFORMACIÓN EN EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA.

AUTORES:

**DAVID ANTONIO GUALPA YUMI
OSCAR DARIO PROAÑO GAMBOA**

DIRECTOR:

ING. ANDRÉS MARCELO GORDÓN GARCÉS



Resumen

Objetivos

Diseño de Sistema Ciber-físico

Diseño de Realidad Aumentada

Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones



RESÚMEN

El presente trabajo de titulación realiza el diseño e implementación de un sistema ciber-físico con realidad aumentada el cual está basado en el monitoreo y control de variables de la estación de trabajo compacta MPS Festo. El proyecto esta implementado como una aplicación para dispositivos Android en el cual cualquier estudiante puede descargarse la aplicación, conectarse a la red de la Estación y monitorear en tiempo real todos los datos de los sensores tanto analógicos como digitales de la estación. También permite controlar los actuadores de la estación como la bomba, válvula proporcional, válvula de bola, calentador y se puede visualizar de forma 3D que componente se activa o se desactiva. Esta aplicación también detalla la forma correcta de realizar el control PID de nivel y temperatura de la máquina mediante la interacción de realidad aumentada, así como también recalca todas las características de los componentes de la estación. Para el correcto encendido y puesta en marcha de la estación, la aplicación contiene información sobre los detalles que el usuario debe considerar para el encendido correcto de la máquina. La aplicación fue realizada en los softwares de desarrollo Android Studio y Unity. En Android Studio se logró la comunicación entre los PLC y cualquier dispositivo conectado a la red y en el software Unity se diseñó la interfaz de la aplicación en realidad aumentada.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema ciber-físico con realidad aumentada para facilitar el desarrollo de prácticas de la estación de trabajo compacta MPS mediante el monitoreo y despliegue virtual de información en el Laboratorio de Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar sobre el uso e implementación de un sistema ciber-físico con realidad aumentada.
- Implementar el sistema ciber-físico para el monitoreo de variables de presión y nivel de la estación de trabajo compacta MPS.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVOS

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Programar la información virtual mediante el uso de software orientado a la creación de videojuegos para la creación de guías de prácticas de laboratorio de la estación de trabajo compacta MPS.
- Diseñar esquemas gráficos en 3D de los componentes que conforman la estación de trabajo compacto MPS.
- Crear una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android que integre el sistema ciber-físico y la realidad aumentada.
- Evaluar el funcionamiento del sistema ciber-físico con realidad aumentada en la estación de trabajo compacta MPS.



ESTACIÓN DETRABAJO COMPACTA MPS

Mecánica: 2 depósitos, acumulador, sistema de tubos enchufable, unidad de filtro y regulador, bastidor de montaje, panel de prácticas perfilado

Técnica de sensores: 2 sensores capacitivos, 2 interruptores de flotador, sensor de ultrasonidos, sensor de caudal, sensor de presión, sensor de temperatura PT100.

Actuadores: Bomba, válvula posicionadora, válvula de bola de 2 vías con actuador giratorio neumático y detección de la posición final de doble efecto, calefacción

Sistema eléctrico: Placa de conexión E/S con transformador de medición, regulador de motor, terminal de E/S, SysLink, 8E/8S, terminal analógico, SysLink, 15 polos.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

SISTEMA CIBER-FISICO CON REALIDAD AUMENTADA



SISTEMA CIBER-FISICO

REALIDAD AUMENTADA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PARÁMETROS DE DISEÑO.

DIAGRAMA DE CONEXIÓN



ANDROID STUDIO



VUFORIA



UNITY GAME ENGINE



VUFORIA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

MANTENIMIENTO MECÁNICO

En primer lugar, se realiza el reconocimiento de todos los componentes que forman parte de la estación, como son: la mesa de trabajo, placa de perfil, soportes, las tuberías, uniones, codos, sujetadores, válvulas, tanques, sensores, actuadores.



MANTENIMIENTO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO.

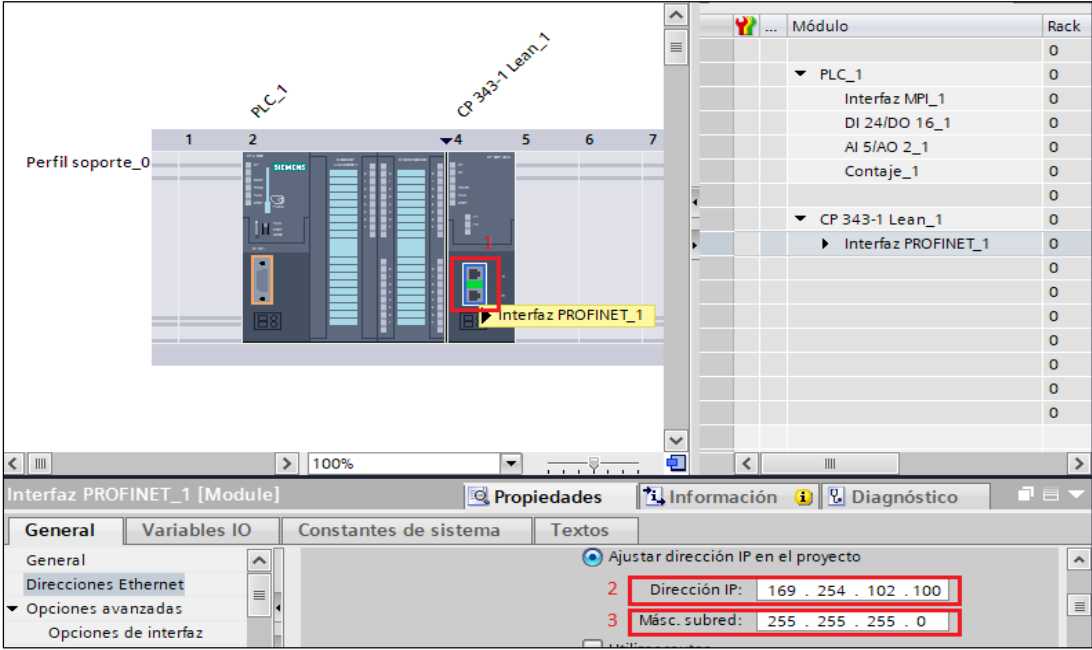
En esencia el cableado de cada uno de los sensores y actuadores se encontraba de manera irregular por lo cual fue necesario realizar una verificación de funcionamiento de los sensores y actuadores mediante el uso de una fuente de 24v y un multímetro, para luego dar paso a la corrección de todas las conexiones entre los módulos que forman parte de la estación.



DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DE PINZA FLEXIBLE

MANTENIMIENTO DE COMUNICACIÓN

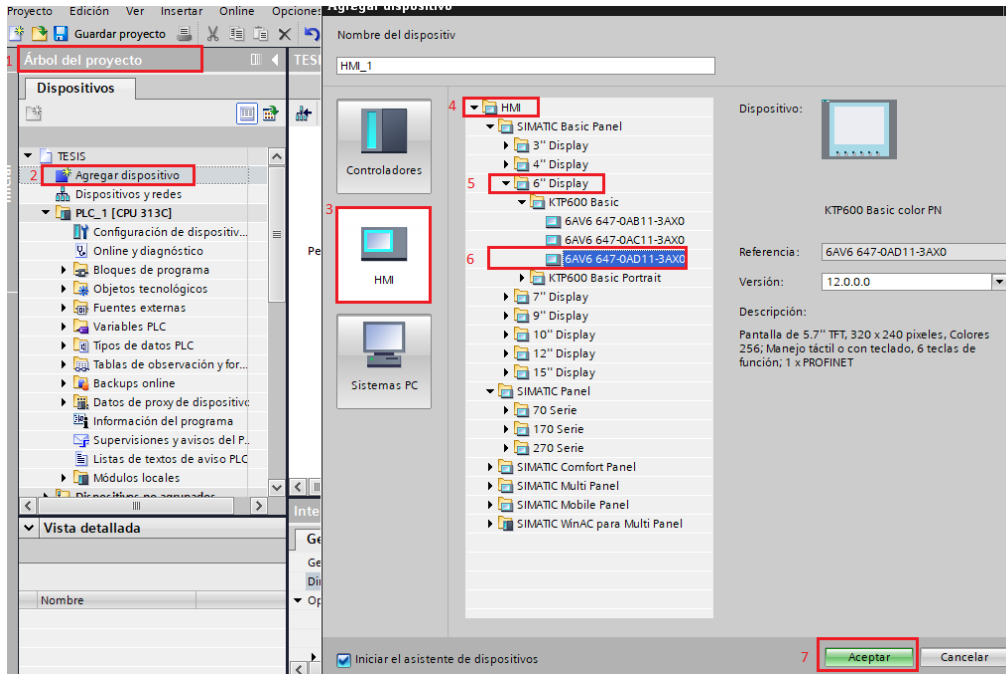
Para empezar con la programación determinada en referencia al manejo de los actuadores o el monitoreo de los sensores de la estación fue necesario identificar las direcciones de entrada y salida del PLC, que tiene ya definida la estación mediante la utilización del manual de la estación y proyectos relacionados.



Comprobación de lectura de sensores (Analógicos y digitales) y funcionamiento de actuadores.

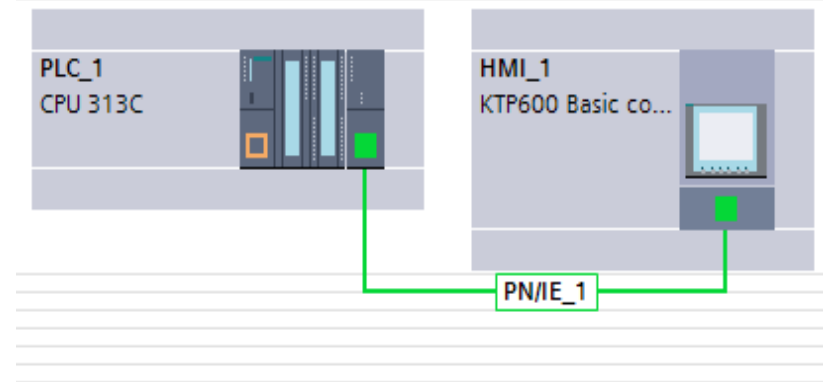
Tabla de variables estándar							
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Visibl...	Comentario
1	NIVEL	Int	%IW752		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	FLUJO	Int	%IW754		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	PRESION	Int	%IW756		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	TEMPERATURA	Int	%IW758		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	START	Bool	%I125.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	STOP	Bool	%I125.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	BOMBA	Bool	%Q124.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	NIVEL_BAJO_T101	Bool	%I124.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	NIVEL_ALTO_T101	Bool	%I124.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	VALVULA_BOLA	Bool	%Q124.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	VALVULA_PROPOR_ON	Bool	%Q124.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	CALENTADOR	Bool	%Q124.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	LLAVE_MAN/AUTO	Bool	%I125.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	VALOR_BOMBA	Word	%QW752		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	VALOR_VALVULA	Word	%QW754		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	ON_NIVEL_PID	Bool	%M2.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	





Implementación del HMI

Vista de redes PLC con HMI
conexión vía Ethernet



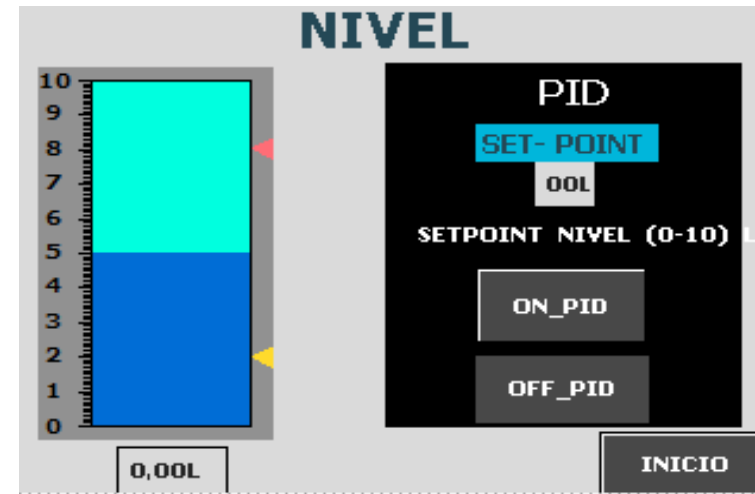
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Programación WinCC TIA Portal

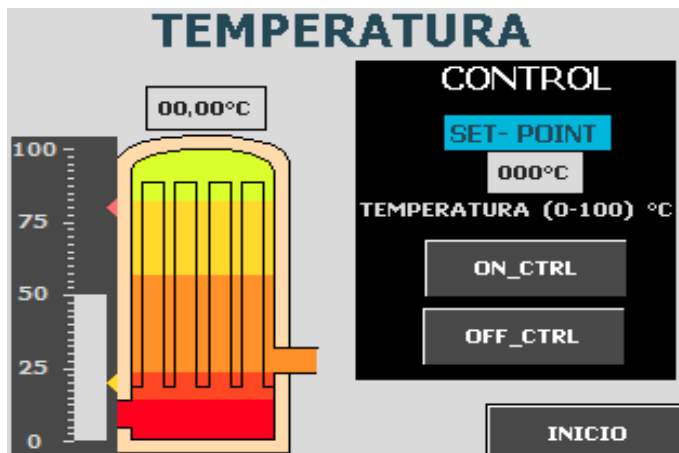
Carátula



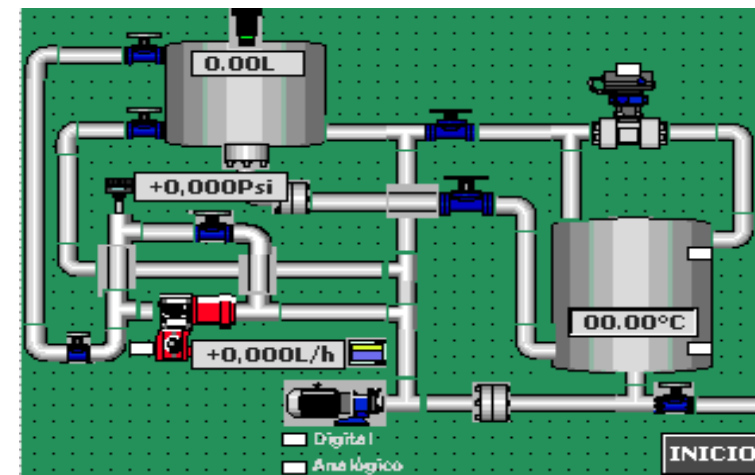
Control Nivel



Control Temperatura



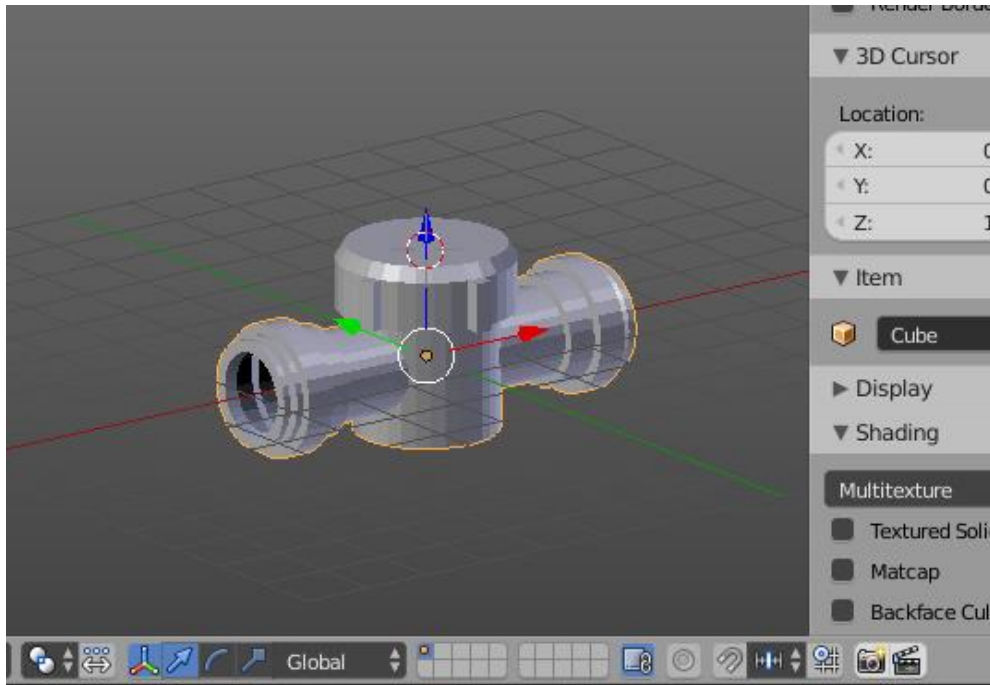
Sensores y Actuadores



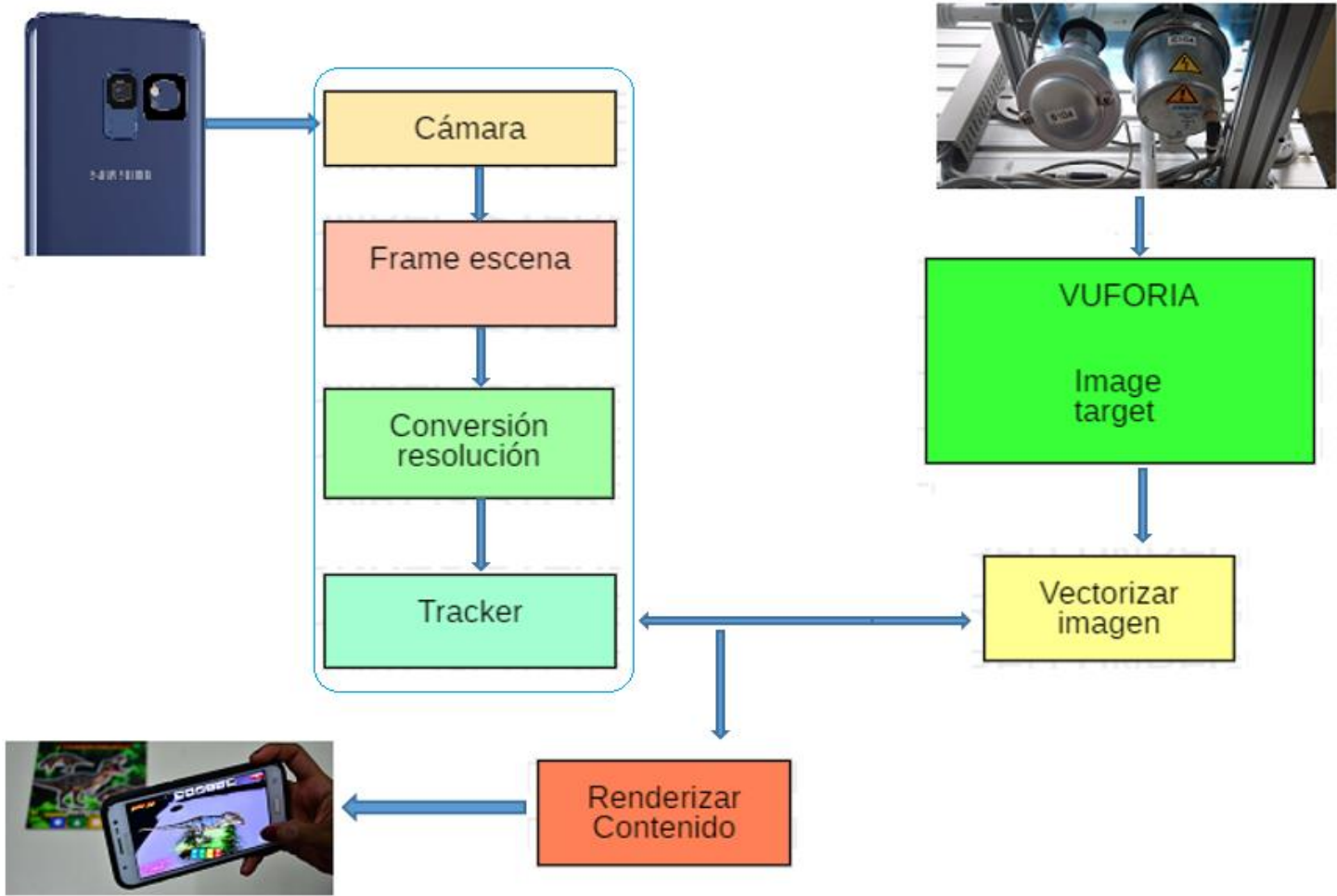
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DISEÑO DE OBJETOS 3D

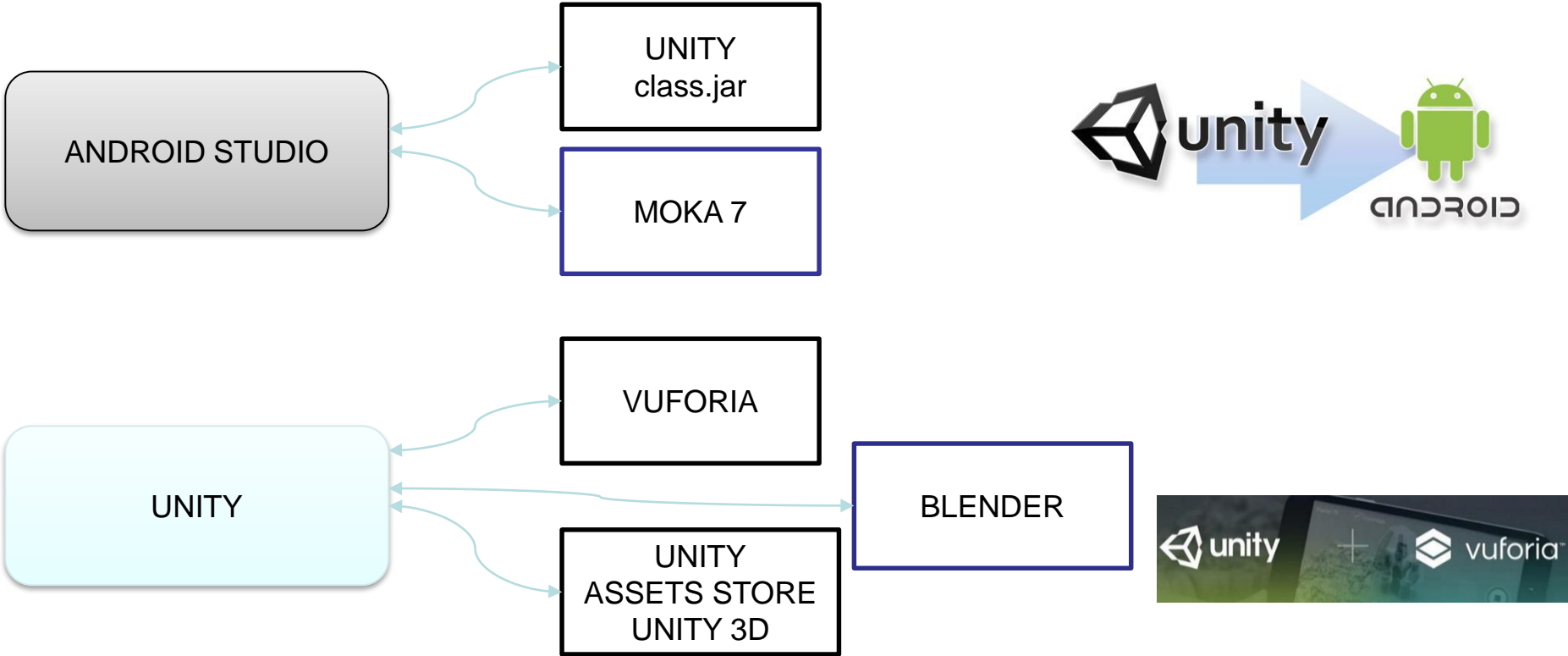
Diseño de válvula manual mediante el uso del Software blender para objetos 3D y animación , así como cada uno de los actuadores



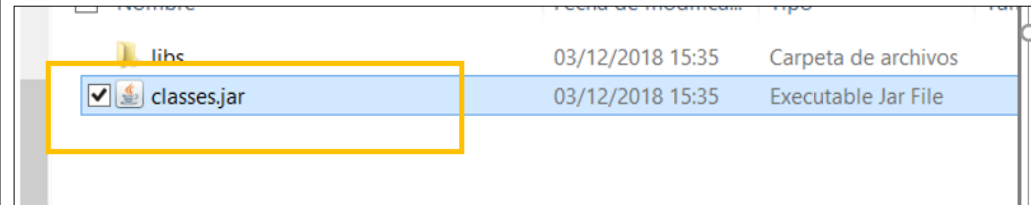
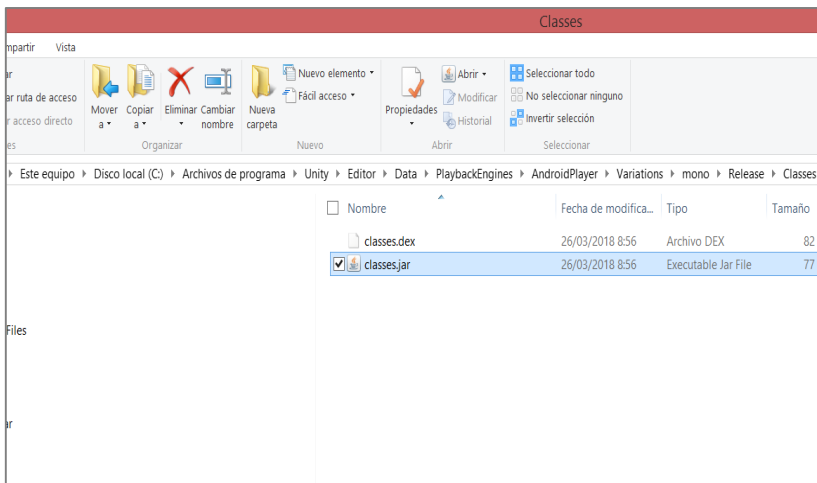
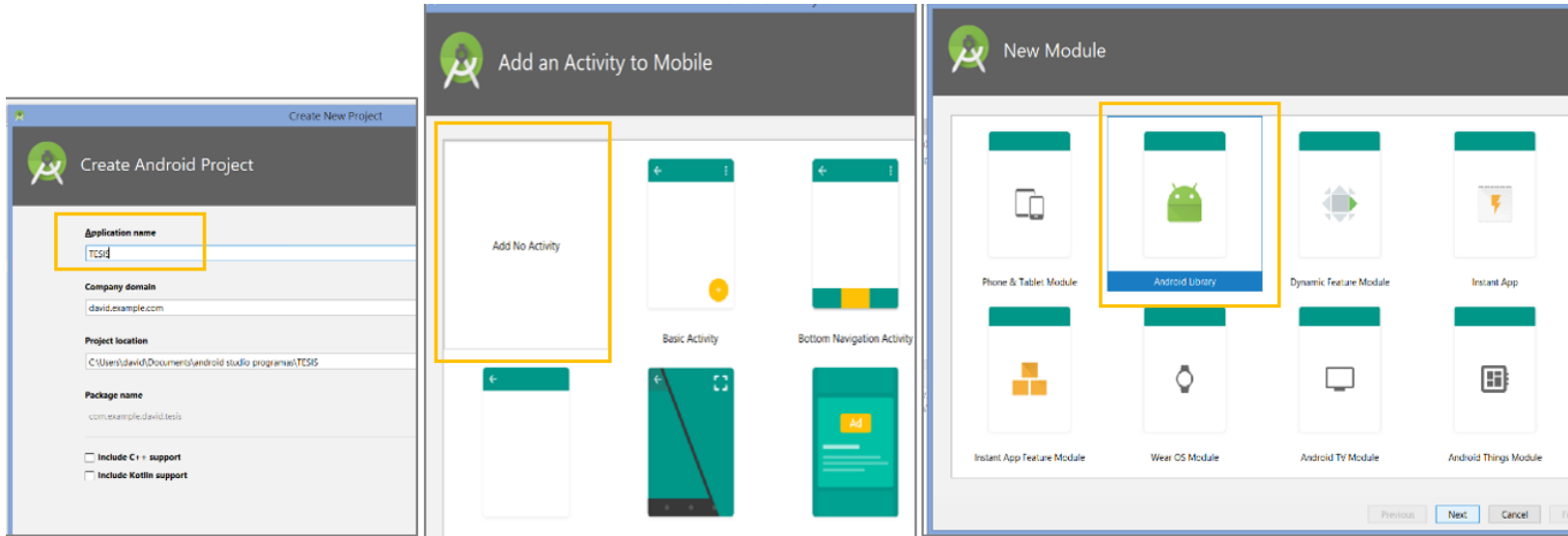
SISTEMA DE RECONOCIMIENTO



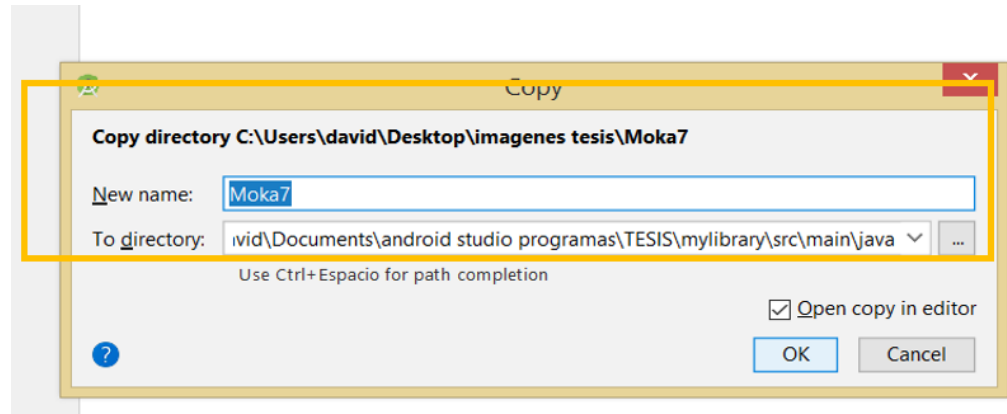
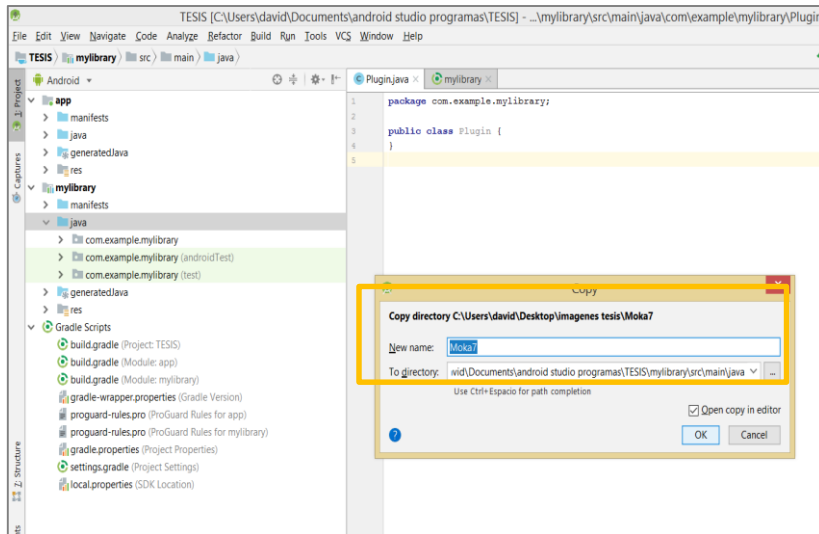
ANDROID STUDIO+ UNITY



Desarrollo Android Studio



Librería Moka7 Android Studio



Funciones Moka 7

Funciones	Propósito
“ConnectTo”	Conecta un objeto Cliente a un PLC utilizando su IP,Rack y Slot
“SetConnectionType”	Establece el tipo de conexión (PG/OP/S7BASIC)
“SetConnectionParams”	Establece la dirección, local y remota TSAP de la conexión
“Connect”	Conecta un objeto Cliente a un PLC sin ningún parámetro de por medio
“Disconnect”	Desconecta el Objeto Cliente

		Type	Dir.	
ConnectTo	Address	String	In	PLC/Equipment IPV4 Address ex. “192.168.1.12”
	Rack	int	In	PLC Rack number (see below)
	Slot	int	In	PLC Slot number (see below)



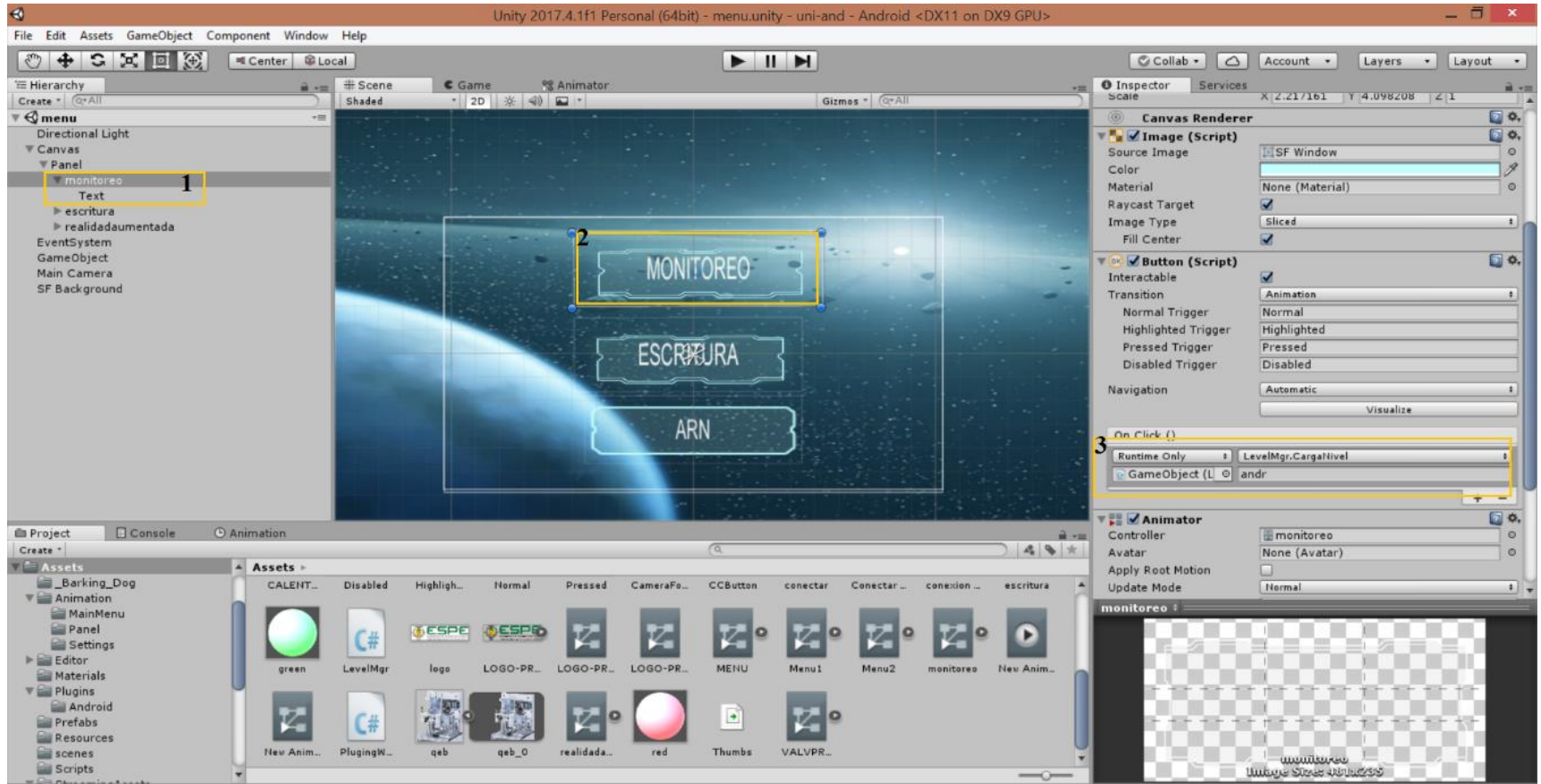
Funciones Moka 7

Funciones	Propósito
“ReadArea”	Lee datos desde el PLC Con este DB, Inputs, Outputs, Merkers, Timers and Counters.
“WriteArea”	Escribe un área de datos del PLC. Es la función complementaria de ReadArea (), los parámetros y sus significados son los mismos.
“ReadMultiVars”	Lee diferentes tipos de variables dentro del PLC simultáneamente
“WriteMultiVars”	Escribe diferentes tipos de variables dentro del PLC simultáneamente

		Type	Dir.	Mean
ReadArea y WriteArea	Area	int	In	Area identifier.
	DBNumber	int	In	DB Number if Area = S7AreaDB, otherwise is ignored.
	Start	int	In	Offset to start
	Amount	int	In	Amount of elements to read (1)
	Wordlen	int	In	Word size (2)
	Buffer	Byte Buffer	In	Buffer
	BytesRead	int	Out	Number of bytes read (3)



Desarrollo UNITY 3D



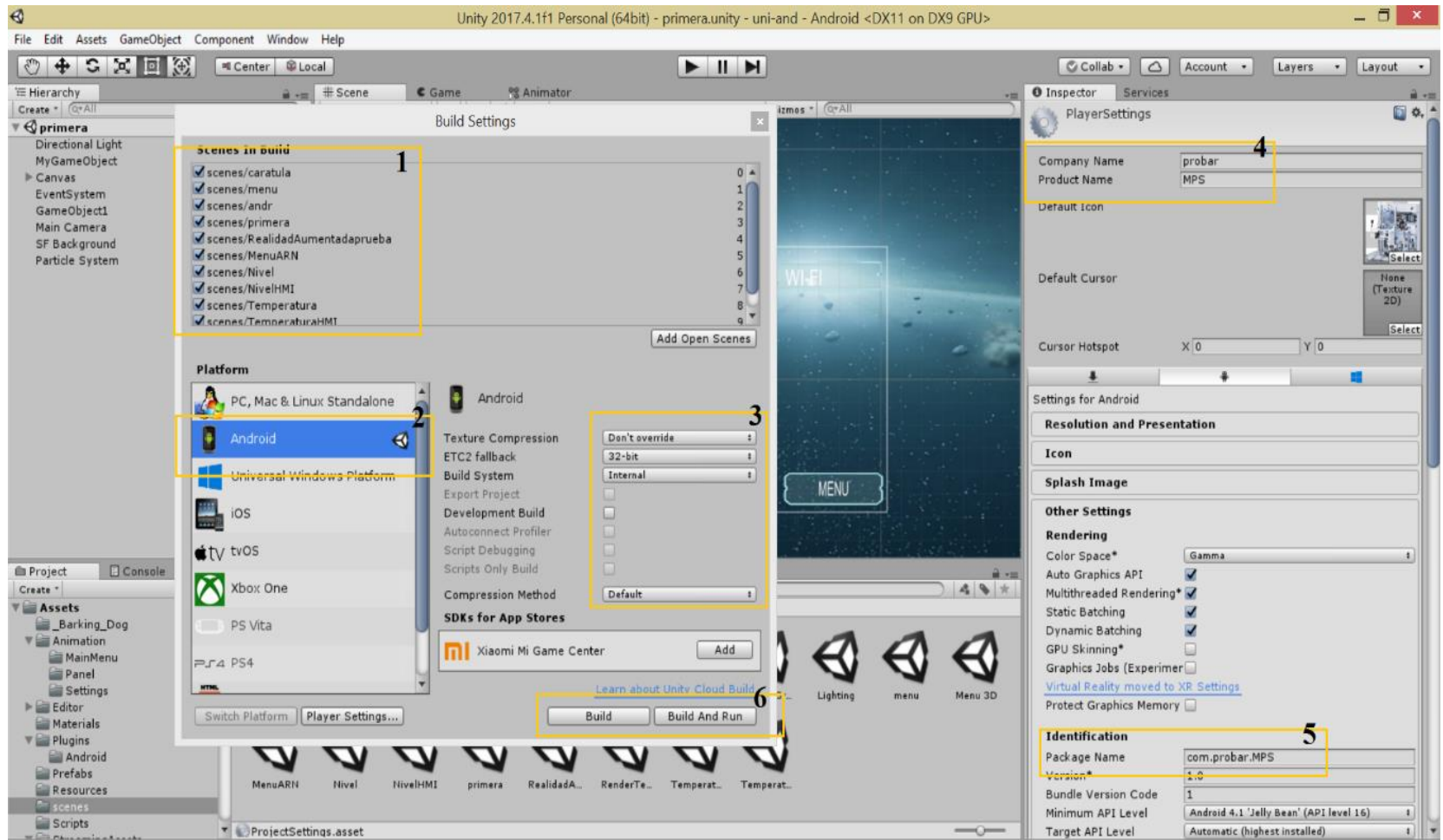
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Desarrollo UNITY 3D

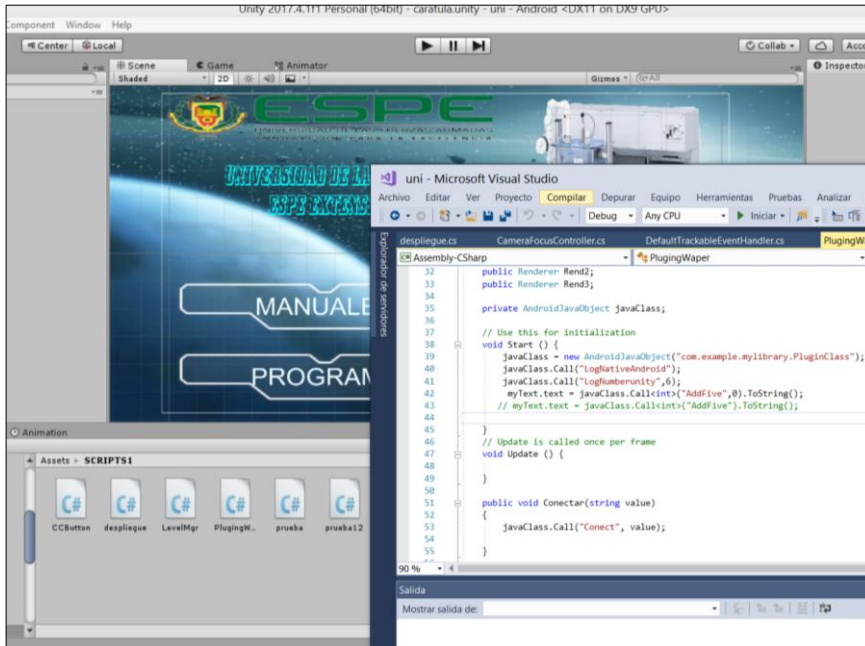


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Desarrollo UNITY 3D



Script Android -Unity

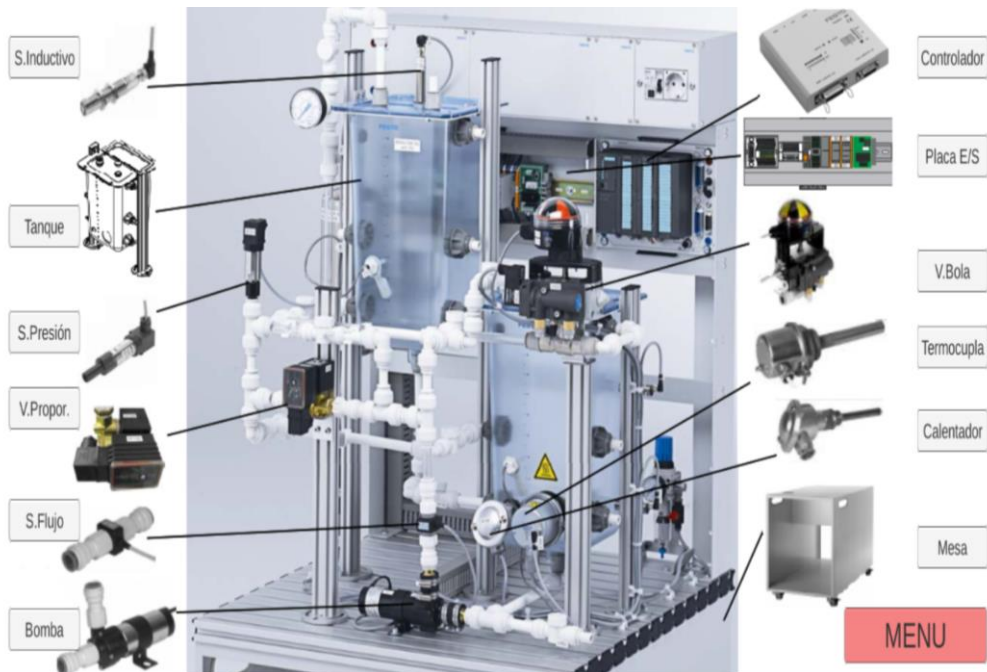


```
public Renderer Rend;  
public Renderer Rend1;  
public Renderer Rend2;  
public Renderer Rend3;  
  
private AndroidJavaObject javaClass;  
  
// Use this for initialization  
void Start () {  
    javaClass = new AndroidJavaObject("com.example.mylibrary.PluginClass");  
    javaClass.Call("LogNativeAndroid");  
    javaClass.Call("LogNumberunity",6);  
    myText.text = javaClass.Call<int>("AddFive",0).ToString();  
    // myText.text = javaClass.Call<int>("AddFive").ToString();  
}  
  
// Update is called once per frame  
void Update () {  
  
}  
  
public void Conectar(string value)  
{  
    javaClass.Call("Conect", value);  
}
```



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Despliegue de información



Características

BOMBA



- *Bomba centrífuga con un caudal de aprox. 5 l/min garantizan un flujo continuo de agua.
- *Control continuo de la bomba, motor de la bomba la velocidad puede ser variada por medio de un motor con una señal de voltaje: entrada 0-10 VDC, salida 0-24 VDC.



REGISTRO DE VUFORIA

Registrarse en la página de vuforia

Agregar una licencia a la aplicación

Añadir una base de datos con todas las imágenes a utilizar

Descargar la base de datos

Copiar el código que genera la licencia de vuforia



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Realidad aumentada

Vuforia es un SDK que permite construir aplicaciones basadas en la Realidad Aumentada; la aplicación que usa Vuforia se encarga de entrelazar los elementos del mundo real con virtuales como pueden ser animaciones, objetos en 3D, textos, imágenes (Cruz, 2014).

Type:



File: 1

valvula.png

.jpg or .png (max file 2mb)

Width: 2

780

Width is required

Enter the width of your target in scene units. The size of the target should be on the same scale as your augmented virtual content. Vuforia uses meters as the default unit scale. The target's height will be calculated when you upload your image.

Name: 3

valvula|

Name must be unique to a database. When a target is detected in your application, this will be reported in the API.

Home Pricing Downloads Library Develop Support

License Manager Target Manager

Target Manager > valvula

valvula [Edit Name](#)

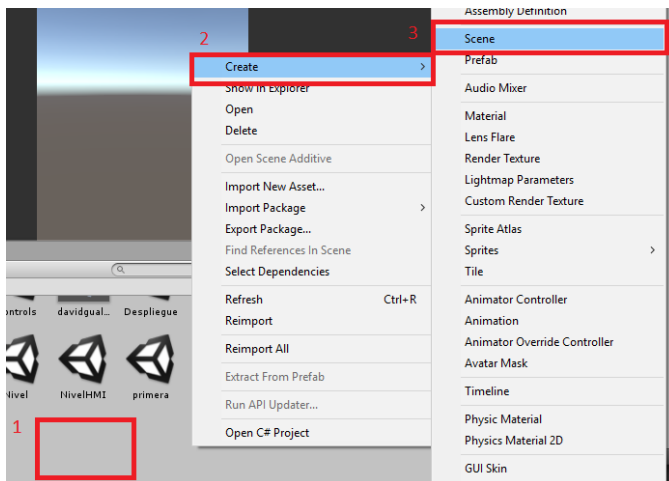
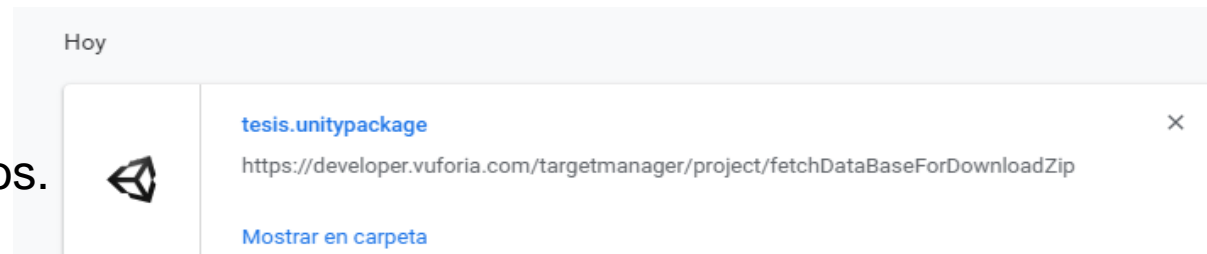
Type: Device

Targets (8)

<input type="checkbox"/>	Target Name	Type	Rating	Status	Date Modified
<input type="checkbox"/>	calentadorC	Single Image	★★★★★	Active	Jan 11, 2019 17:26
<input type="checkbox"/>	BolaC	Single Image	★★★★★	Active	Jan 11, 2019 17:23
<input type="checkbox"/>	MotorC	Single Image	★★★★☆	Active	Jan 11, 2019 17:21
<input type="checkbox"/>	proporC	Single Image	★★★★★	Active	Jan 11, 2019 17:20
<input type="checkbox"/>	proporO	Single Image	★★★★★	Active	Jan 11, 2019 17:12



Paquete de base de datos.



Creación de escena para implementar AR.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Inserción de licencia para la aplicación de AR

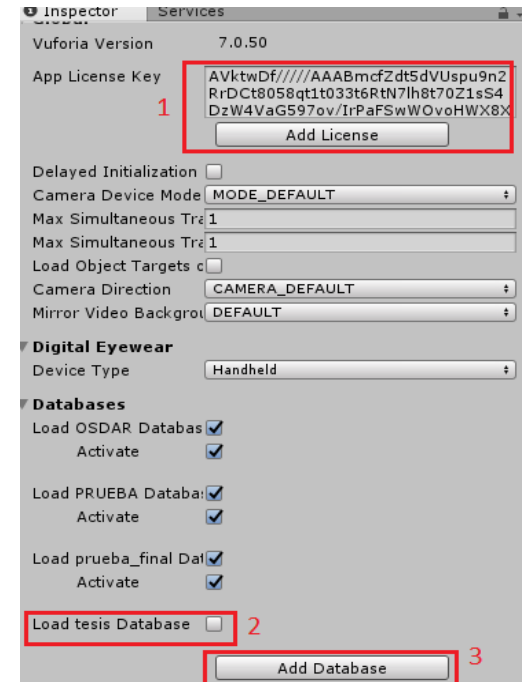
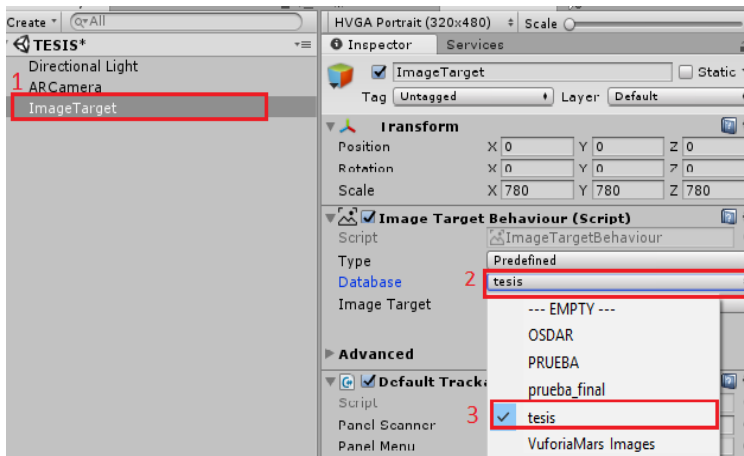
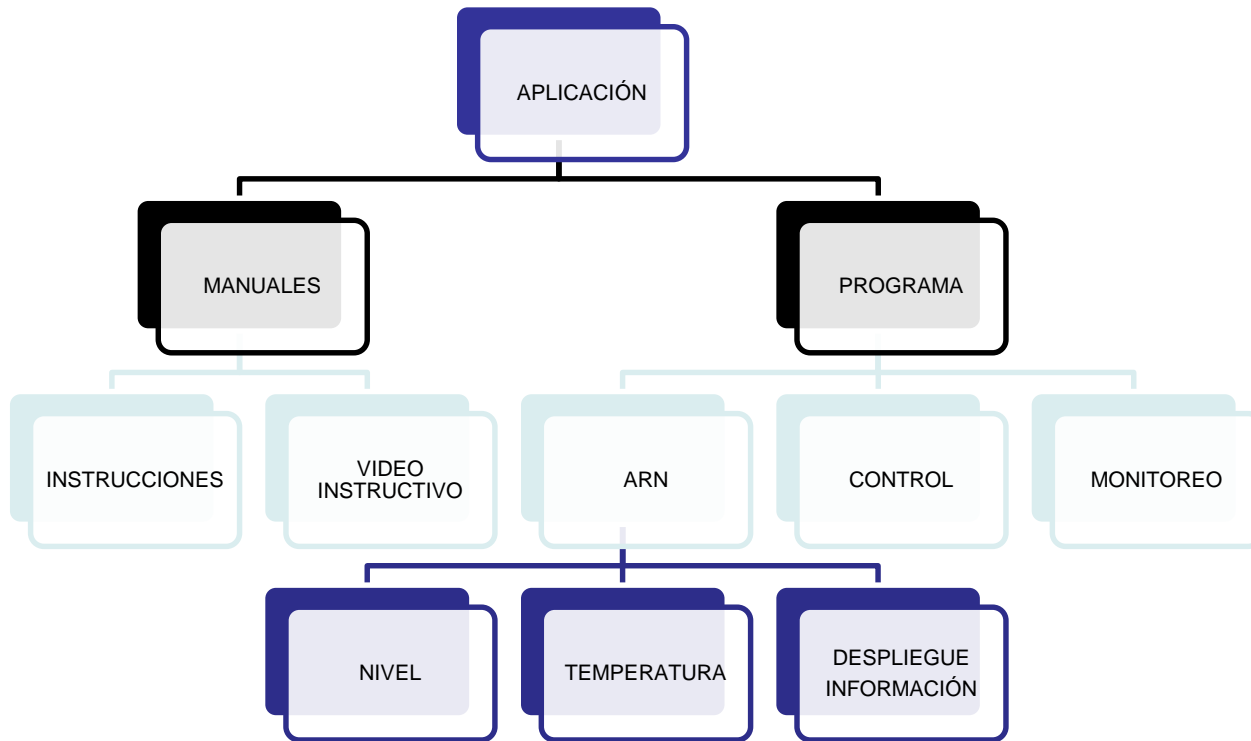


Image Target para reconocimiento de objetos.

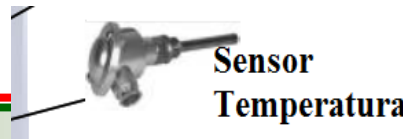
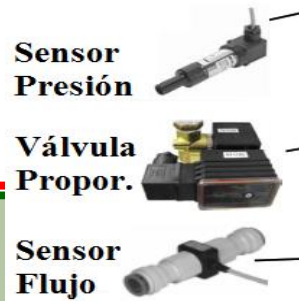
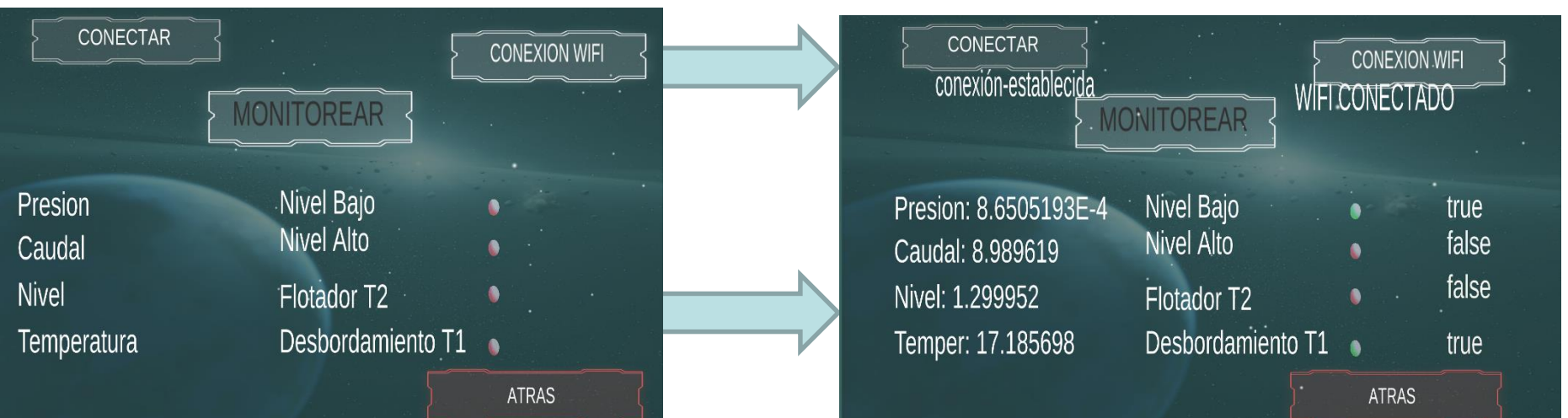


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

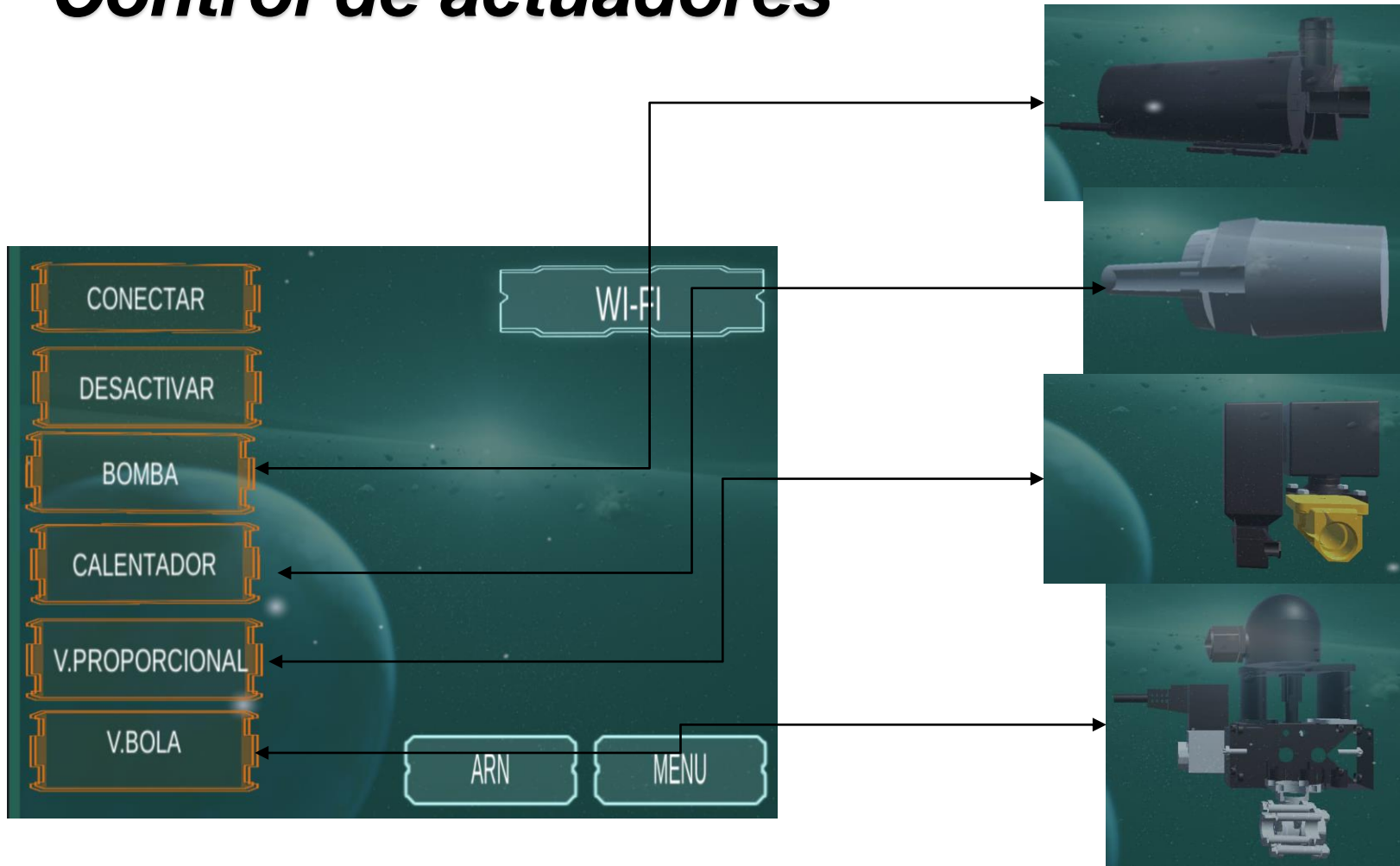
RESULTADOS INTERFAZ DE LA APLICACIÓN



Monitoreo variables

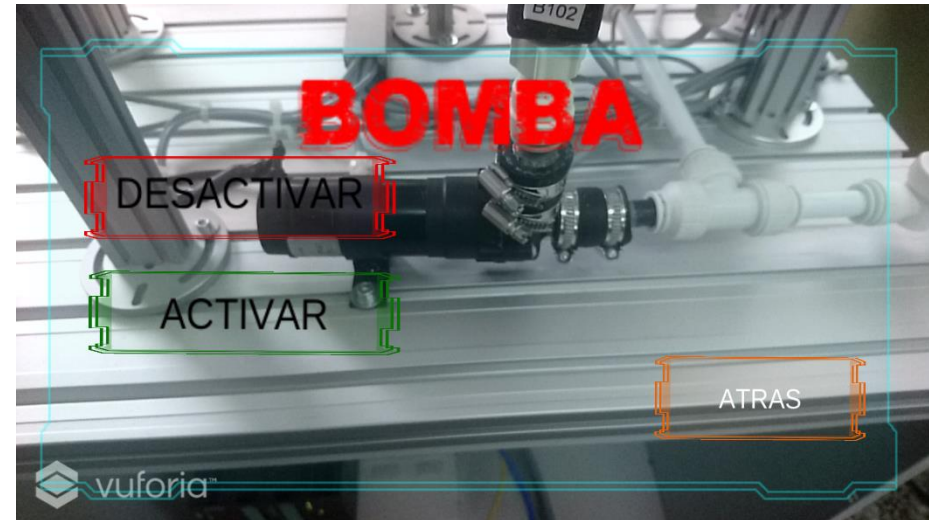
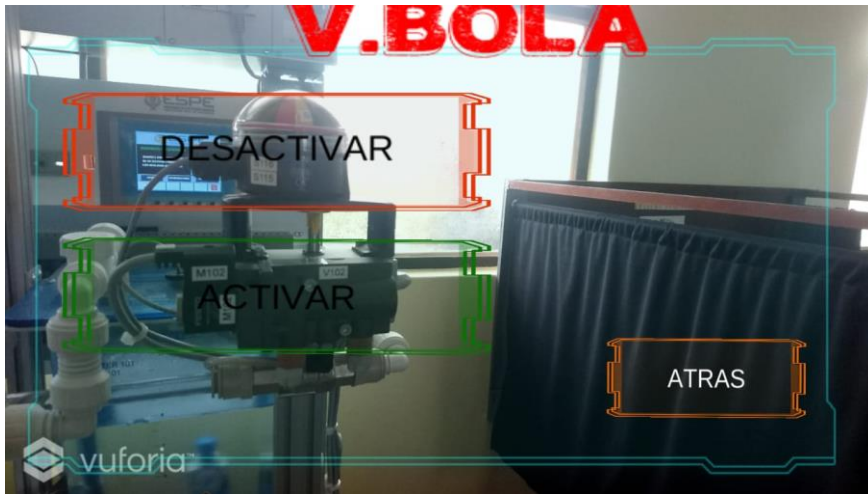


Control de actuadores



Realidad Aumentada

Activación actuadores

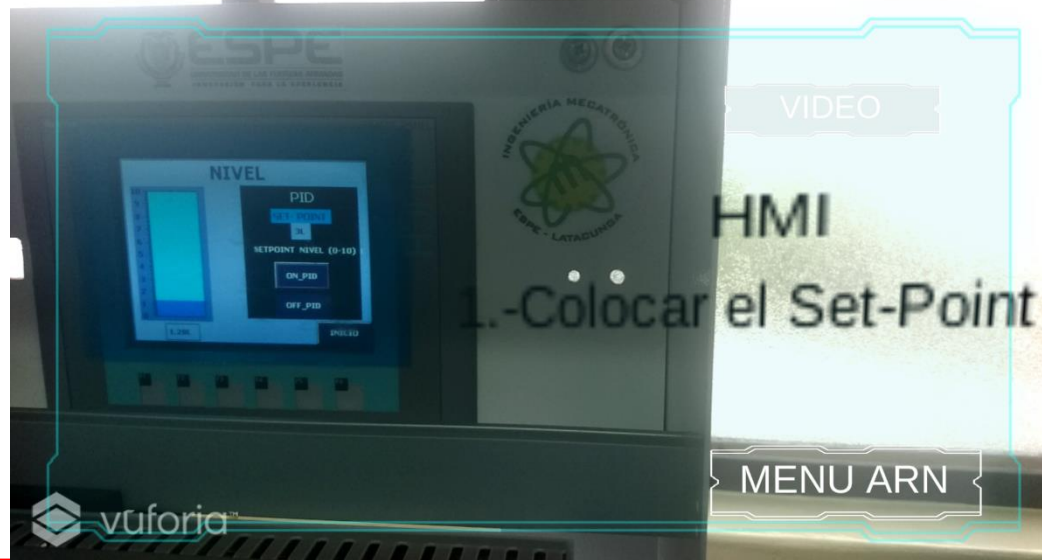


Guías de laboratorio



Presione Nivel

SIGUIENTE



VIDEO

HMI

1.- Colocar el Set-Point

MENU ARN



VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis planteada es la siguiente:

La hipótesis planteada en el proyecto es:

¿El Sistema Ciber-físico con realidad aumentada facilitará el desarrollo de prácticas de la estación de trabajo compacta MPS mediante el monitoreo y despliegue virtual de información en el Laboratorio de Mecatrónica?

N°	SISTEMAS	SUBSISTEMAS	FUNCIONAL	NO FUNCIONAL	Cant. Pruebas
1	SISTEMA CIBER-FISICO	MONITOREO	15	0	15
2		CONTROL	15	0	15
3	REALIDAD AUMENTADA	NIVEL	13	2	15
4		TEMPERATURA	10	5	15
5		CONTROL ARN	11	4	15
TOTAL			64	11	75



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para realizar la validación de la hipótesis se usa la prueba de asociación basada en la distribución Chi Cuadrado.

$$\lambda^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dónde:

λ^2 : Chi cuadrado.

O_i : Es la frecuencia absoluta observada o empírica.

E_i : Es la frecuencia esperada.

$$\lambda^2_{TABLA}: 7,7794$$

$$\lambda^2: 11,0795$$

$$\lambda^2 > \lambda^2_{TABLA}$$

∴ Se procede a aceptar la hipótesis
confiabilidad superior al 95%



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un sistema ciber-físico con realidad aumentada para facilitar el desarrollo de prácticas de la estación de trabajo compacta MPS mediante el monitoreo y despliegue virtual de información en el Laboratorio de Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.
- El estado del arte permitió obtener información de un sistema ciber-físico el mismo que resulta de la integración de computación, redes y procesos físicos, mientras que la realidad aumentada, permite combinar el mundo real, en ese caso la estación de trabajo MPS, con información virtual como objetos 3D, videos, textos y animaciones sobre el desarrollo de una guía de desarrollo de prácticas de control de nivel y temperatura.
- Para la comunicación del sistema ciber-físico se eligió el router Huawei CNT 2017 de velocidad WiFi de 300 Mbps a 2,4 GHz, en el cual se realizaron las configuraciones para establecerse en una misma red tanto el PLC como los dispositivos, los mismos que pueden conectarse hasta unos 20m a la redonda.
- El sistema ciber-físico está compuesto de dos partes, monitoreo y control, el monitoreo maneja cuatro sensores analógicos (presión, nivel, temperatura, caudal) y cuatro digitales (nivel alto, nivel bajo, desbordamiento, flotador) mientras que para el control se maneja cuatro actuadores (bomba, calentador, válvula de bola y válvula proporcional). Fue necesaria la utilización de la estación compacta MPS porque cuenta con varios procesos e involucra diferentes sensores y actuadores, por ende, se aproxima de mejor manera a poder manejar un entorno industrial.



CONCLUSIONES

- En la parte de la creación del sistema ciber-físico con realidad aumentada, se utilizaron diferente software como Android Studio y las librerías de Moka7 para la comunicación, el TIA Portal para la programación de la estación, Blender para el diseño de objetos 3D y Unity para la integración del contenido desarrollado por todos los softwares además la creación de información virtual, realidad aumentada (Vuforia) y la generación de la aplicación móvil.
- La aplicación móvil que contiene el sistema ciber-físico con realidad aumentada tiene compatibilidad con dispositivos Android desde la versión 4.1 hasta la actual, sin importar el tamaño de la pantalla o la marca. Pero hay que considerar que la velocidad de la aplicación depende del procesador del celular.
- Se realizaron pruebas de funcionamiento de la aplicación móvil mediante el principio de Roger Pressman, evaluando de esta manera aspectos como el contenido, la estructura, la funcionalidad, usabilidad, compatibilidad y desempeño.
- Como resultado de las encuestas efectuadas a 20 estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecatrónica se pudo verificar que facilitó el desarrollo de prácticas tanto de nivel como de temperatura de la estación de trabajo compacta MPS mediante el monitoreo, control y el despliegue virtual de información que se le implemento en el sistema ciber-físico con realidad aumentada.



CONCLUSIONES

- La aplicación contempla una comunicación entre un software libre como es Android Studio y privativos como son TIA Portal, Unity (Vuforia), con la ayuda de las librerías Moka7 que contiene métodos internos de comunicación S7.
- Las contantes del control PID que dieron una adecuada sintonización de la planta como tal fueron obtenidas mediante el uso del método empírico o tanteo obteniendo las siguientes constantes: $P=395$, $T_i=3$, $T_d=1$.
- El sistema ciber-físico con realidad aumentada permite tener una buena experiencia de uso, analizar, captar, incursionar y mejorar el modo de operación por parte de los futuros ingenieros que se forman en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Este sistema ciber-físico con realidad aumentada se enfoca a la industria 4.0, debido que aparte de ocupar la electrónica y automatización que es parte de la industria 3.0, también maneja redes de comunicación entre dispositivos inteligentes como son los Smartphones y la información virtual que se puede implementar directamente en el mundo real.
- La aplicación móvil puede ser manejada por estudiantes de la Ingeniería Mecatrónica que se encuentren cursando cualquier nivel de la carrera y quieran familiarizarse con procesos industriales e integración de nuevas tecnologías.



RECOMENDACIONES

- Para realizar un mantenimiento mecánico es importante trabajar con herramientas apropiadas principalmente para el ajuste de los elementos debido a que pueden presentarse daños de encuadre o a su vez generar mayor presión de la requerida terminando en daños o aislamientos.
- Para un mantenimiento en las partes eléctricas y electrónicas es importante partir desde los manuales, los cuales permiten identificar la estructura que poseen los módulos conexiones de alimentación y de comunicación, de esta manera evitando realizar conexiones que puedan afectar a la estación de trabajo compacto MPS.
- Para realizar el control de la estación de trabajo compacto es necesario tener en cuenta las direcciones que tiene dentro del controlador tanto para la parte de los sensores como de los actuadores debido a que se puede dañar los componentes de la parte física si se realiza una mala activación sin considerar lo que sucede.



RECOMENDACIONES

- Si se desea realizar trabajos futuros es necesario realizar adecuadamente la utilización de los bloques de datos debido a que estos permiten trabajar los direccionamientos de entradas, salidas, memorias y todas las variables utilizadas dentro de la programación, de esta manera pudiendo leer o manipular de una forma directa mediante cualquier tipo de comunicación.
- Al momento de realizar programaciones que sean alternas a la utilizada en el desarrollo de este proyecto es necesario no manipular el main, funciones o bloques de datos, sino es recomendable realizar la creación de nuevas funcionalidades, si se trabaja con el mismo programa, pero si se utiliza otro programa no habría problema, pero no entraría en funcionamiento el sistema ciber-físico.
- Al momento de realizar la utilización de un dispositivo que tenga la aplicación verificar que al momento de conectarse a la red tenga una dirección diferente a la del PLC debido a que si tiene la misma no se va a poder realizar el monitoreo de ninguno de los datos.



¡Gracias!



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA