

GESTIÓN EN LA NUBE Y MODELO DE REALIDAD AUMENTADA PARA EL BANCO DE PRUEBAS DE MÚLTIPLES BOMBAS CENTRÍFUGAS EN CONFIGURACIÓN VARIABLE DE LA UNAB.

**ESTUDIANTE:
JUAN DAVID RUEDA MARTÍNEZ**

**DIRECTOR:
SEBASTIAN ROA PRADA, PhD**

**CODIRECTOR:
GONZALO ANDRÉS MORENO OLANO**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

BUCARAMANGA

2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco ampliamente a mi familia por el apoyo incondicional en cada etapa cursada de mi carrera profesional. A mi director de grado Sebastián Roa que siempre estuvo ahí para la guianza con su extrema profesionalidad y sabiduría. A mi codirector Gonzalo Moreno por su enseñanza profesional y ética a lo largo de mi carrera y de este proyecto de grado y en general a todas las personas que estuvieron ahí para brindarme su apoyo en este apreciado logro personal y profesional.

1. Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. OBJETIVOS	9
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	9
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3. MARCO TEÓRICO	10
3.1. REALIDAD AUMENTADA	10
3.1.1. Vuforia.....	10
3.1.2. Unity.....	12
3.1.3. Modelos Objetivos.....	13
3.1.4. Howden.....	17
3.2. Sistemas ciberfísicos	17
3.2.1. Acceso remoto	18
3.2.2. Web server. PLC Siemens	19
3.2.3. Desarrollo web	19
3.3. IIOT.....	20
3.4. GEMELO DIGITAL	20
3.5. Softwares.....	20
3.5.1. SolidWorks	20
3.5.2. Model target generator	22
3.5.3. Unity	23
3.5.4. 3D Exchanger	23
4. METODOLOGÍA Y DESARROLLO	24
4.1. PRUEBAS CON REALIDAD AUMENTADA	24
4.2. TOMA DE MEDIDAS	27
4.3. MODELADO	28
4.4. MODEL TARGET	28
4.5. EXPORTACIÓN.....	30
4.6. UNITY	30
4.6.1. Diseño de la interfaz	31
4.6.2. Materiales y texturas	31
4.6.3. Modelo objetivo	32
4.6.4. Lenguaje de programación.....	32
4.6.5. Animaciones.....	34

4.6.6. Comunicación sensores del banco	45
4.7. Desarrollo Web	47
4.8. Acceso remoto.....	49
4.9. Web Server.....	53
5. RESULTADOS Y EVIDENCIAS	57
5.1. APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA.....	57
5.2. Sistema ciberfisico.....	63
5.2.1. Desarrollo web	63
5.2.2. Acceso remoto	64
6. CONCLUSIONES	65
7. REFERENCIAS	67
8. BIBLIOGRAFÍA.....	69
9. ANEXOS.....	72

Ilustraciones

Ilustración 1. Realidad aumentada	10
Ilustración 2. Vuforia Engine	11
Ilustración 3. SDK Vuforia.....	11
Ilustración 4. Conexión entre Vuforia y Unity	12
Ilustración 5. Model target en un vehículo	13
Ilustración 6. Creación de un modelo objetivo	14
Ilustración 7. Superficie colorada o estampada	15
Ilustración 8. Detalle geométrico.....	15
Ilustración 9. Entrenamiento con deep learning.....	16
Ilustración 10. Realidad aumentada en Howden	17
Ilustración 11. Vista isométrica banco	21
Ilustración 12. Vista frontal del banco	21
Ilustración 13. Vista superior del banco	22
Ilustración 14. MTG Image Views	22
Ilustración 15. Interfaz de Unity	23
Ilustración 16. Interfaz de 3D CAD exchanger.....	23
Ilustración 17. Metodología a emplear.....	24
Ilustración 18. Pruebas. Interfaz interactiva.....	25
Ilustración 19. Pruebas. Imágenes interactivas	26
Ilustración 20. Pruebas. Cambio de color	26
Ilustración 21. Pruebas de explosionado y ensamble.....	27
Ilustración 22. Pruebas Arduino.....	27
Ilustración 23. Toma de medidas del banco	28
Ilustración 24. Modelado del banco	28
Ilustración 25. Configuración del MTG.....	29
Ilustración 26. Configuración vistas guía del banco.....	30
Ilustración 27. Conversión del formato a FBJ	30
Ilustración 28. Canvas en unity.....	31
Ilustración 29. Textura Albedo cuero	31
Ilustración 30. 4 códigos de la app	32
Ilustración 31. Código explicado en C#.....	33
Ilustración 32. Relación de los botones y la interfaz	34
Ilustración 33. Animation llave 1	35
Ilustración 34. Animator llave 1	35
Ilustración 35. Máquina de estado llave 1	35
Ilustración 36. Transición Idle llave 1	36
Ilustración 37. Transición llaveAzul1 llave 1	37
Ilustración 38. Animations tornillo 1	38
Ilustración 39. Máquina de estado tornillo 1.....	38
Ilustración 40. Animation Idle tornillo 1	39
Ilustración 41. Animation tornillos 2 tornillo 1.....	40
Ilustración 42. Animation ass2 tornillo 1.....	41
Ilustración 43. Script animation llave 1.....	42

Ilustración 44. Script botones llave 1	42
Ilustración 45. Llave 1 inspector	43
Ilustración 46. Botón para inicializar la experiencia	44
Ilustración 47. Botón para finalizar la experiencia.....	44
Ilustración 48. Esquema UnityWebRequest.....	45
Ilustración 49. Unity Configuración lectura sensores	46
Ilustración 50. Unity relacionar sensores con scripts	46
Ilustración 51. Script comunicación sensores	47
Ilustración 52. Código comunicación AJAX, HTML, webServer.....	49
Ilustración 53. Esquema conexiones banco de pruebas.....	50
Ilustración 54. Topología idea inicial, acceso remoto	51
Ilustración 55. Topología de red implementada en mi casa.....	51
Ilustración 56. Configurar DMZ	52
Ilustración 57. Configurar DDNS.....	53
Ilustración 58. Configuración direcciones ip.....	54
Ilustración 59. Configurar Web Server	54
Ilustración 60. Añadir rutas de las páginas web.....	55
Ilustración 61. Instrucción WWW	55
Ilustración 62. Interfaz principal	57
Ilustración 63. Interfaz configuración serie.....	58
Ilustración 64. Interfaz configuración paralelo.....	59
Ilustración 65. Interfaz AR menú inicial.....	59
Ilustración 66. Interfaz Sensor de presión.....	60
Ilustración 67. Interfaz Sensor de caudal.....	60
Ilustración 68. Interfaz explotado y ensamble	61
Ilustración 69. Interfaz instrucciones serie	61
Ilustración 70. Interfaz instrucciones paralelo	62
Ilustración 71. Interfaz monitoreo sensores	62
Ilustración 72. Página web desarrollada	63
Ilustración 73. Acceso remoto a través de un DDNS	64

1. INTRODUCCIÓN

Un banco de pruebas es de vital importancia para cualquier industria debido a que simula la operación de un proceso determinado, se puede recolectar información clave, es mucho más seguro y ahorra dinero a la hora de diseñar procesos industriales. En estos ensayos se manejan diferentes variables que pertenecen al proceso, lo que hace posible la visualización del estado actual y futuro comportamiento de las variables durante la operación. Debido a esto es necesario que se tenga un seguimiento riguroso del proceso para evaluar la información que se obtiene y poder tomar las acciones pertinentes para optimizar el proceso.

El banco de pruebas de múltiples bombas centrífugas en configuración variable de la UNAB está compuesto por dos bombas centrífugas marca Pedrollo, referencia CP 620, sensores de presión y caudal, un panel de control donde se adquieren los datos y se manipula la variable del proceso, un PLC S7-1200, un variador de frecuencia V20, un módulo CM1241 y un módulo SM 1231. Se requiere de un modelo interactivo que permita el autónomo y el eficiente uso del banco de pruebas de múltiples bombas centrífugas en configuración variable, proveyendo instrucciones claras y el paso a paso del manejo de este. Esto se trabajará por medio de una red de área local donde también se puede configurar una VPN (Si se tienen los permisos para realizar configuraciones en el router de borde) para tener acceso remoto y poder adquirir datos, realizar mantenimiento o hasta solventar averías, ahorrando costos y tiempo para la empresa a nivel industrial.

Por los problemas mencionados anteriormente, surge la idea de implementar un modelo de realidad aumentada para mejorar el manejo del banco, proveyendo claridad a las personas relacionadas con este, mejorando la eficiencia y seguridad del operador al tener la visualización de instrucciones interactivas del banco en tiempo real.

Este modelo de realidad aumentada del banco permitirá evitar la malinterpretación de la información, además de que busca la interactividad de los usuarios con el banco de tal manera que se puedan visualizar las distintas características de los componentes y herramientas que en él intervienen.

La realidad aumentada en la educación es capaz de potenciar las capacidades de los alumnos, ofreciendo información adicional a la hora de hacer sus prácticas. Además, tienen un factor sorpresa que capta de forma mucho más efectiva la atención de los estudiantes.

Con la realidad aumentada el proyecto tendrá contenido altamente visual con el cual se presentará información digital importante en el contexto de un entorno físico; esto permite conectar a los estudiantes y mejorar los resultados académicos, aplicándola se logrará una forma óptima de crear y distribuir fácilmente instrucciones de trabajo mediante la superposición de contenido digital en el mundo real.

La realidad aumentada es una tecnología que sobrepone gráficos en el mundo real. cuando una tecnología de realidad aumentada se habilita en un dispositivo móvil, se comparte con él un programa de visión computarizada que luego procesa la imagen para conseguir todos los detalles relevantes de su base de datos precargada, sostiene la idea de crear el lazo directo entre el mundo físico y la información electrónica.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un modelo de realidad aumentada y gestión en la nube para el banco de pruebas de dos bombas centrífugas en configuración variable.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Programar un aplicativo para la realidad aumentada del banco de pruebas que permita visualizar animaciones, información, e instrucciones de trabajo.
- Desarrollar la gestión en la nube del sistema ciberfísico de operación del banco de pruebas.
- Validar experimentalmente la gestión en la nube de la operación y el modelo de realidad aumentada del banco.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. REALIDAD AUMENTADA

La realidad aumentada es un método que es interactivo y visual donde su mayor fortaleza es la de poder presentar información digital sobre el entorno físico. Ofrece una mejor manera de crear y entregar instrucciones de trabajo mediante la superposición de contenido digital en entornos de trabajo en cualquier campo industrial o académico.

La realidad aumentada se encarga de entregar la información exactamente cuándo y dónde se necesite en vez de buscar entre el papeleo o la documentación del equipo.



Ilustración 1. Realidad aumentada

3.1.1. Vuforia

Vuforia es un SDK (Software Development Kit, “Kit de Desarrollo de Software”) que permite construir aplicaciones basadas en la Realidad Aumentada

Vuforia es una empresa tecnológica que ayuda a las empresas industriales a crear valor para sí mismas, sus clientes y el mundo. También ofrece herramientas gratis y de pago, para el uso de la realidad aumentada en proyectos individuales.



Ilustración 2. Vuforia Engine

Es un grupo de bibliotecas que tiene la facilidad para generar una aplicación final que utilice y soporte realidad aumentada. Vuforia se especializa en el reconocimiento de patrones de las imágenes, después de capturarlo, renderizando algún tipo de modelo dentro de su base de datos y transformando la imagen estándar en una imagen aumentada.

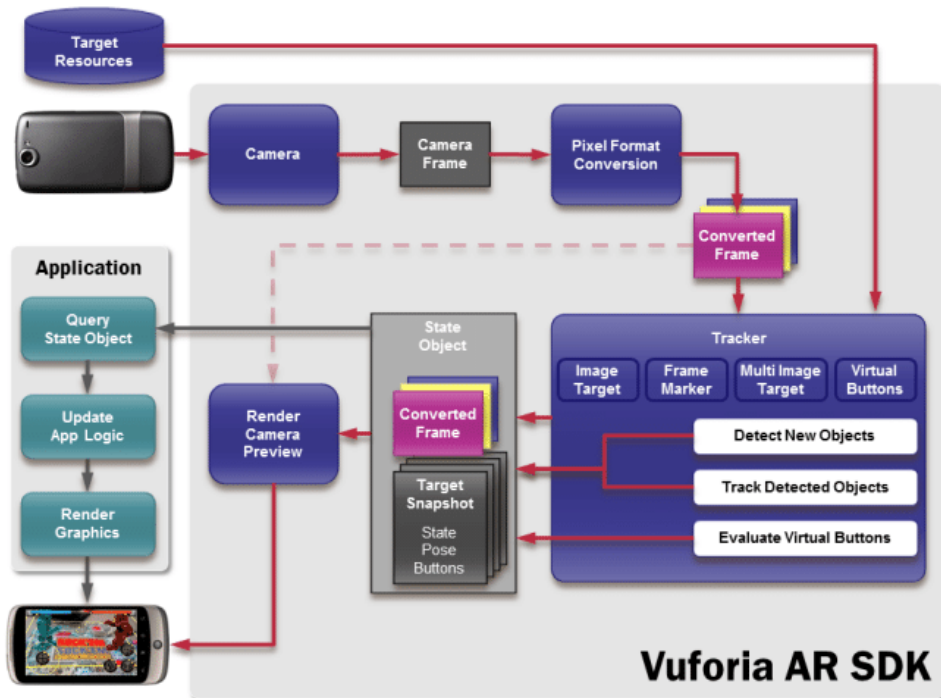


Ilustración 3. SDK Vuforia

Utiliza tecnología de visión artificial para rastrear marcadores. El marcador es el objeto que Vuforia detectará y con respecto al cual nosotros posicionaremos todos los elementos virtuales que se necesita. Posee un algoritmo de visión artificial que es el encargado de detectar el marcador. También permite guardar la misma perspectiva que tiene el usuario desde la baldosa usando giroscopio y acelerómetro para recrear el movimiento en la escena

el funcionamiento de Vuforia consiste en, enviar capturas de imágenes de la cámara a sus servidores y contrastarlas con lo que existe en la base de datos. En el momento que existe coincidencia nos envía un objeto con los metadatos asociados al marcador. Si este procedimiento se hiciese constantemente los recursos que se consumirían serían ingentes, por lo que hay que decirle “Cuando” debe de escanear para detectar el marcador.

OnNewSearchResult es un evento que se gestiona cuando el servidor de Vuforia nos devuelve un positivo en la detección. El objeto que devuelve es un TargetSearchResult y en la variable Metadata se tienen los metadatos asociados al marcador detectado. Tras esto se habilita el seguimiento del objeto en el marcador para que el algoritmo de visión artificial de Vuforia haga el seguimiento al marcador.

3.1.2. Unity

Es un motor de desarrollo o motor de juegos. El término motor de videojuego, game engine, hace referencia a un software el cual tiene una serie de rutinas de programación que permiten el diseño, la creación y el funcionamiento de un entorno interactivo; es decir, de un videojuego. Actualmente mas del 60% de todo el contenido desarrollado con realidad virtual y realidad aumentada es creado con esta multiplataforma.

En este caso se estará implementando el SDK de vuforia para inicializar la experiencia de realidad aumentada. De lo contrario no se podría emplear ninguna herramienta para construir una aplicación de realidad aumentada usando Vuforia.

En unity se realiza todo el desarrollo del entorno virtual que será utilizado en la aplicación de realidad aumentada exportada para teléfonos Android. Existe una variedad de dispositivos a los cuales se les puede exportar una aplicación.



Ilustración 4. Conexión entre Vuforia y Unity

3.1.3. Modelos Objetivos

Model Targets o modelos objetivos en español, permiten que las aplicaciones creadas con Vuforia reconozcan y rastreen objetos particulares en el mundo real según la forma del objeto. Se basan en su modelo CAD para realizar el reconocimiento de dicho objeto.

Se puede utilizar una amplia variedad de objetos como objetivos modelo, como, por ejemplo: electrodomésticos y juguetes hasta vehículos, equipos industriales a gran escala e incluso puntos de referencia arquitectónicos¹.



Ilustración 5. Model target en un vehículo

¹ Modelo objetivo sacado de la página de Vuforia

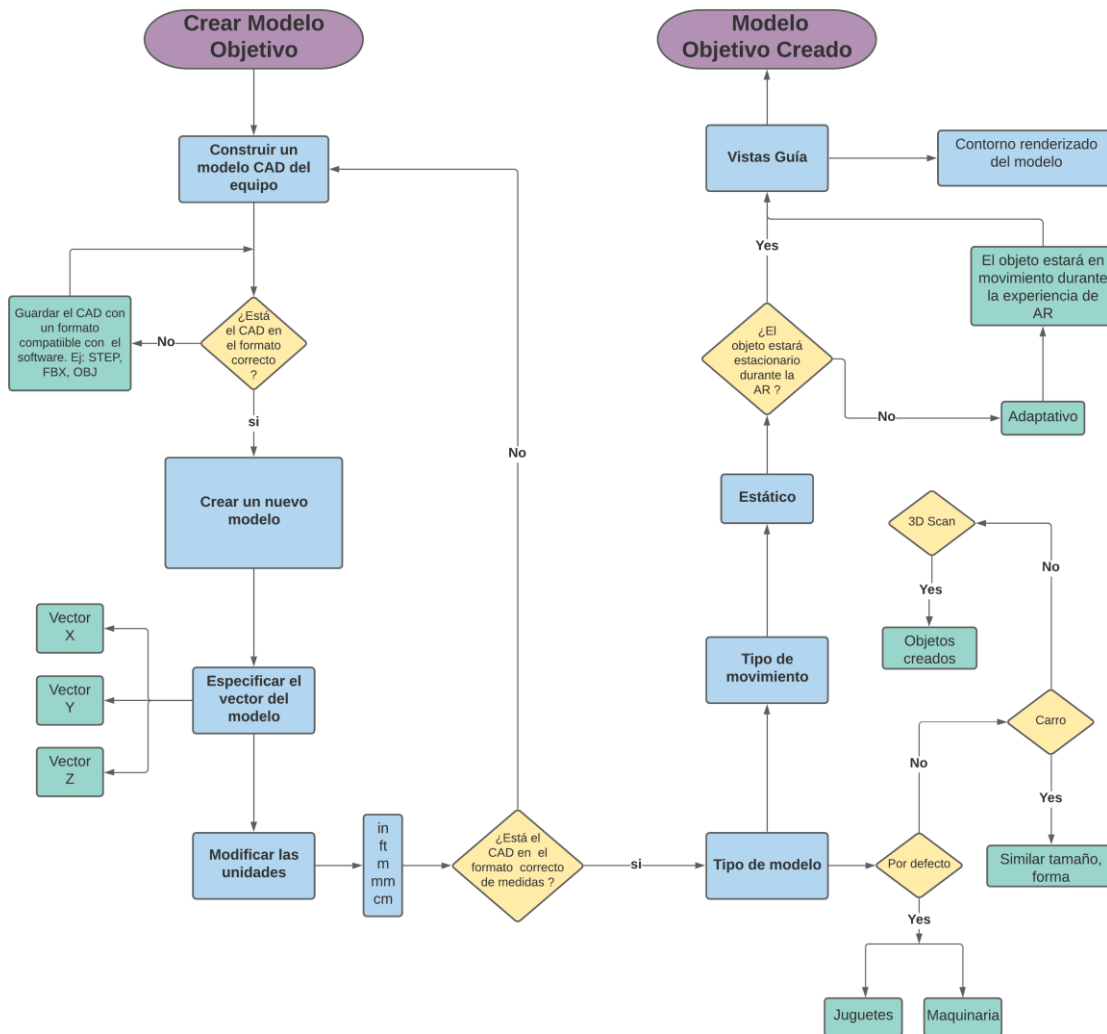


Ilustración 6. Creación de un modelo objetivo

Propiedades de los modelos objetivos ⁱ

Posición en el espacio

El seguimiento del modelo objetivo funciona mejor si se supone que el objeto está estático y no se mueve después de haber sido detectado. El usuario puede moverse alrededor del objeto, pero lo ideal es que no lo mueva. Si espera que el objeto se mueva, se debe seleccionar la sugerencia de movimiento adaptativo. La cual es ideal para objetivos en movimiento.

Superficie coloreada o estampada

Los objetos con superficies de colores o estampados suelen funcionar mejor. Los objetos de un solo color uniforme son difíciles de rastrear, aunque se pueden detectar de forma fiable.

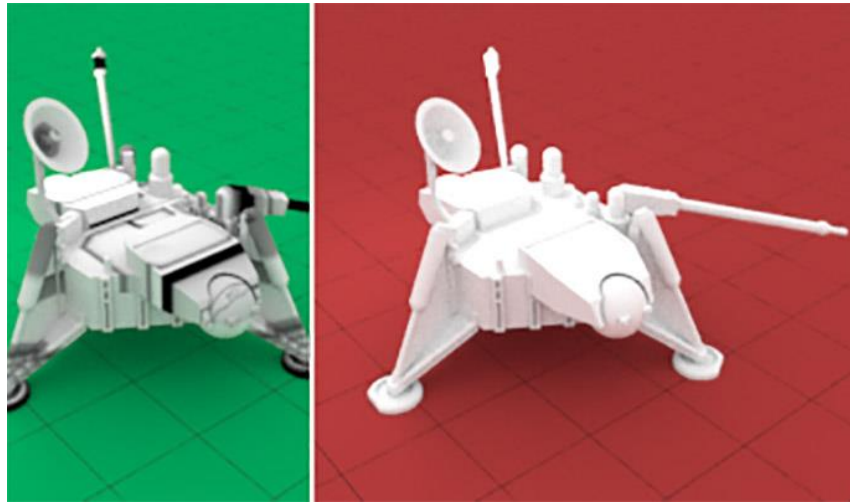


Ilustración 7. Superficie colorada o estampada

Detalle geométrico suficiente - Modelo suficientemente complejo

La complejidad geométrica es clave para distinguir un objeto de otras formas en el entorno. Las formas simples como cubos, esferas o formas simples muy alargadas pueden confundirse fácilmente con otros objetos en el entorno del usuario.

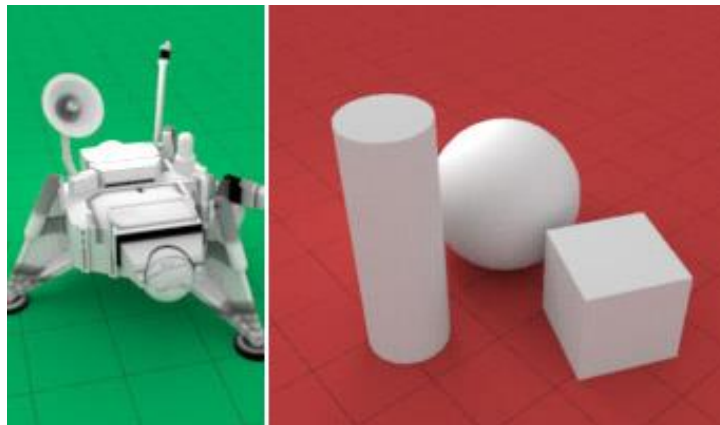


Ilustración 8. Detalle geométrico

No flexible y rígido

Si bien el rastreador Model Target puede tolerar alguna desviación entre el modelo físico y el digital, es de esperar que los objetos que se articulan y / o se flexionan no se detecten o rastreen de manera efectiva.

Modelo CAD a juego

Los objetos físicos deben tener exactamente la misma forma y tamaño que su modelo CAD 3D utilizado para la generación de objetivos. Es importante tener una fuerte superposición para la solidez de la experiencia. Por razones prácticas, dado que a veces los modelos CAD simplemente no representan el objeto físico 1: 1, la tecnología Model Target puede tolerar hasta un 10% de desviación entre el objeto real y virtual.

Si bien es posible que se detecten objetos con escalas incorrectas, el rendimiento del seguimiento será inferior a la media si las escalas métricas no se corresponden entre el objeto físico y el digital.

Proceso de entrenamiento con Deep learning

Los objetivos de modelos avanzados admiten el reconocimiento y seguimiento de uno o más objetos desde todos los lados, todos contenidos en una única base de datos de objetivos de modelos avanzados. Los rangos de reconocimiento se pueden definir hasta 360 grados completos alrededor de cada objeto, sin requerir que el usuario alinee un contorno del modelo con el objeto físico para comenzar a rastrear.

Todo lo que se requiere, está entrenando en el generador de modelo (MTG). A diferencia de Model Targets sin entrenamiento, MTG carga sus modelos 3D en Vuforia Cloud para el proceso de entrenamiento de deep learning.

Como nota aclaratoria es esencial que el modelo 3D y el objeto deban coincidir en escala. El uso de una escala y medidas incorrectas puede resultar en un peor reconocimiento y seguimiento, sobre todo, si se decide realizar el entrenamiento con Deep learning.



Ilustración 9. Entrenamiento con deep learning

3.1.4. Howden²

Howden emplea soluciones para potenciar a sus clientes en su experiencia general. Aprovechó Vuforia Studio para mejorar el servicio y reducir el tiempo de inactividad del cliente. Howden es una empresa gigantesca con cerca de 6000 empleados en 26 países y equipos instalados en más de 100 países.

Decidieron mejorar sus procesos de servicio y de mantenimiento con la incorporación de la realidad aumentada en sus plantas. Sin duda alguna es una de las empresas más grandes en todo el mundo que han adoptado a Vuforia como plataforma de desarrollo para su realidad aumentada,

Llevan más de 100 años proporcionando a sus clientes con productos industriales y soluciones de calidad que ayuden a múltiples sectores a mejorar sus procesos en el día a día.



Ilustración 10. Realidad aumentada en Howden

Howden decidió capacitar a sus clientes con una solución de realidad aumentada (AR) que proporcionaría fácilmente información de IoT para mejorar la eficiencia.

Sabían que Microsoft HoloLens y la realidad mixta (MR) tenían un gran potencial para la empresa y que querían utilizar las capacidades de manos libres inmersivas para ayudar a los clientes a visualizar y comprender fácilmente esta información.

3.2. Sistemas ciberfísicos

² Tomado de la página de Vuforia

Sistemas construidos a partir de la integración transparente de componentes físicos y computacionales, que permitirán superar a los simples sistemas integrados actuales en cuanto a capacidad, adaptabilidad, escalabilidad, resiliencia, seguridad y usabilidad.

Campos de aplicación

Monitoreo de la condición y el medio ambiente

- Mantiene un seguimiento constante de las variables del proceso
- Predecir y solucionar errores o problemas a distancia
- Recibir notificaciones de todas las condiciones en tiempo real de manera interrumpida.

Gestión de procesos en la nube

- Simular procesos en la nube.
- Gestionar toda la información en cualquier momento.

Servicios remotos

- Acceso remoto a todos los dispositivos conectados.
- Parametrización y mantenimiento sin tener que estar en planta.

3.2.1. Acceso remoto

El acceso remoto en la industria se utiliza principalmente para gestionar la adquisición de datos, el mantenimiento y/o actualización del software y para la detección y resolución de averías.

Algunos ejemplos de los beneficios de poder tener este acceso remoto a los equipos son

Para el cliente:

- Menor tiempo de respuesta ante averías
- Mejoras y actualizaciones del software de la máquina o instalación

Para el proveedor:

- Ahorra en viajes y desplazamientos de los ingenieros.
- Poder ofrecer el servicio de respuesta más rápido ante incidencias.

Otra opción es redireccionar todo el tráfico desde el exterior hacia el dispositivo que se requiera tener control remoto por medio de una DMZ configurada en el router de borde. Es indispensable tener capas de seguridad en la red que se está exponiendo al internet ya que cualquier persona con la dirección IP de nuestro router tendría acceso a la red.

La DMZ o zona desmilitarizada es una porción de una red situada tras un firewall, pero fuera de la red interna o segmentada de ella. Es simplemente una red con políticas de seguridad diferentes.³

3.2.2. Web server. PLC Siemens

El servidor web permite a los usuarios autorizados monitorear y administrar la CPU a través de una red. Ello permite llevar a cabo evaluaciones, diagnósticos y modificaciones salvando grandes distancias. Para el monitoreo y la evaluación no se requiere STEP 7, sino únicamente un navegador web. Asegúrese de proteger la CPU con las medidas apropiadas para prevenir accesos no autorizados (p. ej., restricción del acceso a la red o uso de firewalls).

Comandos AWP

Los comandos Automation Web Programming (AWP) constituyen una sintaxis especial de comandos para el intercambio de datos entre la CPU y la página de usuario (archivo HTML). Los comandos AWP se introducen en forma de comentarios en HTML y le ofrecen las siguientes opciones para sus páginas de usuario: ⁴

Función	Representación
Leer variables PLC	:=<Varname>:
Escribir variables PLC	<!-- AWP_In_Variable Name='<Varname1>' -->
Leer variables especiales	<!-- AWP_Out_Variable Name='<Typ>:<Name>' -->
Escribir variables especiales	<!-- AWP_In_Variable Name='<Typ>:<Name>' -->

3.2.3. Desarrollo web

La característica de los PLC Siemens de ser servidores web, requiere que la página diseñada este en HTML. Para este proyecto se cargó exitosamente también archivos CSS para el diseño y JavaScript para la interactividad. (Lenguaje de Marcas de Hipertexto, del inglés HyperText Markup Language). Define el significado y la estructura del contenido web. Es el código que se utiliza para estructurar y desplegar una página web y sus contenidos.

Se adjuntan documentos relacionados al desarrollo web y los archivos cargados en el PLC.⁵

³ Paso a paso y definiciones en el documento soporte del acceso remoto adjuntado en mi proyecto.

⁴ Manual de funciones webserver s71500 Siemens.

⁵ Documentos soporte desarrollo web.

3.3. IIOT

Internet de las cosas en entornos industriales. Consiste en integrar sensores, pero no cualquier tipo de sensores sino inteligentes en, por ejemplo: máquinas, sistemas de energía e infraestructura como tuberías y cables. Los datos recopilados mediante los sensores y las funcionalidades avanzadas impulsan la eficiencia, productividad, seguridad laboral y mantenimiento.

Además, que permite la interconexión de todas las cosas, por ejemplo, permitiendo una conexión directa con una aplicación de realidad aumentada.

3.4. GEMELO DIGITAL

Es una réplica virtual realizada a imagen y semejanza de un producto, al que se le incorporan datos en tiempo real que pueden ser captados a través de sensores o de tecnologías relacionadas con el Big Data.

Los gemelos digitales han sido de gran valor y propagación en la industria de la manufactura como una tecnología prometedora para la fusión ciber física de los procesos.

Digital Twin es una de las tecnologías que está cambiando la dinámica del sector industrial. Se trata de réplicas virtuales de objetos o procesos que simulan el comportamiento de sus homólogos reales. El fin es analizar su eficacia o comportamiento en determinados supuestos para mejorar su eficacia.⁶

3.5. Softwares

3.5.1. SolidWorks

Software bastante completo para modelado de piezas, equipos, simulaciones, plantas o cualquier modelo.

⁶ Digital twin definición

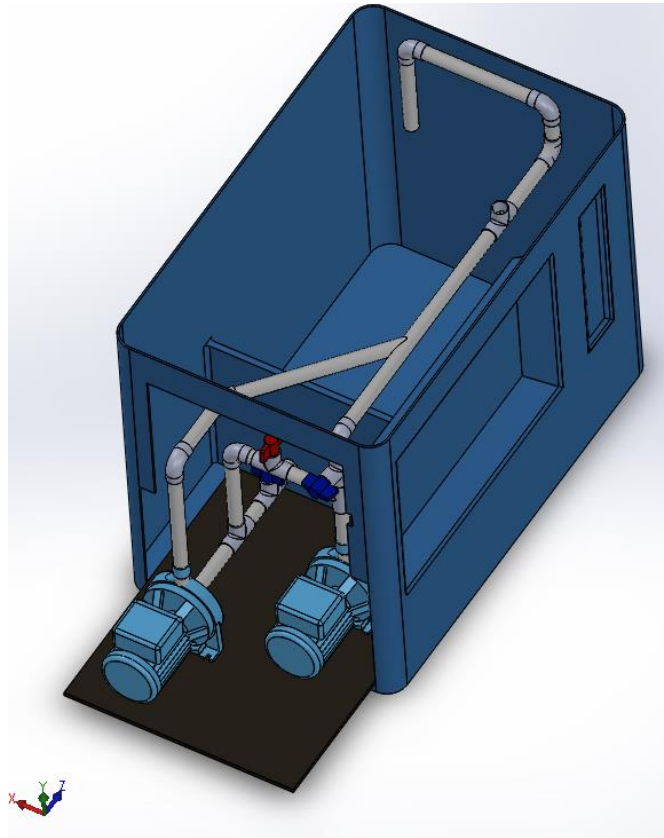


Ilustración 11. Vista isométrica banco

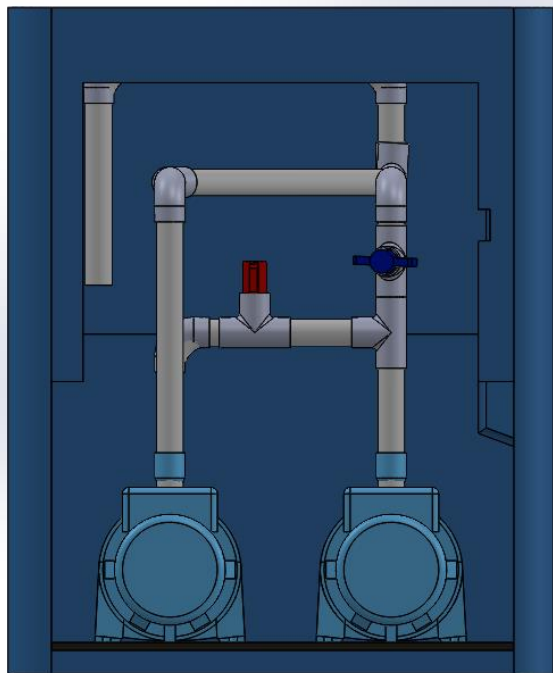


Ilustración 12. Vista frontal del banco

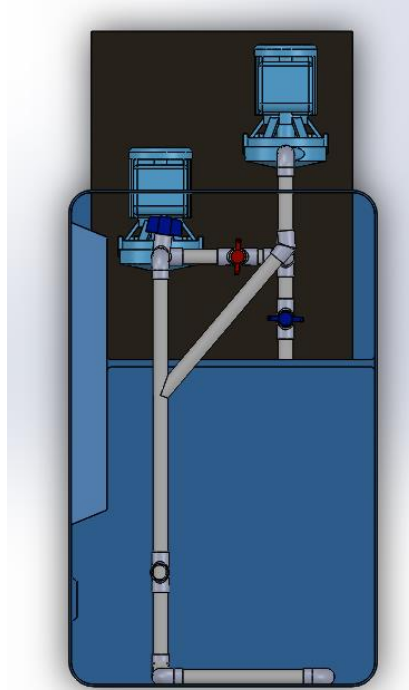


Ilustración 13. Vista superior del banco

Se utilizó para realizar el modelado del banco. Ya que el modelo CAD es esencial para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada.

3.5.2. Model target generator

Software proporcionado por Vuforia, el cual permite crear objetivos modelos

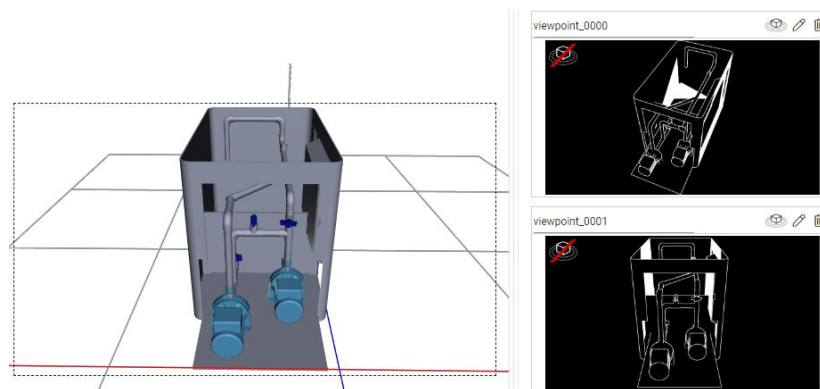


Ilustración 14. MTG Image Views

Utilizado para crear el modelo objetivo del banco y sus vistas guías que activarían la experiencia de realidad aumentada.

3.5.3. Unity

Unity fue el principal software a utilizar, ya que es donde se realizó toda la aplicación, desde su diseño hasta su programación.

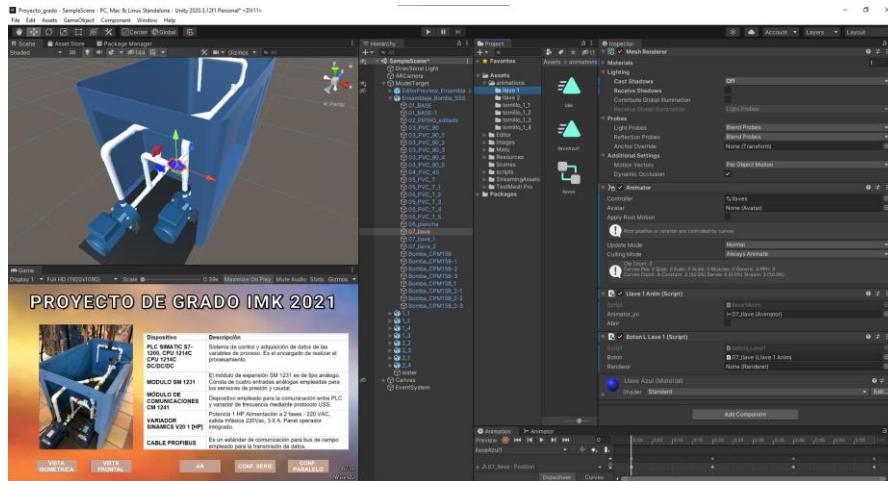


Ilustración 15. Interfaz de Unity

3.5.4. 3D Exchanger

Software que permite la conversión de formatos entre archivos 3D

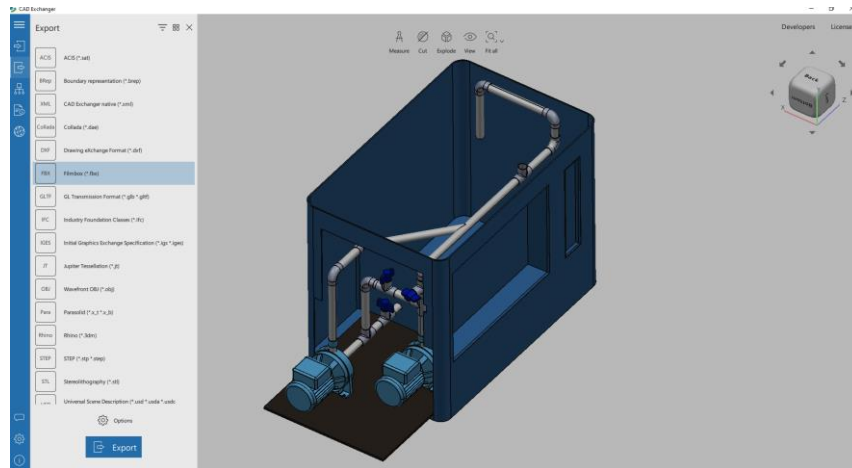


Ilustración 16. Interfaz de 3D CAD exchanger

En este proyecto se utilizó para convertir el archivo de SolidWorks a un archivo FBJ que luego se importó a Unity para modificar sus texturas y tener una visualización óptima del banco.

4. METODOLOGÍA Y DESARROLLO



Ilustración 17. Metodología a emplear

4.1. PRUEBAS CON REALIDAD AUMENTADA

En el inicio de la actividad 1.4, realizar pruebas con realidad aumentada tenemos un Audi R8 a escala. Al ser la primera relación con la realidad aumentada y todos los nuevos softwares a emplear se decidió emplear este modelo para realizar pruebas y obtener información relevante para el desarrollo del proyecto.

4.1.1. Interfaz interactiva

En la interfaz podemos apreciar una imagen que cambia a medida que los botones son presionados, mostrando así información relevante del vehículo como sus: prestaciones, dimensiones, motor, transmisión y chasis.

También encontramos un botón que lanza la experiencia de realidad aumentada. AR R8.



Ilustración 18. Pruebas. Interfaz interactiva

4.1.2. Visualización de contenido interactivo

Para la visualización de contenido se emplearon 3 imágenes, de los 3 compartimientos más importantes de un vehículo, su capó, su maletero y su interior.

En este caso la visibilidad de las imágenes está regida por un botón llamado “Imagen”, que a disposición del usuario puede mostrar u ocultar las imágenes con sus respectivas flechas.

Las flechas son diseñadas en el Software SolidWorks para ser importadas a Unity como un prefab.

Los prefab son un tipo de asset que permiten almacenar un objeto GameObject completamente con componentes y propiedades. El prefab actúa como una plantilla a partir de la cual se pueden crear nuevas instancias del objeto en la escena. Un asset es un elemento que se usa en el juego o en el proyecto. Y una instancia es como el clon del elemento.



Ilustración 19. Pruebas. Imágenes interactivas

4.1.3. Interacción con el objeto en tiempo real

Para la interacción se implementa una paleta de colores ubicada en la parte superior derecha de la interfaz, en la cual se puede cambiar el color del vehículo en tiempo real, con un buen grado de exactitud.



Ilustración 20. Pruebas. Cambio de color

4.1.4. Explosión y ensamblaje de componentes

Para el explosionado de algunas de las piezas del vehículo, en este caso se explosiona únicamente el neumático, el rin y la puerta, al ser una prueba demostrativa no es necesario explosionar cada uno de los componentes del vehículo.



Ilustración 21. Pruebas de explosionado y ensamble

4.1.5. Incorporación de arduino con AR

Se utiliza una comunicación serial para la conexión entre el Arduino y la interfaz de Unity.

Se observa un panel en la parte superior izquierda en donde muestra la información captada por los sensores en tiempo real.

Para esta prueba se utiliza un fotorresistor y un sensor de proximidad.



Ilustración 22. Pruebas Arduino

4.2. TOMA DE MEDIDAS

Para la actividad 1.5, Importar el archivo digital 3D del banco, comunicando mediante soportes los softwares de AR y CAD, fue necesario empezar con el modelado y para iniciar con el

modelado fue necesario el desplazamiento a la universidad a tomar medidas del banco para así poder crear el modelo objetivo y por último exportarlo a Unity con otro formato.

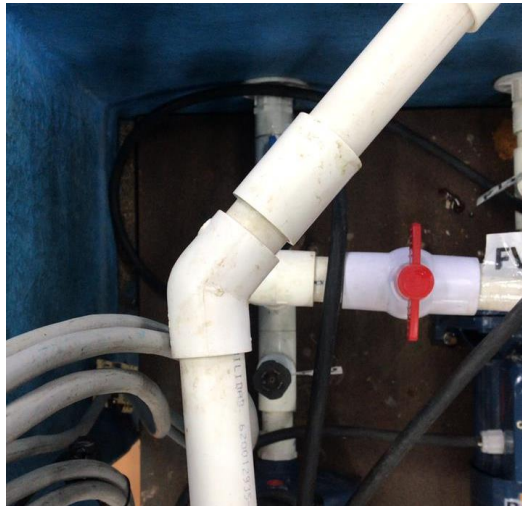


Ilustración 23. Toma de medidas del banco

Las herramientas utilizadas para la toma de medidas fueron: un flexómetro, regla, pie de rey y un cartabón

4.3. MODELADO

El modelado fue realizado en SolidWorks, y podemos apreciar en el recuadro algunas piezas para luego proceder al ensamblaje

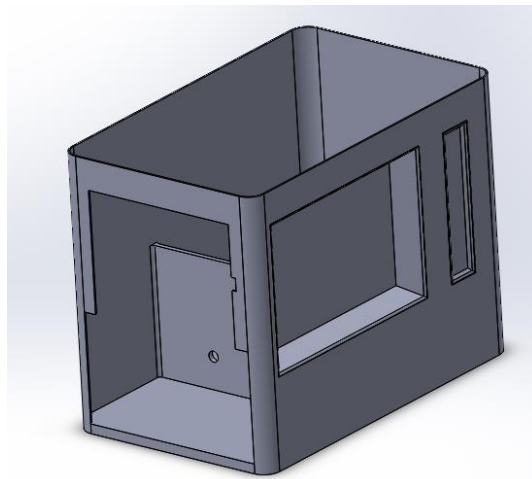


Ilustración 24. Modelado del banco

4.4. MODEL TARGET

En el objetivo modelo se requiere un software llamado Model Target Generator, que se puede descargar gratis de la página oficial de vuforia

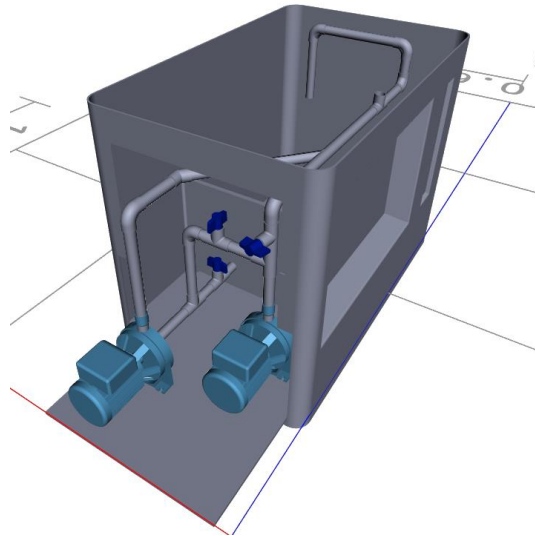


Ilustración 25. Configuración del MTG

Model Up vector es donde se especifican los vectores para darle la orientación al objeto.

Model units, o las unidades del modelo, es donde se debe hacer la conversión de las unidades trabajadas en el software de modelado y el model target generator

Coloring, O el coloreado es una técnica que se aplica de vez en vez, cuando la detección está generando algunos problemas, en este caso no se utilizó ya que el reconocimiento fue bueno.

Model type o el tipo de modelo. En este caso se utilizó default o por defecto, ya que las otras opciones requieren un acabado especial, como lo es el de un vehículo o un objeto impreso

Motion hint o sugerencia de movimiento. hace referencia a si el modelo está en constante movimiento, o será un objeto estacionario, en este caso el banco estará en reposo.

Guide View o vistas guía. Que permiten inicializar la experiencia ar cuando se sobreponen las vistas sobre el objeto real

En las vistas guía es donde se crean las guías que serán cargadas al programa para un posterior reconocimiento. En este caso se utilizó las vistas guía, no las vistas guías avanzadas, las que requieren el entrenamiento con inteligencia artificial, con Deep learning, ya que el modelo CAD no fue exactamente el mismo al modelo real y podrían generarse algunos inconvenientes en el reconocimiento del banco, con las vistas guías el programa fuerza al usuario a ubicarse en una posición estratégica, en donde puede tener acceso a toda la experiencia con un buen reconocimiento en general.

Conclusiones actividad 1.6, entrenar el CAD con deep learning.

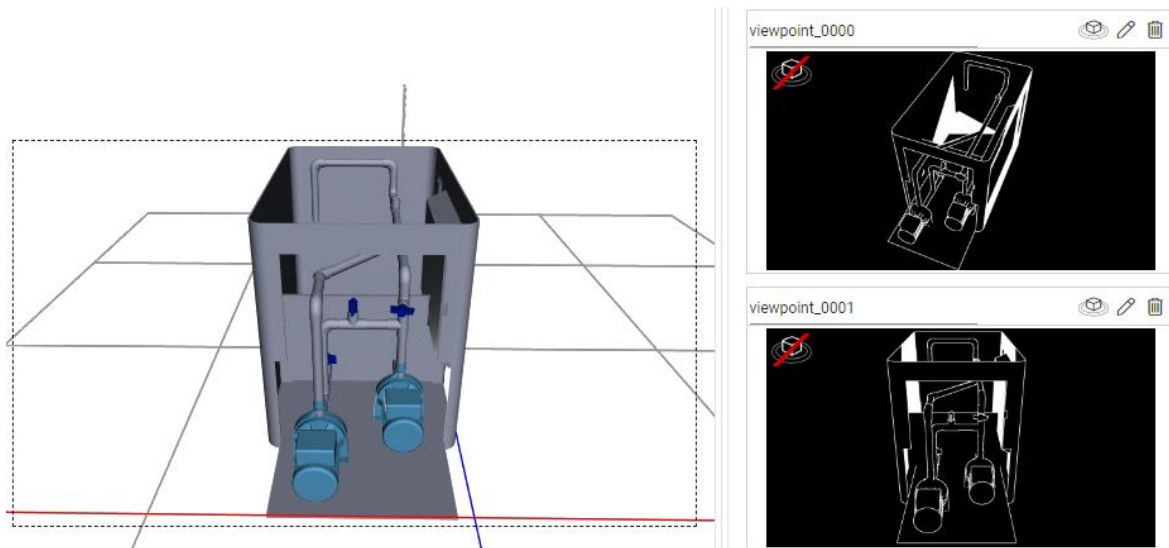


Ilustración 26. Configuración vistas guía del banco

4.5. EXPORTACIÓN

Para la Exportación se necesita el modelo en formato FBX o OBJ para poder visualizar el banco con texturas y poder editarlo en Unity, así que la descarga del software cad exchanger fue requerido para esta etapa, ya que el propio SolidWorks no deja exportar a estos formatos

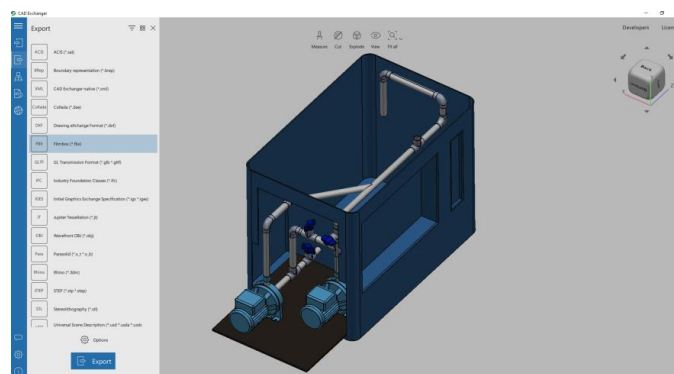


Ilustración 27. Conversión del formato a FBX

4.6. UNITY

Antes de empezar con el tema de unity, un breve repaso al software, apartado escena donde se edita y se trabaja, la pestaña game es lo que se vería en la app o el videojuego, panel jerarquía donde se encuentran los elementos de la app, proyecto donde se almacenan los archivos utilizados, como imágenes, texturas, códigos, el panel inspector donde muestra las propiedades del elemento seleccionado. Entre otras.

4.6.1. Diseño de la interfaz

Iniciando la actividad 1.7, realizar el diseño de la interfaz en Unity, tenemos la interfaz de Unity y el proceso para crear un Canvas.

Para crear una interfaz es necesario recurrir a la opción de UI o user interface o interfaz de usuario en la cual agregando un objeto canvas y un panel se le podrán sumar textos, imágenes, botones.

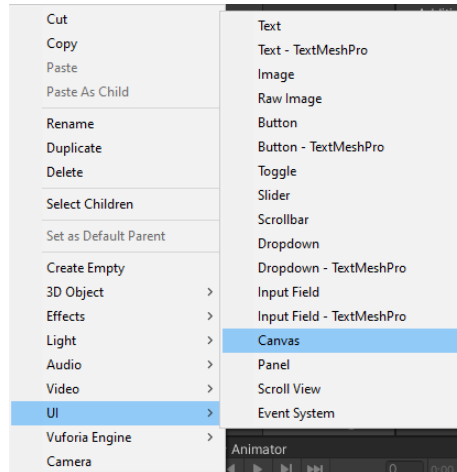


Ilustración 28. Canvas en unity

4.6.2. Materiales y texturas

Materiales y texturas, en si son mapas de información o mapas de bits. Es información binaria que responde a un color representado en un píxel de la imagen, en la cual se pueden tratar varios parámetros como su color o profundidad



Ilustración 29. Textura Albedo cuero

4.6.3. Modelo objetivo

Actividad 1.8, diseñar el modelo objetivo del banco mediante realidad aumentada, para iniciar con vuforia hay que registrarse y generar una llave de desarrollador que luego se introducirá en unity. Para el modelo objetivo se importa el sdk o kit de desarrollo de software de vuforia para hacer posible la ar dentro de unity. Se podrá agregar entonces los diferentes tipos de reconocimiento como los image target, área target o en este caso un model target... Se debe configurar la base de datos, la cual ha sido importada desde el software model target generator. Se configuran algunos parámetros, como las guide views creadas anteriormente. Por último, tenemos en el panel jerarquía algunos de los objetos creados para el desarrollo de este proyecto.

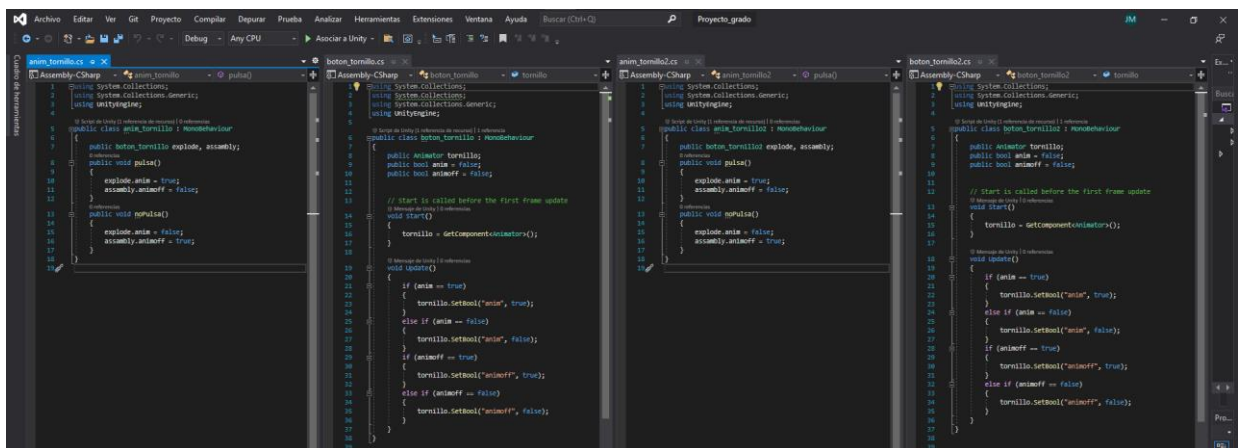
4.6.4. Lenguaje de programación

Tenemos las animaciones, que son pieza fundamental a la hora de realizar algún movimiento dentro de la interfaz o dentro de un juego. Se deben tener en cuenta parámetros, condiciones, crear las animaciones y construir máquinas de estado

Para crear las animaciones es necesario asignarlas a los objetos de la escena y crear el código para controlarlas desde la interfaz. se debe editar un video posicionando la pieza frame by frame, fotograma por fotograma hasta lograr el resultado esperado. Variando los parámetros que se deseen, como posición, rotación, tamaño entre otros. En el panel proyecto podemos ver todas las carpetas con los archivos que componen el proyecto: animaciones, imágenes, materiales, escenas y códigos principalmente.

Actividad 1.8, realizar el código para las simulaciones, animaciones y control de interfaces.

Algunos códigos para controlar la interfaz. A continuación, deconstruiremos uno pequeño para conocer una parte básica e importante del lenguaje de programación



```
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 // Clase de botón (herencia de MonoBehaviour)
6 public class boton_tornillo : MonoBehaviour
7 {
8     public Animator tornillo;
9     public bool anim = false;
10    public void pulse()
11    {
12        explode_anim = true;
13        assembly_animoff = false;
14    }
15
16    public void repulsa()
17    {
18        explode_anim = false;
19        assembly_animoff = true;
20    }
21
22    // Start is called before the first frame update
23    void Start()
24    {
25        tornillo = GetComponent();
26    }
27
28    // Update is called once per frame
29    void Update()
30    {
31        if (anim == true)
32        {
33            tornillo.SetBool("anim", true);
34        }
35        else if (anim == false)
36        {
37            tornillo.SetBool("anim", false);
38        }
39        if (animoff == true)
40        {
41            tornillo.SetBool("animoff", true);
42        }
43        else if (animoff == false)
44        {
45            tornillo.SetBool("animoff", false);
46        }
47    }
48 }
```

Ilustración 30. 4 códigos de la app

```

1  using System.Collections;
2  using System.Collections.Generic;
3  using UnityEngine;
4
5  public class showImage : MonoBehaviour
6  {
7      // Start is called before the first frame update
8      public GameObject botonP;
9
10     void Start()
11     {
12
13         botonP.SetActive(false);
14     }
15
16     public void MostrarObjetoP()
17     {
18         if (botonP.activeSelf == false)
19             botonP.SetActive(true);
20         else
21             botonP.SetActive(false);
22     }
23 }
24

```

Ilustración 31. Código explicado en C#

C# es un lenguaje de programación orientado a componentes, orientado a objetos. Por eso es el principal lenguaje de programación en unity ya que todo se basa en los GameComponents o los componentes del juego

Primeramente, tenemos las librerías, las cuales se acceden con la palabra reservada Using

Una clase es una herramienta para modelar objetos de programación, lograr que se comporten como queremos y hacer tantas copias de estos como necesitemos. Y se utilizan para crear modelos computacionales de objetos.

La palabra Public hace referencia a un Modificador de acceso, para que la información sea accesible desde otros scripts y pueda ser utilizada, de lo contrario se utilizaría la palabra private.

Luego viene el Nombre de la clase showImage que siempre se debe llamar igual al script o el código no funcionaria.

Después se tiene la palabra MonoBehaviour. esto quiere decir que nuestra clase va a ser una extensión de la clase MonoBehaviour, lo que se conoce como herencia. La clase MonoBehaviour es una clase básica de unity la cual permite que los objetos puedan ser inicializados automáticamente por algunos métodos.

Las variables como en cualquier lenguaje de programación se inicializan, en este caso esta variable es un poco diferente a las que conocemos formalmente como Int o una cantidad entera, float que almacena números reales o un string que almacena caracteres. La Variable de tipo GameObject permite tener características y atributos específicamente del objeto que se seleccione en el panel jerarquía. Por último, está el nombre de la variable.

Existen métodos o funciones las cuales son bloques de instrucciones en específico dentro de una clase. En este caso es el método start el cual se ejecuta una sola vez al inicio del programa. Dentro del start utilizamos la variable creada y le asignamos un atributo que lo ha heredado por ser una variable de tipo GameObject. En este caso es SetActive que dependiendo de lo que reciba mostrara u ocultara el objeto.

Por último, tenemos un método llamado MostrarObjeto, con el modificador de acceso público ya que se debe acceder de otro script para modificarlo en un futuro.

Tenemos dentro del método un condicional if/else que se relaciona con un botón en la interfaz el cual se encargara de ocultar o mostrar dicho objeto.

Por ultimo los botones y la interfaz

La relación con los botones se logra mediante del código, accediendo a los métodos dentro de las clases creadas para un correcto funcionamiento. Por último, se les pueden cambiar los atributos

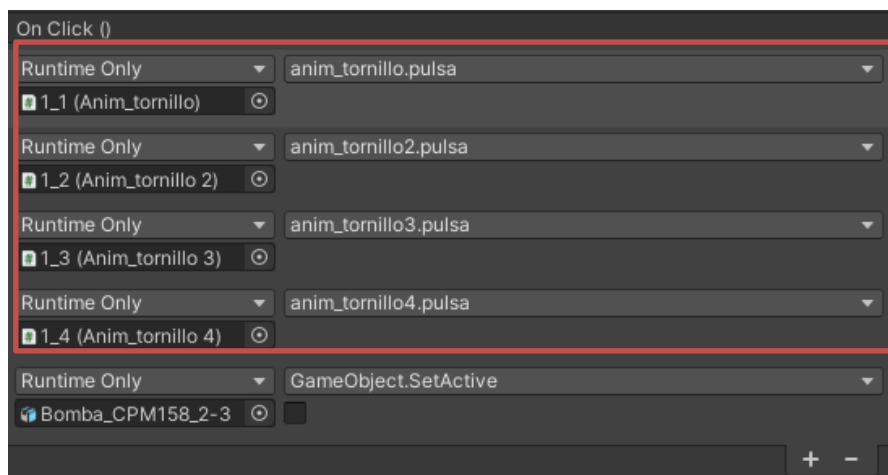


Ilustración 32. Relación de los botones y la interfaz

4.6.5. Animaciones

Para las animaciones:

Animación llave 1

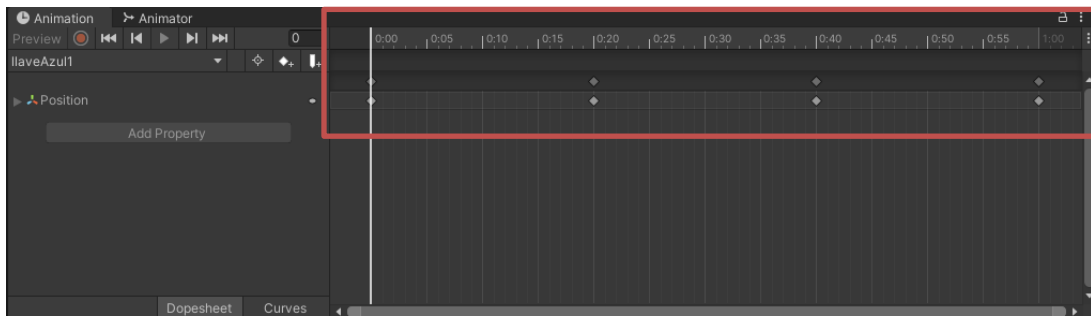


Ilustración 33. Animation llave 1

La llave 1: su movimiento consiste en la edición del video para luego aplicarle la opción loop time, la cual hará que se repita constantemente.

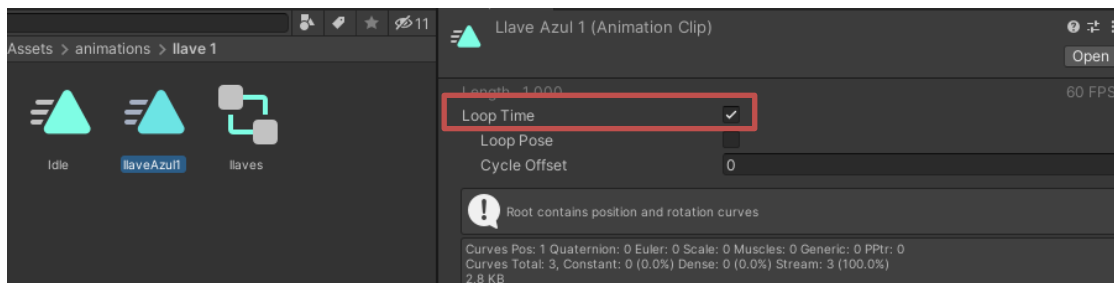


Ilustración 34. Animator llave 1

Se organiza la máquina de estados de la siguiente manera, añadiendo un parámetro que se llama "Abrir".

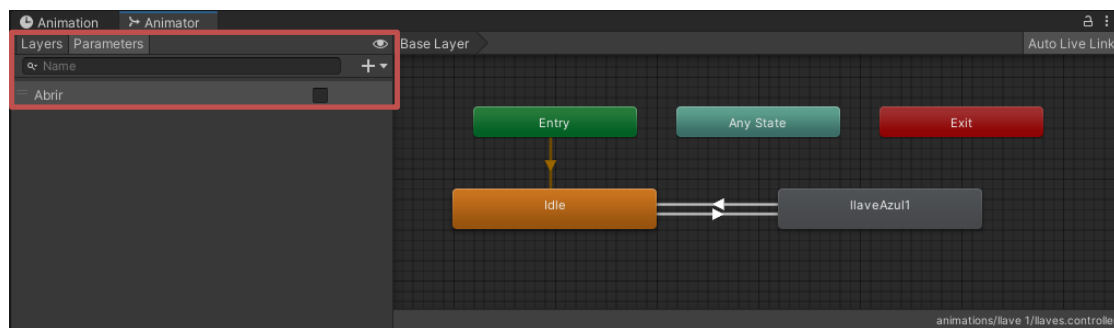


Ilustración 35. Máquina de estado llave 1

La configuración de Idle es la siguiente, cabe resaltar que la condición para que de este estado pase al estado llaveAzul1 es que el parámetro "Abrir" sea verdadero

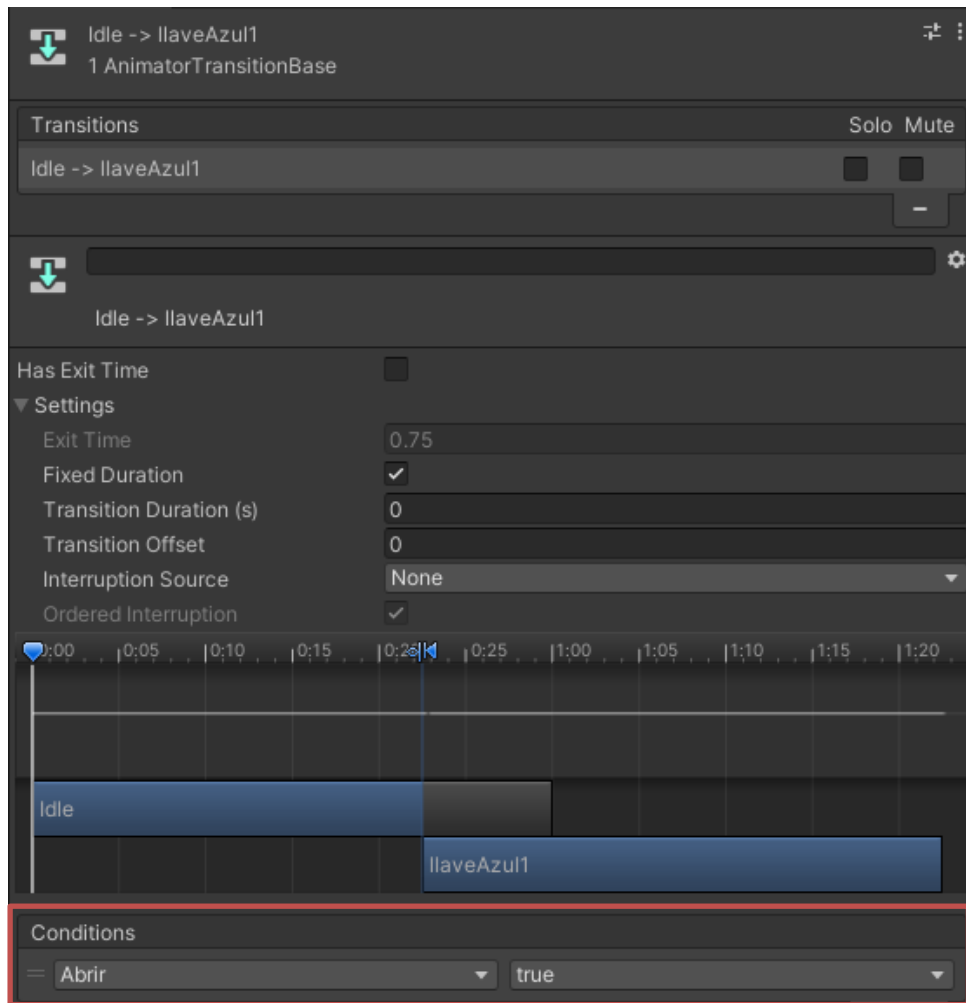


Ilustración 36. Transición Idle llave 1

La configuración de llaveAzul1 es la siguiente, cabe resaltar que la condición para que de este estado pase al estado Idle es que el parámetro “Abrir” sea falso

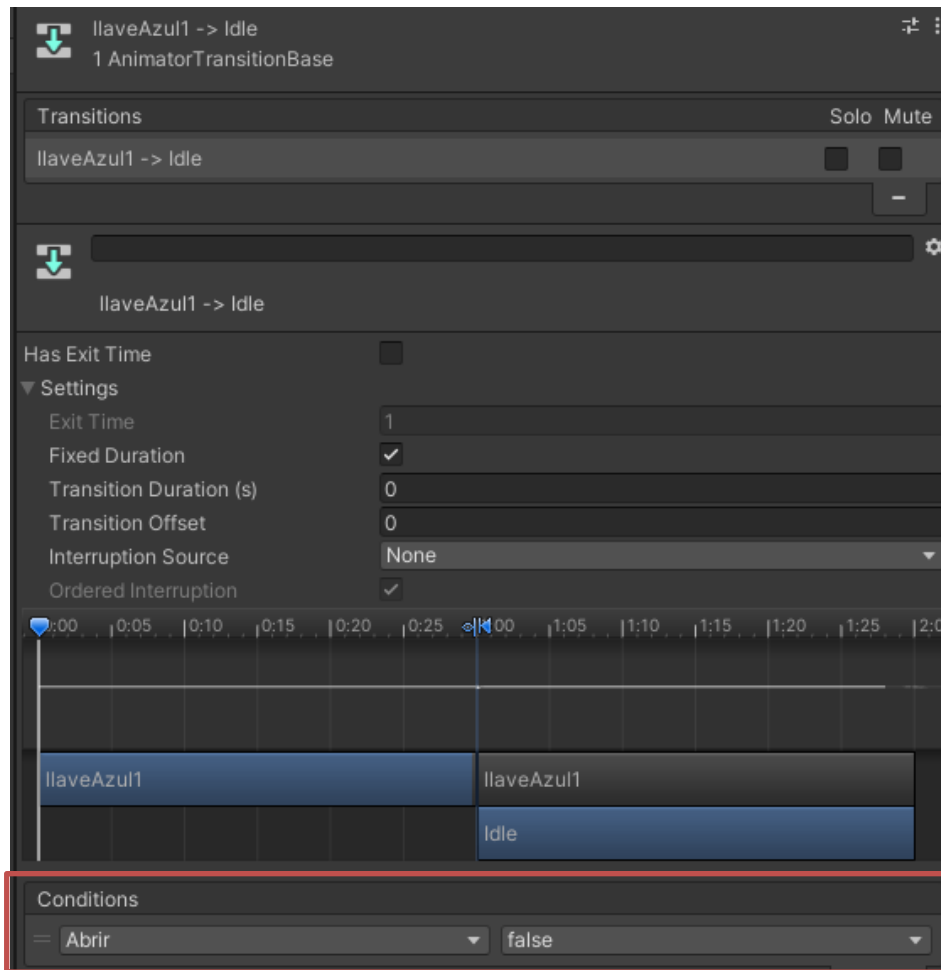


Ilustración 37. Transición llaveAzul1 llave 1

En las animaciones de los tornillos tenemos:

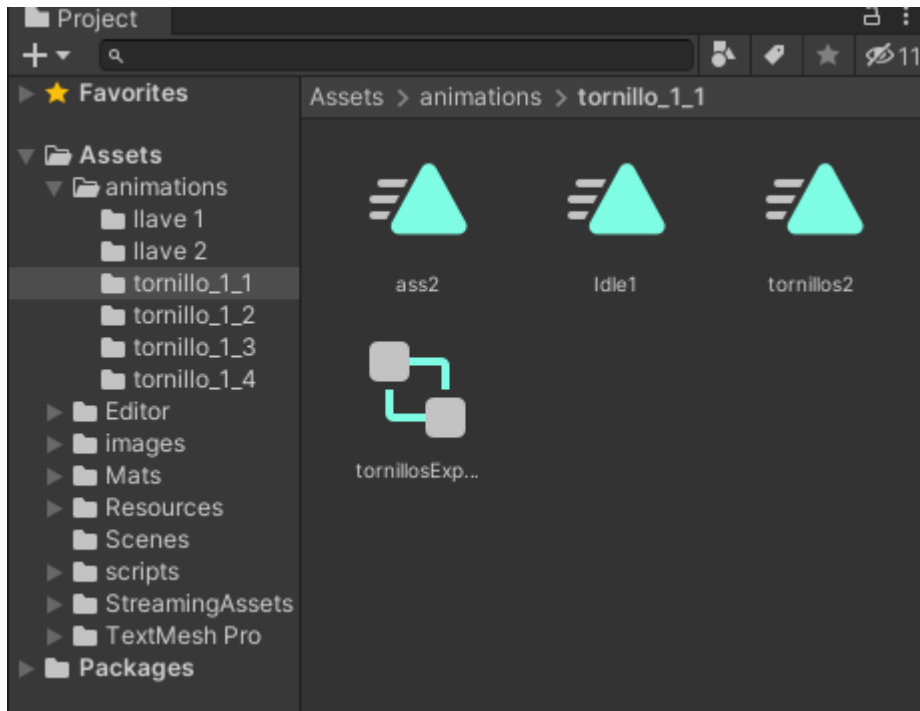


Ilustración 38. Animations tornillo 1

La máquina de estado está compuesta por 3 animaciones: Idle, tornillos2 y ass2. Se aprecia que tiene 2 parámetros: anim y animoff

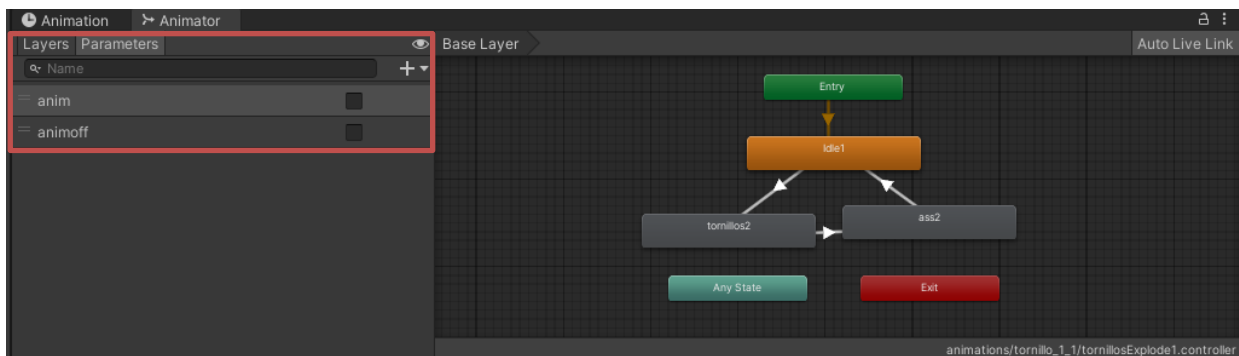


Ilustración 39. Máquina de estado tornillo 1

Para el cambio de estado de Idle a tornillos2 es necesario que el parámetro “anim” sea verdadero

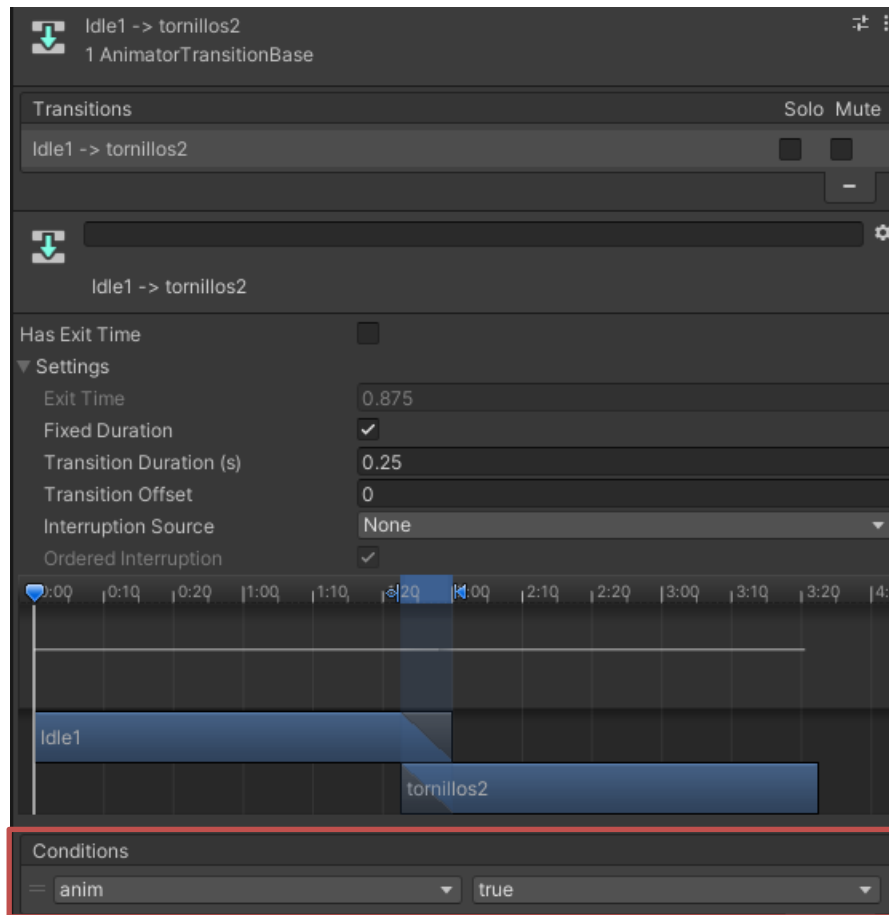


Ilustración 40. Animation Idle tornillo 1

Para el cambio de estado de tornillos2 a ass2 es necesario que el parámetro “animoff” sea verdadero

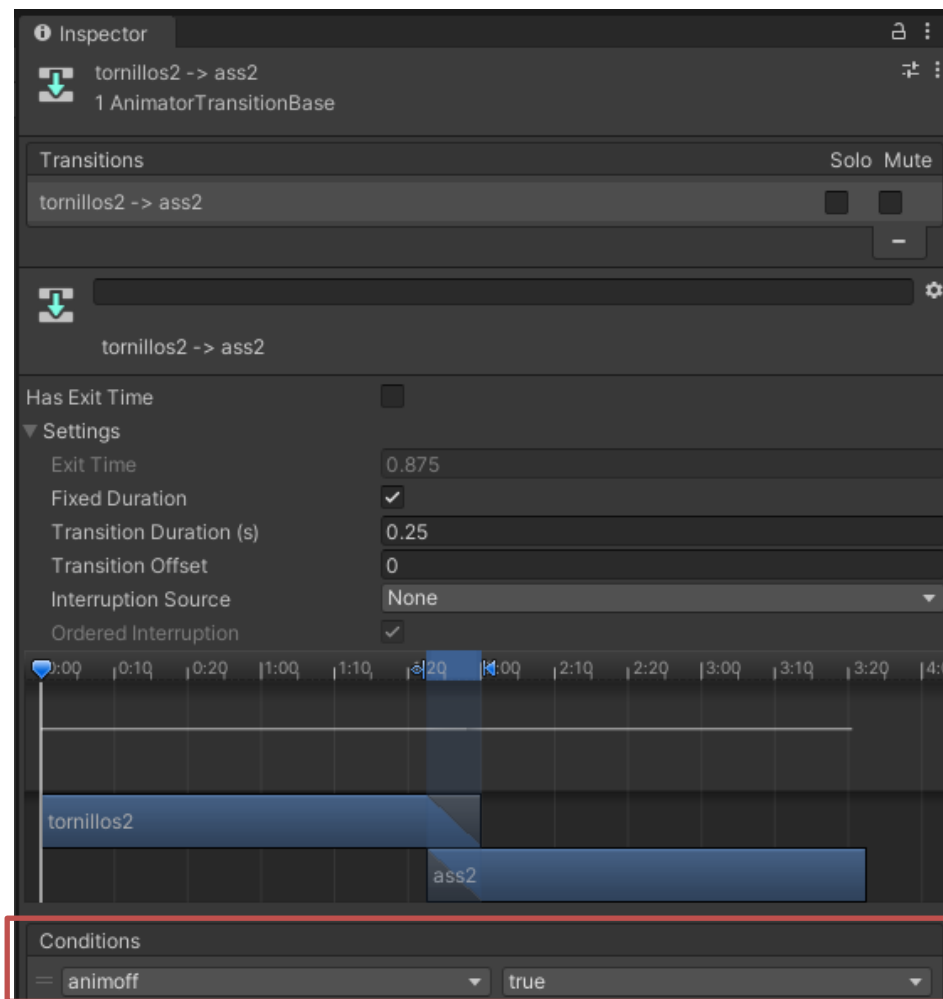


Ilustración 41. Animation tornillos 2 tornillo 1

Por último, del estado ass2 a Idle observamos que no requiere de una condición para hacer la transición, por esta razón se le añade un Exit Time o tiempo de salida, para que después de que termine su ciclo, pase inmediatamente al siguiente estado.

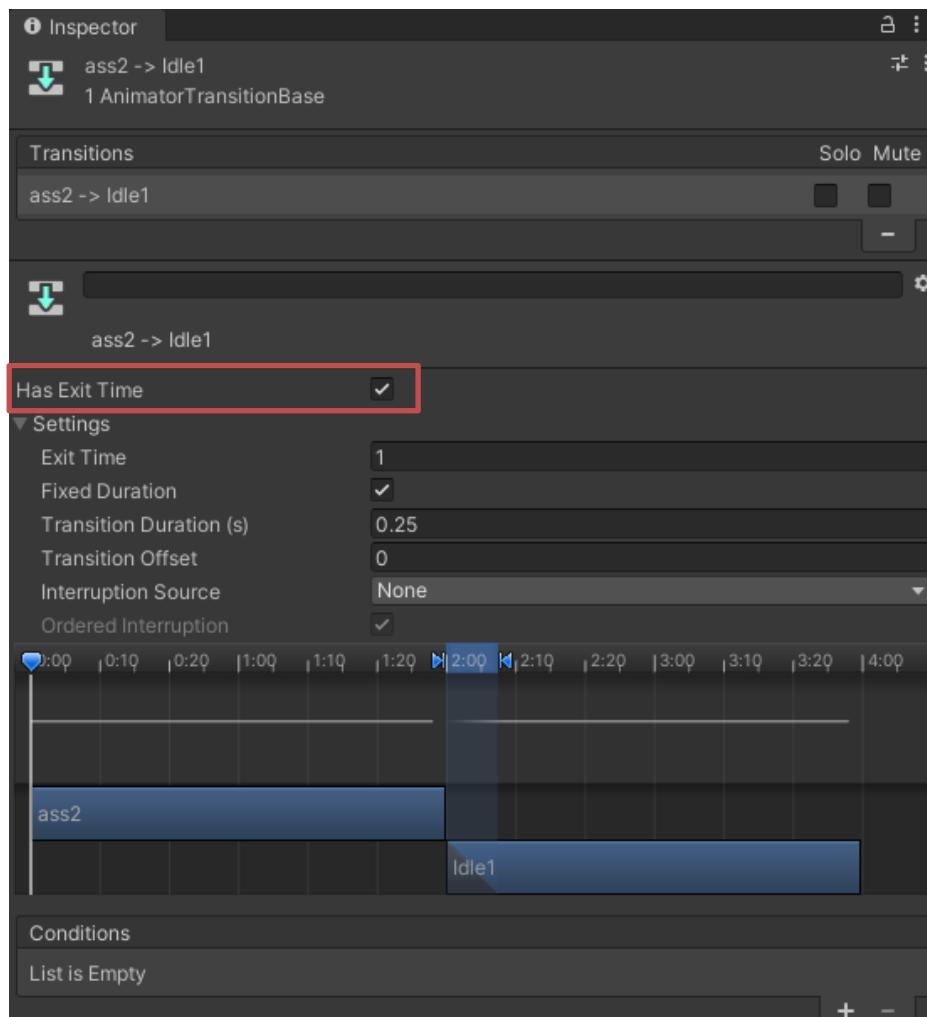


Ilustración 42. Animation ass2 tornillo 1

Con los siguientes códigos se puede controlar la animación desde el botón de la interfaz


```
Assembly-CSharp  botonLLave1  boton
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 public class botonLLave1 : MonoBehaviour
6 {
7     public llave1Anim boton;
8     public Renderer renderer;
9     // Start is called before the first frame update
10
11     public void Start()
12     {
13         renderer = GetComponent<Renderer>();
14     }
15     public void pulsa()
16     {
17         boton.Abrir = true;
18         renderer.material.color = Color.yellow;
19     }
20     public void NoPulsa()
21     {
22         boton.Abrir = false;
23         renderer.material.color = Color.blue;
24     }
25 }
26
27
28
```

Ilustración 43. Script animation llave 1

Los scripts se deben asignar a los componentes a los cuales se desea controlar, en este caso la llave.

```
Assembly-CSharp  llave1Anim  animator_yo
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 public class llave1Anim : MonoBehaviour
6 {
7     public Animator animator_yo;
8     public bool Abrir = false;
9
10     // Start is called before the first frame update
11     public void Start()
12     {
13         animator_yo = GetComponent<Animator>();
14     }
15
16     // Update is called once per frame
17     public void Update()
18     {
19         if (Abrir == true)
20         {
21             animator_yo.SetBool("Abrir", true);
22         }
23         else if (Abrir == false)
24         {
25             animator_yo.SetBool("Abrir", false);
26         }
27     }
28 }
29
```

Ilustración 44. Script botones llave 1

Tenemos entonces en el inspector de la llave.

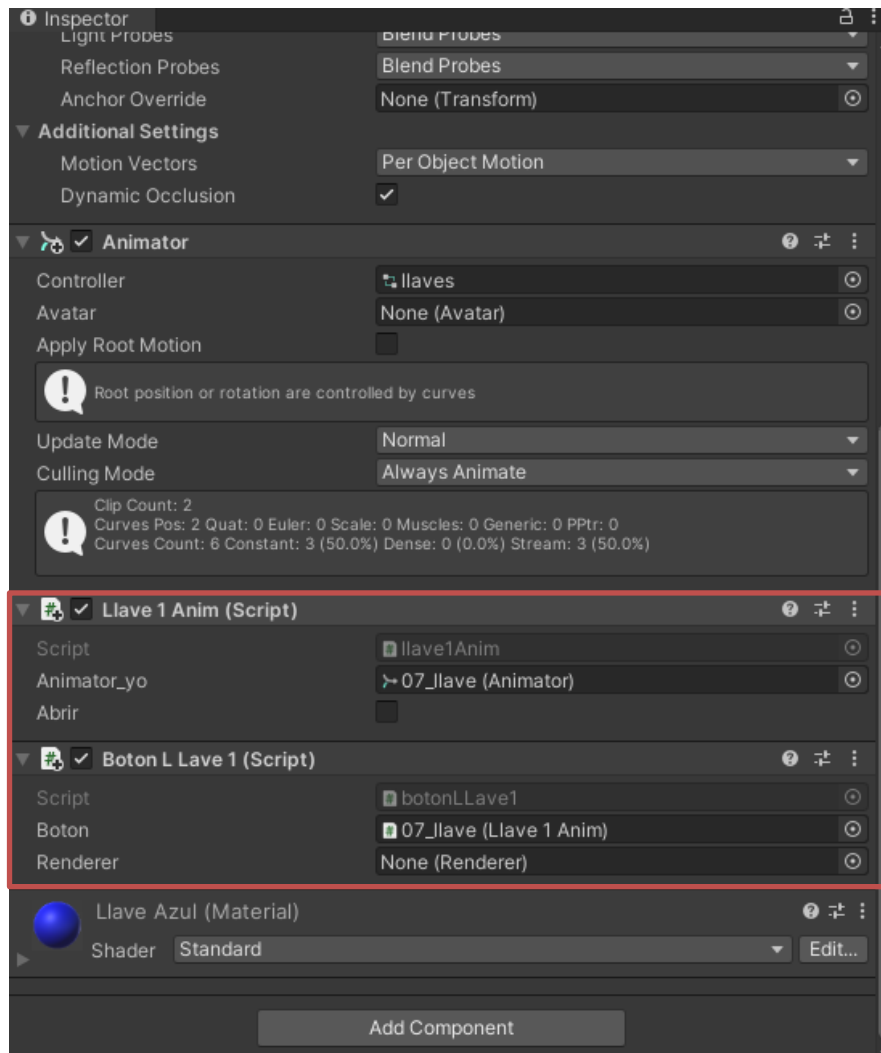


Ilustración 45. Llave 1 inspector

Por último, se debe asignar el script al botón que controlará la animación usando los métodos creados en el script.

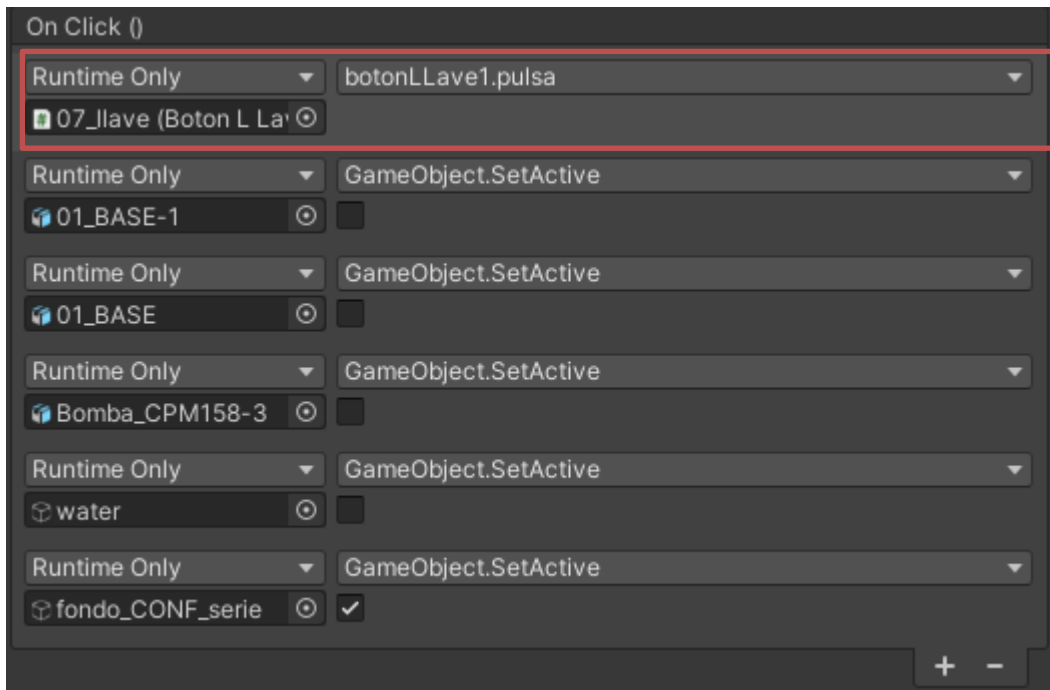


Ilustración 46. Botón para inicializar la experiencia

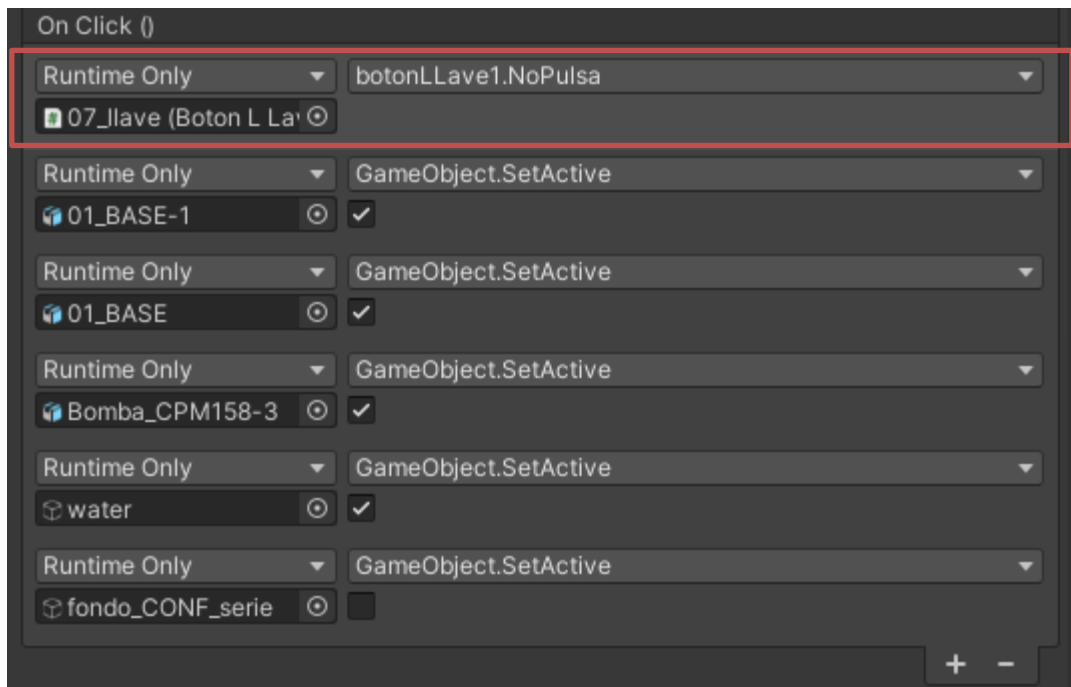


Ilustración 47. Botón para finalizar la experiencia

Esto ha sido solo un ejemplo de una de las animaciones de las que se compone este proyecto, sin embargo, es una buena guía para conocer cómo funcionan.

4.6.6. Comunicación sensores del banco

Unity Web Request

Este objeto proporciona un sistema modular para componer peticiones HTTP y manejar respuestas HTTP

Arquitectura

El ecosistema de UnityWebRequest rompe una transacción HTTP a tres operaciones distintas:

- Proporcionando datos al servidor
- Recibiendo datos del servidor
- Un flujo de control HTTP (re-direccionamiento, manejo de errores, etc.)

Para proporcionar una mejor interfaz para usuarios avanzados, estas operaciones cada una están gobernada por sus propios objetos:

- Un objeto UploadHandler maneja la transmisión de datos al servidor
- Un objeto DownloadHandler maneja el recibimiento, buffering y post-procesamiento de datos recibidos del servidor
- Un UnityWebRequest object, que maneja otros dos objetos, y también maneja el control del flujo HTTP. Este objeto es dónde encabezados personalizados y URLs son definidos, y dónde la información de error y re-dirección está almacenada.

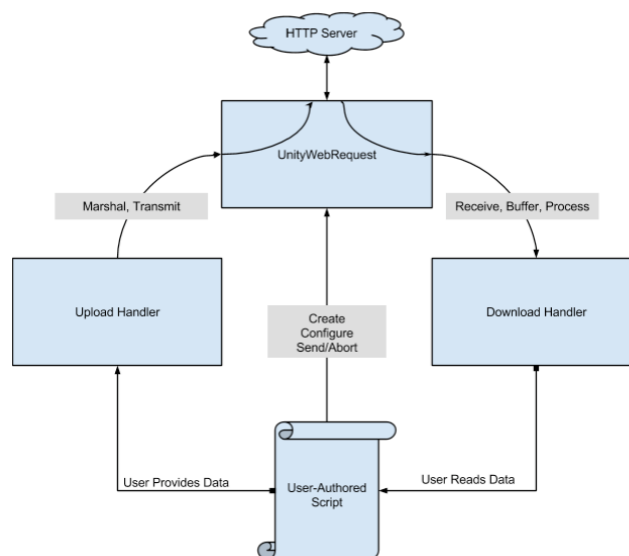


Ilustración 48. Esquema UnityWebRequest

Métodos como GET y un DownloadHandler son los principios fundamentales para encontrar la información y descargarla a la aplicación

El método GET crea un UnityWebRequest y configura el URL objetivo al argumento URL proporcionado. También configura el verb HTTP a GET, pero no configura otras flags o encabezados personalizados.⁷

Se debe diseñar en la interfaz los valores o campos de texto por los cuales será reemplazados los valores recuestados por el script a la página web. Son objetos 3d en el apartado texto. Estos campos serán agregados al script de C# que luego mostrarán en tiempo real el valor de las variables en la página web.

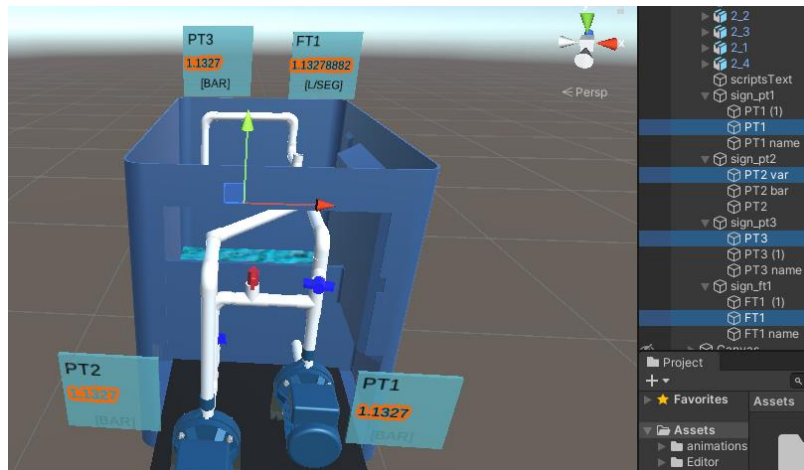


Ilustración 49. Unity Configuración lectura sensores

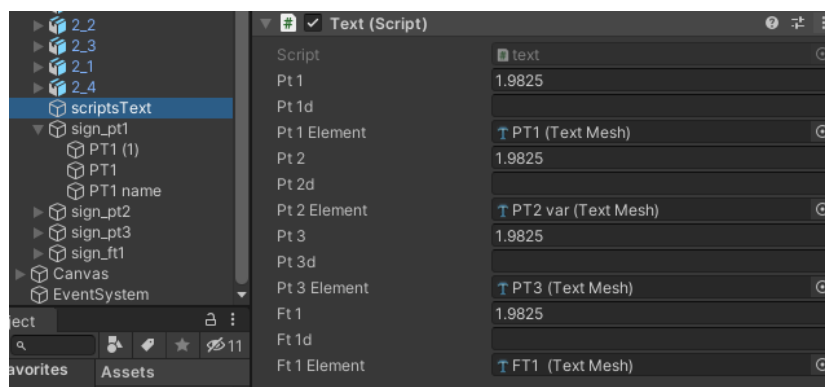


Ilustración 50. Unity relacionar sensores con scripts

Se crea un método el cual ejecuta una corrutina, la corrutina por medio de del objeto UnityWebRequest recoge la información que este en la página que es la URL resaltada de

⁷ Documentación Unity

color azul. Al tener esta información se la asignamos a la variable pt1 que posteriormente será mostrada en la interfaz de realidad aumentada. Este código se replica para cada una de las variables en cuestión. (3 de presión y 1 de caudal.)

```
public void LeerHtmlpt1()
{
    //Debug.Log("comienza corrutina LeerHtml");
    StartCoroutine(CorrutinaLeerHtmlpt1());
}
1 referencia
IEnumerator CorrutinaLeerHtmlpt1()
{
    UnityWebRequest web = UnityWebRequest.Get("http://192.168.0.1/awp/Juan/PB1.html");
    yield return web.SendWebRequest(); //se espera no X segundos, sino hasta que vuelva
    //cuando sigue es porque volvio

    if (!web.isNetworkError && !web.isHttpError)
    {
        // Debug.Log(web.downloadHandler.text); //todo estaria bien
        pt1 = web.downloadHandler.text;
    }
    else
    {
        Debug.LogWarning("error pt1");
    }
}
```

Ilustración 51. Script comunicación sensores

4.7. Desarrollo Web

Se basa principalmente en páginas HTML donde se tiene toda la información del banco de pruebas. La parte fundamental de este apartado es la comunicación que se hace en tiempo real sin tener que estar actualizando la página constantemente. La página se actualiza, pero no en su totalidad, se actualiza únicamente en cada uno de los monitoreos de las variables del sistema. A continuación la deconstrucción del código respecto a la comunicación.

```
$(document).ready(function(){
```

```
//setpoint. Document.ready espera a que el documento haya cargado en su totalidad para ejecutar lo que se encuentra en sus corchetes.
```

```
//query the sp variable every second
$.ajaxSetup({ cache: false });
setInterval(function() {
```

//set interval es una función que repite todo lo que está en sus paréntesis en X tiempo, parámetro de tiempo que se coloca al final de esta función.

```
$.get("dsp.html", function(result){
```

//para realizar una lectura de las variables sin tener que recargar la página inicial constantemente para pedir dicha información al servidor (en este caso el PLC es nuestro servidor) lo que se hace es crear una NUEVA página en html que solo tenga la información de la variable, en este caso la página “dsp.html”, contiene la información del valor de caudal actual del banco. < **:=“datos”.sp:** >. Lo que esta en negrita representa la manera en que se debe leer el valor actual de una variable en el programa de TIA portal. Esta pagina web se recarga constantemente y de esta manera se obtiene el resultado esperado.

```
$('#sp').text(result);
```

//Le asigna a un label con la etiqueta sp que la encuentra en el documento con el símbolo “#” y se reemplaza su valor por el valor encontrado en la página web que se está refrescando constantemente.

```
});  
,1000);
```

//Valor de tiempo de la función Set Interval

```
//modify the sp value  
$("#button").click(function(){
```

//Al presionar el boton “Button” ejecuta el código que esta entre corchetes.

```
url="dsp.html";
```

//Pagina en HTML

```
name="datos.sp";  
val=$('#input[id=setvar]').val();
```

//Guarda el valor ingresado en el input con etiqueta setvar para enviarlo a pa url dsp.html, que es la página web que tiene la comunicación directa con el PLC

```
sdata=escape(name)+'='+val;  
$.post(url,sdata,function(result){});
```

//Modifica el valor de una variable sin tener que refrescar la página inicial con la ayuda de AJAX

```
});  
});
```

A continuación, el código deconstruido anteriormente.

```
</div>
<div><!--sp-->
  <h2>Set point caudal</h2>
  <br>
  <!--This label value is being updated in the background
  <label id="sp" name="sp">:= "datos".sp:</label> [L/min]
  <br>
  <input id='setvar' type="text"/>
  <br>
  <!--This button modifies the value in the background u
  <br>
  <button class="btn1">Cambiar</button>
  <br><br>
</div>
div>
id="titulo_monitoreo">Monitoreo</h2>
2  $(document).ready(function(){ //setpoint
3  //query the sp variable every second
4  $.ajaxSetup({ cache: false });
5  setInterval(function() {
6  $.get("dsp.html", function(result){
7  $('#sp').text(result);
8  });
9  },1000);
10 //modify the sp value
11 $("button").click(function(){
12   url="dsp.html";
13   name="datos.sp";
14   val=$('#input[id=setvar]').val();
15   sdata=escape(name)+'='+val;
16   $.post(url,sdata,function(result){});
17   });
18 });
```

Ilustración 52. Código comunicación AJAX, HTML, webServer

4.8. Acceso remoto

En este apartado cabe resaltar que la idea inicial era tener el control remoto sobre el banco, sin embargo, esto no fue posible ya que los permisos de tener una ip pública para este proyecto fueron negados. Se decidió para la continuación de este proyecto realizar dos topologías de red. La primera en la universidad, teniendo una red de área local en donde el objetivo principal era desarrollar una página web donde se tiene el control y monitoreo del banco. A continuación, un esquema de la interconexión del sistema ciberfísico y la realidad aumentada en el banco de pruebas de dos bombas centrífugas en configuración variable de la UNAB.

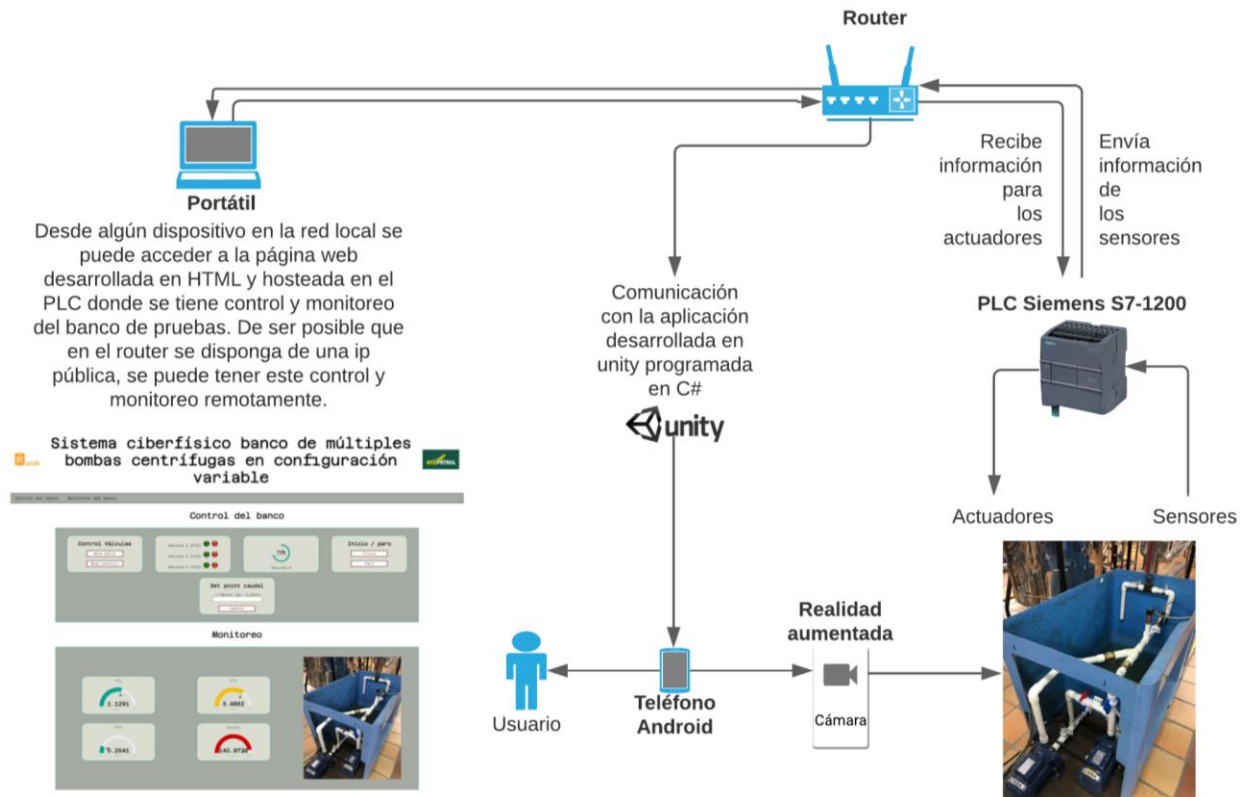


Ilustración 53. Esquema conexiones banco de pruebas

La segunda topología de red implementada fue realizada en una red con los permisos para realizar configuraciones en el router de borde. Esta topología fue desarrollada en mi casa.

Una de las formas para entrar a la página web que esta hosteada en el PLC es por medio de una DMZ. En la siguiente imagen podemos visualizar la topología de la idea inicial para este proyecto la cual consistía en: Crear una DMZ en el router de borde que me entrega el proveedor de servicios de internet para luego configurar otra de ser necesario en el router que está conectado directamente al PLC. Es importante saber que en el router de borde se tiene una Ip pública por parte del proveedor, de lo contrario nos encontraríamos en una CG-NAT.

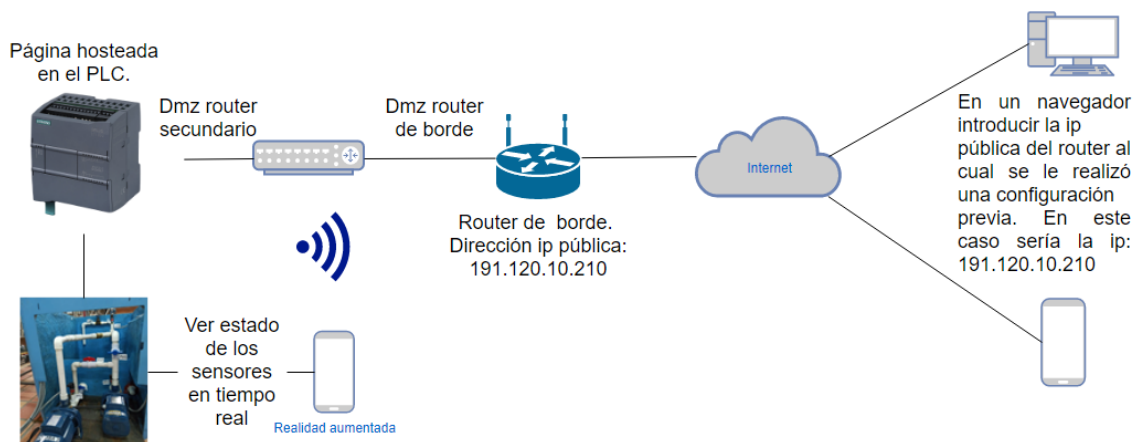


Ilustración 54. Topología idea inicial, acceso remoto

La topología de red realizada en una red controlada donde se tienen permisos para manipular la configuración del router es la siguiente:

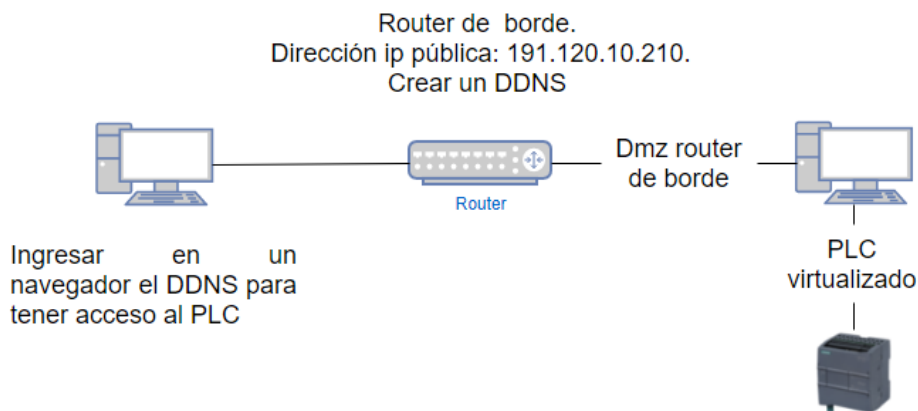


Ilustración 55. Topología de red implementada en mi casa

En la imagen podemos apreciar que se configuraron una DDNS, una DMZ y con ayuda de tía portal v16 un PLC virtualizado.

Para configurar una DMZ se debe acceder a la configuración del router de borde con las indicaciones de cada uno de los proveedores de servicio de internet o las indicaciones que se encuentran debajo del router. Una vez ingresado a la configuración se debe buscar el apartado de NAT y entrar en DMZ.

Se debe configurar la dirección ip a la cual se quiera tener acceso desde el exterior apuntándole a la dirección ip pública del router de borde.

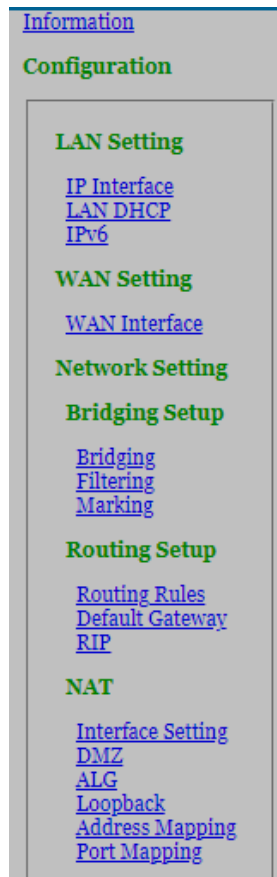


Ilustración 56. Configurar DMZ

NAT es Network Address Translation o Traducción de direcciones de redes en español y se encarga de traducir las direcciones para que sean posibles las conexiones. También es conocido como enmascaramiento de direcciones IP. El NAT da una ip pública a todos los dispositivos con direcciones privadas para que puedan tener acceso a internet

Una DDNS (Dynamic domain name service) o Nombre de dominio dinámico en español. Es un servicio que nos permite asociar nuestra IP pública a un dominio, así la ip sea dinámica teniendo el dominio creado seguiremos teniendo acceso a la ip publica de nuestro router que es el objetivo. Para crear una DDNS gratuita existen algunas posibilidades y una de ellas es con No-Ip. Se debe ingresar al siguiente enlace <https://www.noip.com> y crear una cuenta y un hostname.

Dynamic DNS

?

Adm. State Enable Disable

Provider No-IP

Host Name

Interface ip2

User Name (Account)

Password

Apply

Ilustración 57. Configurar DDNS

Se configurará con el proveedor que en este caso es No-ip. Se habilita la configuración y se introducen los datos de la cuenta de no ip. Por último, se digita el host name en la barra de búsqueda de un navegador y se accederá a la dirección ip pública de nuestro router por medio de un nombre de dominio dinámico.

4.9. Web Server

En la configuración del PLC que se puede acceder entrando a dispositivos y redes y luego dándole doble clic al PLC agregado se tiene que desplazar a la pestaña de PROFINET, se le darán las IP tanto al dispositivo y la IP por la cual estará conectado al router. En IP Address colocar la dirección IP del PLC asignada. En Subnet mask colocar la máscara por defecto de la dirección anterior, en este caso una máscara por defecto clase C. por último, colocar la dirección IP del router y habilitar su opción donde dice "Use router". De esta manera una red LAN habría sido configurada.

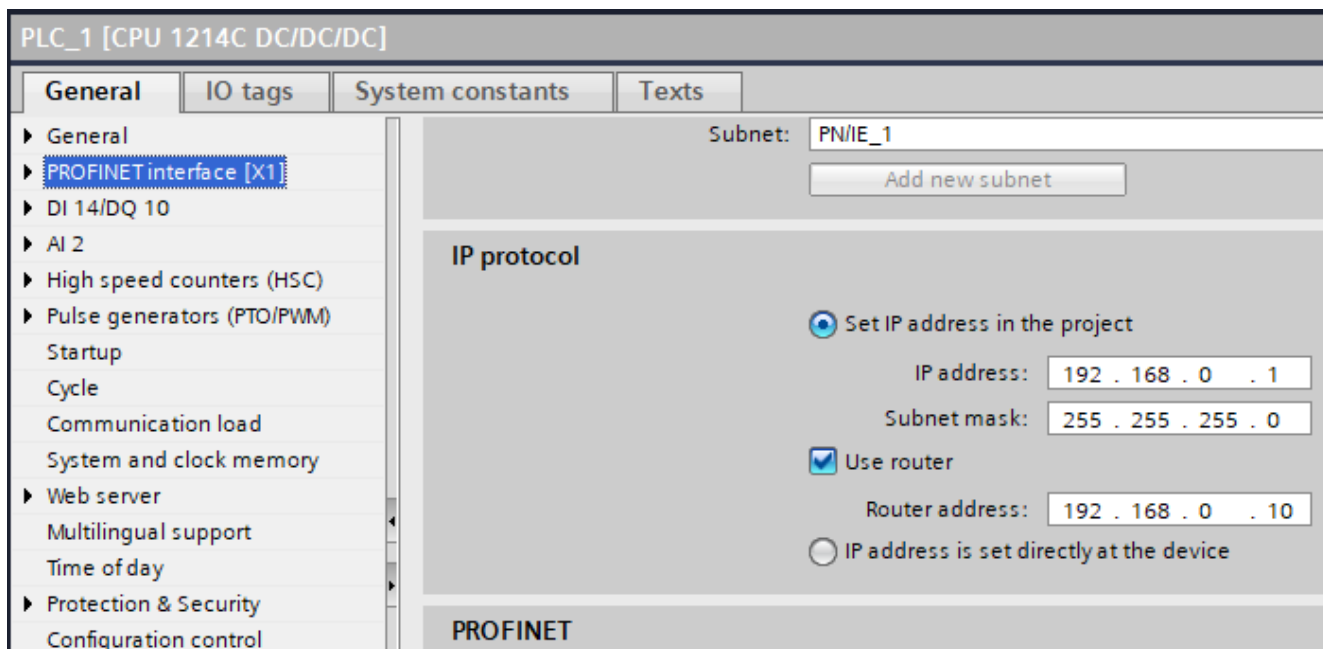


Ilustración 58. Configuración direcciones ip

Para continuar con la configuración de un servidor web es necesario activar dicha funcionalidad, para esto. Entramos al apartado Web server en donde habilitaremos la opción de servidor web, también agregaremos los diferentes perfiles para los usuarios que deseen tener acceso al plc mediante la web. Creando sus perfiles y contraseñas.

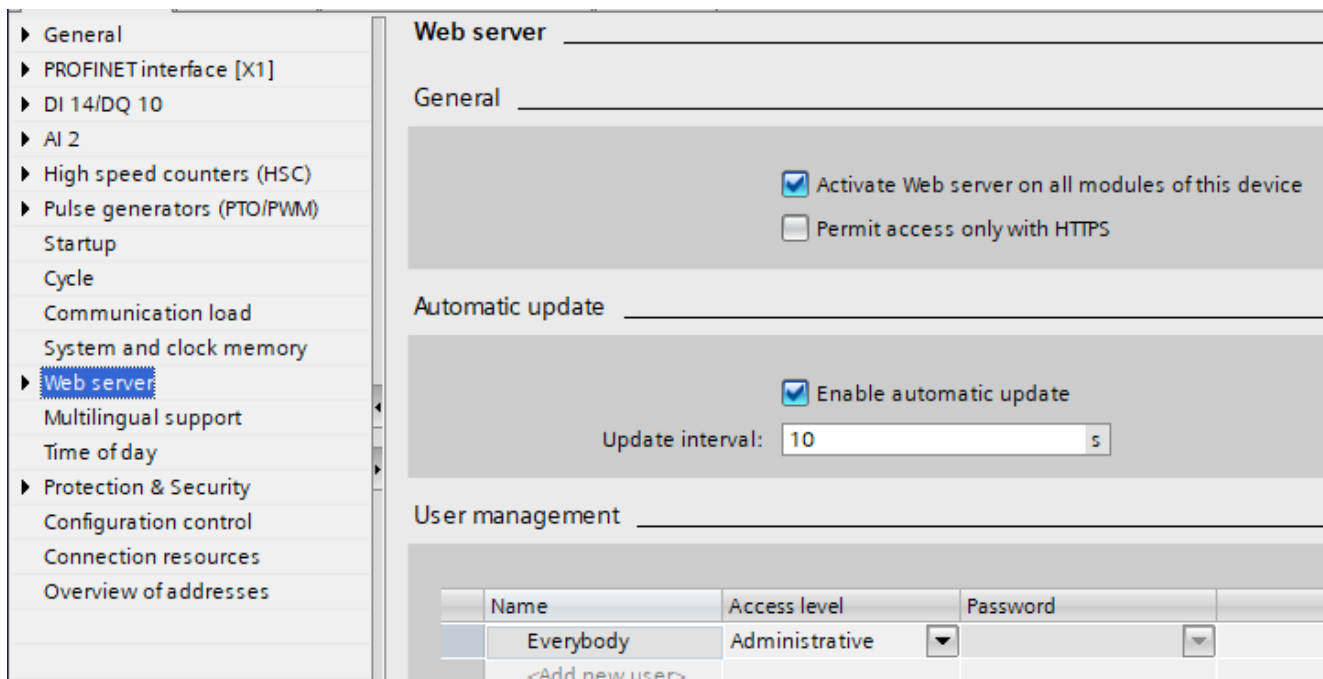


Ilustración 59. Configurar Web Server

Finalmente, seleccionar las rutas donde se tienen guardadas las páginas web en HTML. En el apartado de directorio tenemos que agregar la carpeta que contiene toda la información de la

página web, ya sean imágenes, otras páginas en html, scripts de CSS y JavaScript. En el apartado de la página por defecto se selecciona la página inicial. Por último se le da un nombre y se generarán los bloques que el Tia Portal traducirá de la información cargada anteriormente en bloques de datos.

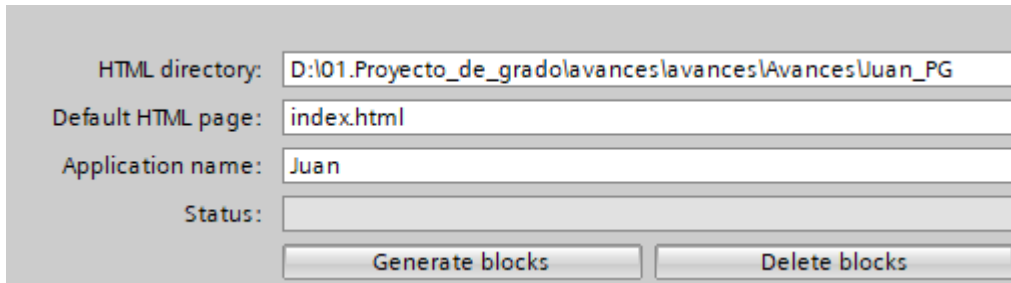


Ilustración 60. Añadir rutas de las páginas web

Los bloques de datos generados se guardan en el árbol del proyecto de STEP 7 en la carpeta "Bloques de sistema > Servidor web". Estos bloques de datos se componen de un bloque de datos de control (DB Web Control), que regula la visualización de las páginas web, y de uno o varios fragmentos de bloques de datos (DB de fragmento) con las páginas web compiladas.⁸

Se debe agregar la instrucción WWW ubicada en el bloque de comunicación > WEB server > WWW.

La instrucción WWW inicializa el servidor web de la CPU o sincroniza las páginas de usuario con el programa de usuario de la CPU. El DB Web-Control es el parámetro de entrada para la instrucción WWW e indica el contenido de las páginas tal como se representan en los DB de fragmento, así como información de estado y de control. STEP 7 genera el DB Web-Control al hacer clic en el botón "Generar bloques".⁹

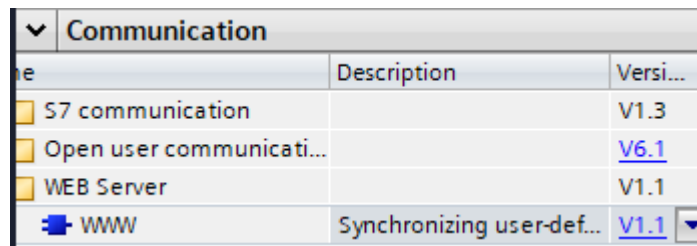


Ilustración 61. Instrucción WWW

Los parámetros de la instrucción WWW son los siguientes.

Parámetros	Declaración	Tipo de datos	Descripción
CTRL_DB	Input	DB_WWW	Bloque de datos que describe las páginas de usuario (DB Web Control)

⁸ Manual de funciones webserver s71500 Siemens.

⁹ Manual de funciones webserver s71500 Siemens.

RET_VAL	Output	Int	Información de errores.
---------	--------	-----	-------------------------

Para más información acerca de los errores, ver archivo adjunto “Manual de funciones webserver s71500 Siemens.”

Una vez realizadas estas configuraciones ya es posible acceder a la dirección IP del PLC asignada en el apartado PROFINET en un navegador compatible > Página principal de siemens. Intro > páginas de usuario > enlace página guardada.

Se debe tener en cuenta que el tamaño máximo de la carpeta que se añade en el directorio no puede superar las 2MB ya que esto generaría un error.

5. RESULTADOS Y EVIDENCIAS

5.1. APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA

En el inicio de la actividad 1.10, programar HMI, tenemos las siguientes interfaces.

La siguiente interfaz, es la inicial, es lo primero que ve el usuario al lanzar la aplicación. En ella observamos el título, algunas imágenes desplegando contenido relevante para el banco y una botonera.

A continuación, el funcionamiento de cada uno de los botones:

- Vista isométrica: Muestra la vista isométrica del banco
- Vista frontal: Muestra la vista frontal del banco
- AR: Lanza la experiencia de realidad aumentada
- Conf. Serie: Muestra otra interfaz con características de esta configuración
- Conf. Paralelo: Muestra otra interfaz con características de esta configuración.

PROYECTO DE GRADO IMK 2021



Dispositivo	Descripción
PLC SIMATIC S7-1200, CPU 1214C CPU 1214C DC/DC/DC	Sistema de control y adquisición de datos de las variables de proceso. Es el encargado de realizar el procesamiento.
MODULO SM 1231	El módulo de expansión SM 1231 es de tipo análogo. Consta de cuatro entradas análogas empleadas para los sensores de presión y caudal.
MÓDULO DE COMUNICACIONES CM 1241	Dispositivo empleado para la comunicación entre PLC y variador de frecuencia mediante protocolo USS.
VARIADOR SINAMICS V20 1 [HP]	Potencia 1 HP Alimentación a 2 fases - 220 VAC, salida trifásica 220Vac, 3.9 A. Panel operador integrado.
CABLE PROFIBUS	Es un estándar de comunicación para bus de campo empleado para la transmisión de datos.

VISTA ISOMÉTRICA VISTA FRONTAL AR CONF. SERIE CONF. PARALELO

Ilustración 62. Interfaz principal

En la configuración serie se observa el título de esta configuración, un par de imágenes mostrando contenido relevante y una botonera.

A continuación, el funcionamiento de cada uno de los botones:

- Atrás: Muestra la interfaz inicial

- Conexiones: Muestra la imagen de las conexiones del banco en configuración serie
- Rendimiento: Muestra la imagen del rendimiento de las bombas en configuración serie
- AR Serie: Lanza la experiencia de realidad aumentada para dar paso a las instrucciones de esta configuración

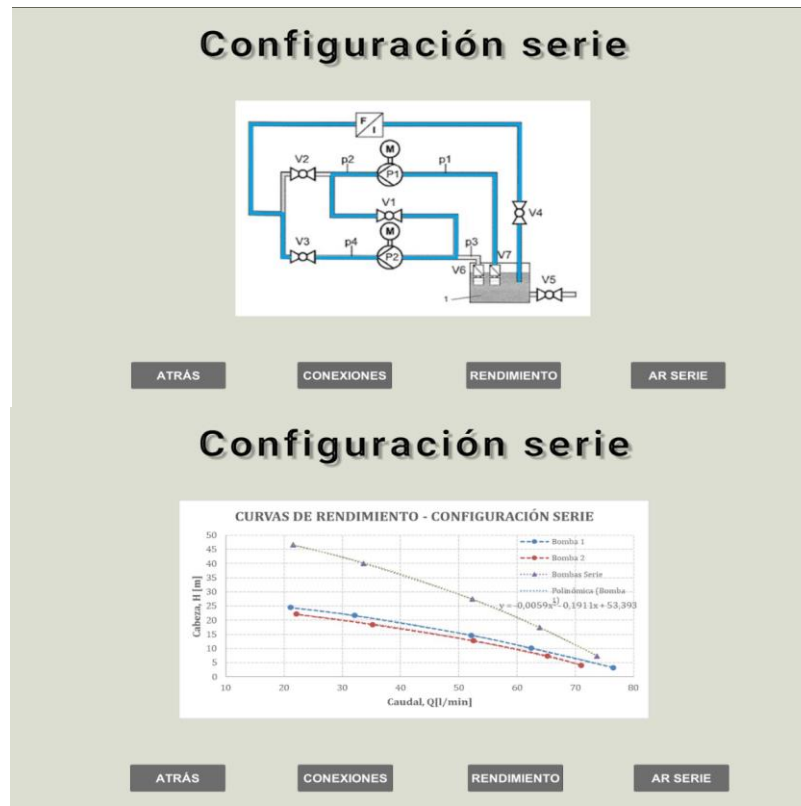


Ilustración 63. Interfaz configuración serie

En la configuración paralelo se observa el título de esta configuración, un par de imágenes mostrando contenido relevante y una botonera.

A continuación, el funcionamiento de cada uno de los botones:

- Atrás: Muestra la interfaz inicial
- Conexiones: Muestra la imagen de las conexiones del banco en configuración paralelo
- Rendimiento: Muestra la imagen del rendimiento de las bombas en configuración paralelo
- AR Paralelo: Lanza la experiencia de realidad aumentada para dar paso a las instrucciones de esta configuración

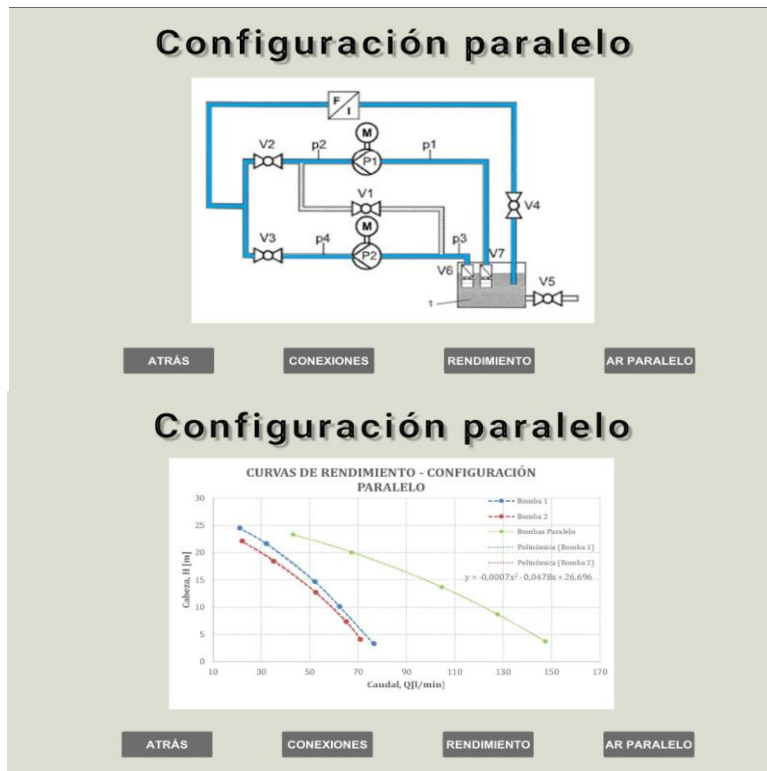


Ilustración 64. Interfaz configuración paralelo

El botón “AR” de la interfaz inicial, lanza la siguiente experiencia.

El usuario puede experimentar el explosionado de algunas piezas e información relevante acerca de los sensores. Finalmente, el botón menú que se devuelve a la interfaz inicial.

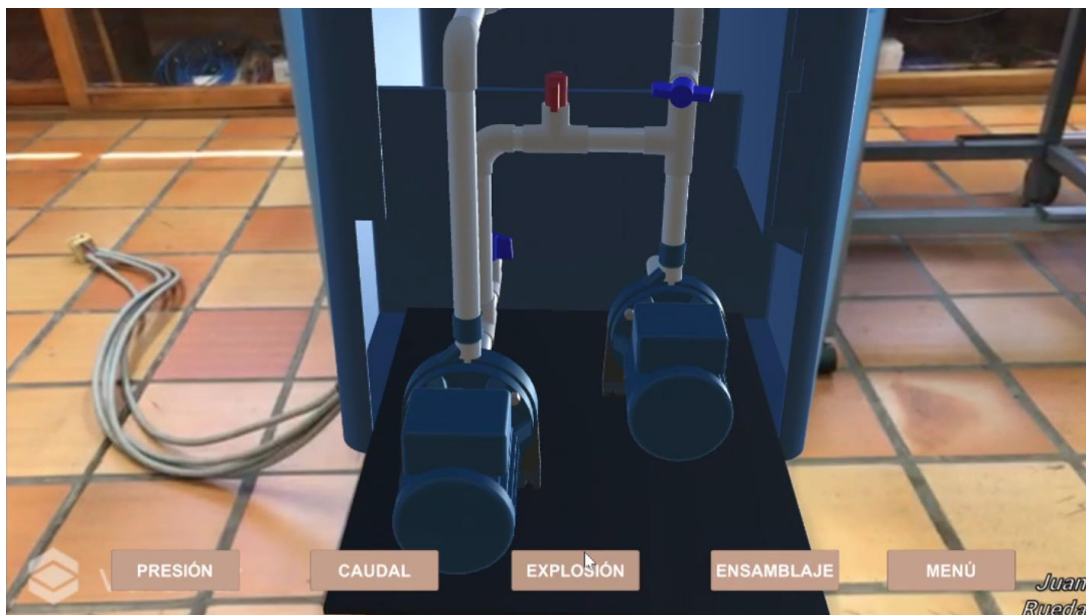


Ilustración 65. Interfaz AR menú inicial

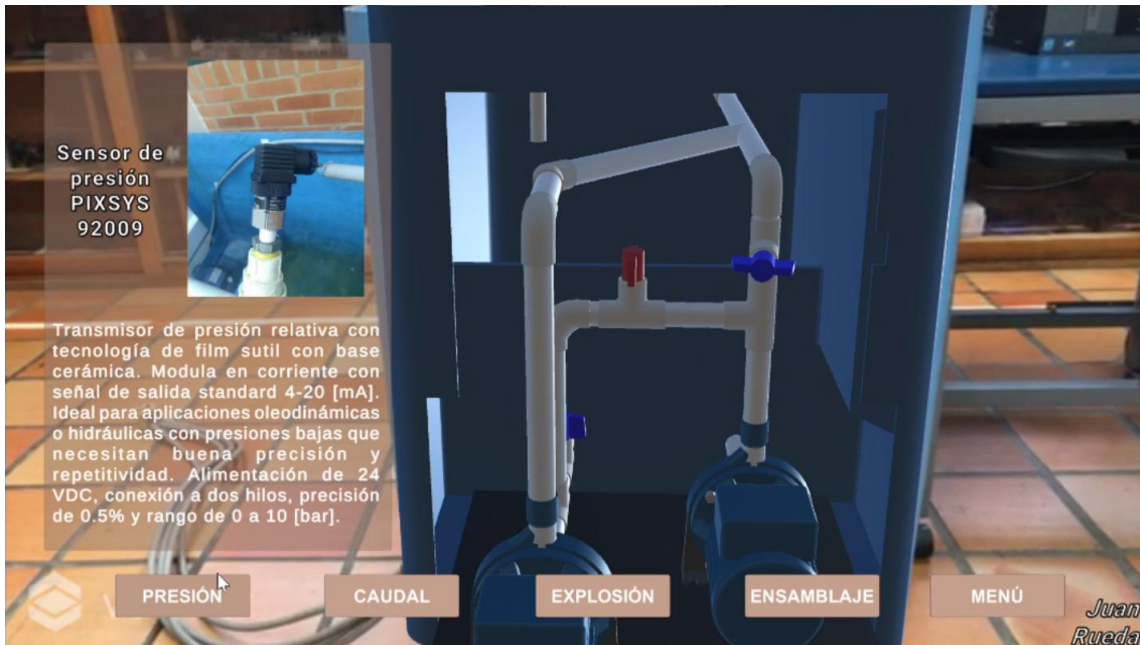


Ilustración 66. Interfaz Sensor de presión

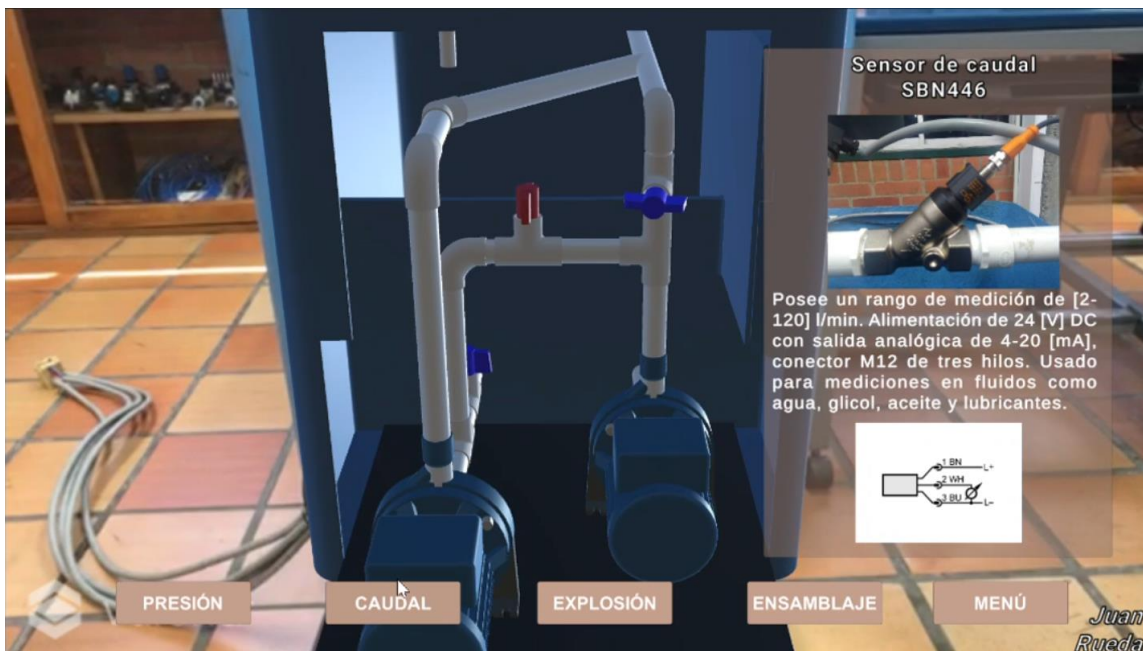


Ilustración 67. Interfaz Sensor de caudal

Explosionado de los tornillos y tuercas a la vez de mostrar el torque con el cual se deben ajustar estos tornillos de media pulgada.

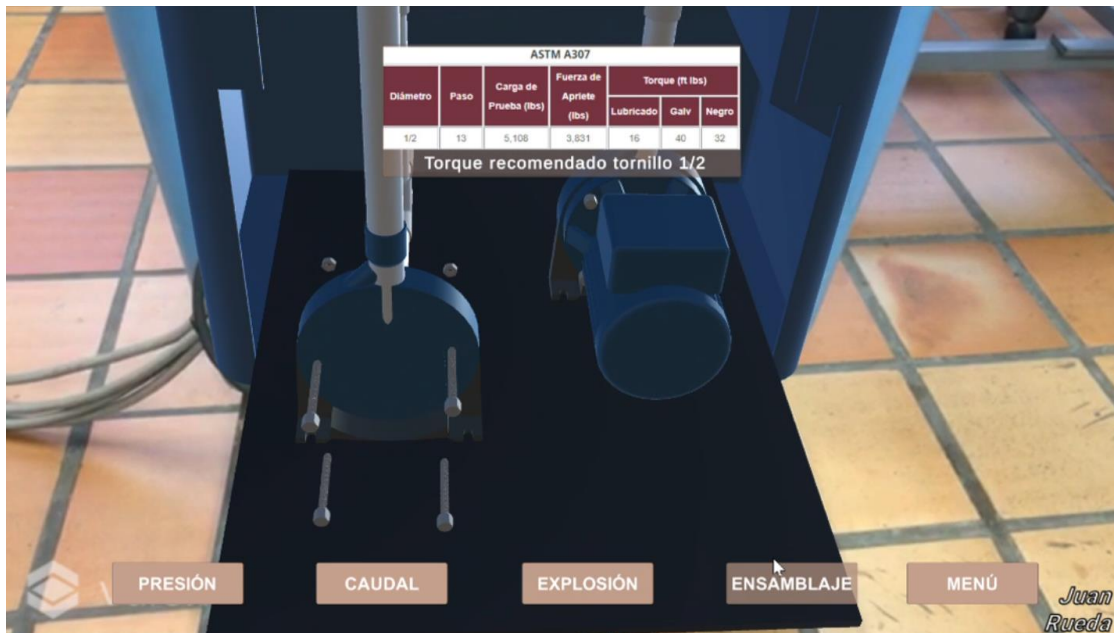


Ilustración 68. Interfaz explosionado y ensamble

En la interfaz de la configuración serie tenemos las instrucciones paso a paso para la apertura o cierre de las llaves

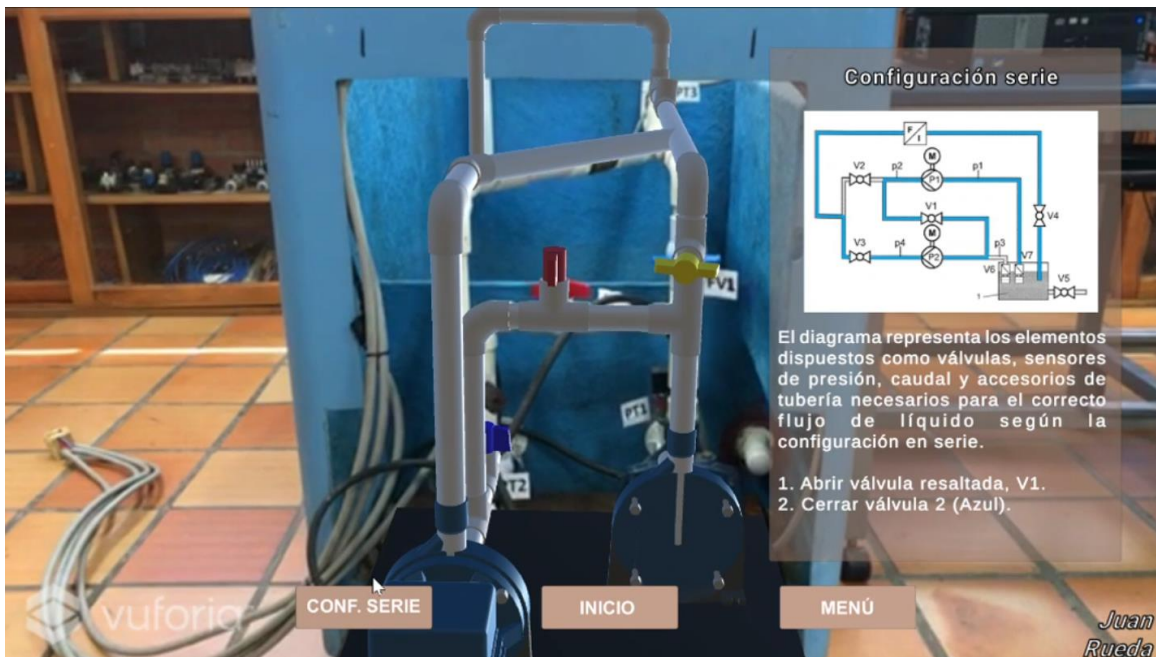


Ilustración 69. Interfaz instrucciones serie

En la interfaz de la configuración paralelo tenemos las instrucciones paso a paso para la apertura o cierre de las llaves

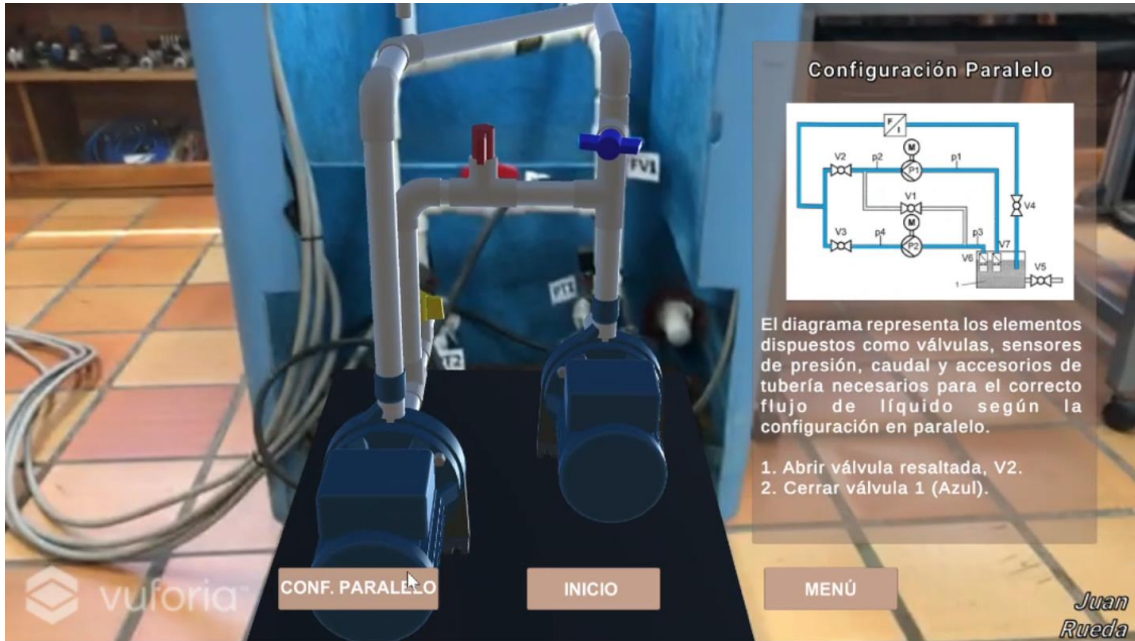


Ilustración 70. Interfaz instrucciones paralelo

Ver el estado de los sensores en tiempo real



Ilustración 71. Interfaz monitoreo sensores

5.2. Sistema ciberfísico.

5.2.1. Desarrollo web

La siguiente página web fue desarrollada con HTML, CSS y JavaScript. Códigos en JavaScript para las gráficas como JustGage y para el desarrollo de la página jquery y Ajax para la comunicación en tiempo real con las variables del banco de pruebas.¹⁰



Ilustración 72. Página web desarrollada

Adjunto se encuentra un video explicativo de como funciona la página y como manejar el banco que se encuentra en planta piloto.

¹⁰ Información detallada en los archivos del desarrollo web.

5.2.2. Acceso remoto

Luego de terminar la configuración de una DMZ en el router de borde se puede acceder directamente por medio del DDNS creado en el documento soporte de acceso remoto¹¹ bancounab.ddns.net, esta página redirige a la página de usuario de SIEMENS. Sin embargo, existe la posibilidad de entrar directamente a la página diseñada en HTML ingresando al siguiente enlace.

<http://bancounab.ddns.net/awp/juan/index.html>

banounab.ddns.net/awp/juan/index.html

PROYECTO DE GRADO IMK UNAB

co Información del banco Realidad aumentada

Control del banco

Control Válvulas

Válvula 1 [FV1] ● ●

Válvula 2 [FV2] ● ●

Válvula 3 [FV3] ● ●

75%

Válvula 4

Set point caudal

0.0

1774

Monitoreo

PT1

PT3

Ilustración 73. Acceso remoto a través de un DDNS

¹¹ Revisar documento soporte acceso remoto.

6. CONCLUSIONES

En este proyecto, se indagó acerca de una conexión remota y un modelo de realidad aumentada para el banco de pruebas de múltiples bombas centrífugas en configuración variable de la unab, en el cual se concluyó lo siguiente:

Unity, el software de desarrollo, ofrece todas las herramientas necesarias para crear una aplicación y exportarla a cualquier dispositivo, al usar el SDK de Vuforia se puede crear desde cero cualquier contenido en realidad aumentada.

En la aplicación de realidad aumentada se exploró principalmente: contenido estático y dinámico relevante para la operación del proceso, explosionado de partes e instrucciones paso a paso que podrían ser de utilidad para los operarios de un equipo en una empresa o para los estudiantes a la hora de enfrentarse a una práctica sin el acompañamiento del profesor. De esta manera sin la ayuda de un experto se puede tomar acción sobre el equipo con el mínimo riesgo de cometer errores, ya que la información será guía en esta etapa de trabajo.

El archivo CAD es el fundamento de los Model Target, así que se recomienda ser lo más semejante al modelo real para disminuir los errores de seguimiento. Es de suprema importancia tomar en cuenta las propiedades de los modelos objetivo para obtener los mejores rendimientos posibles en la aplicación de realidad aumentada.

El tiempo en que los datos de la página web son entregados a la aplicación de realidad aumentada puede variar según la programación realizada. Al aumentar los datos enviados por segundo, la aplicación consumirá más recursos así que se recomienda tener un dispositivo con el procesamiento suficiente para evitar el colapso de la aplicación, de lo contrario se debe aumentar el lapso en que la información es entregada.

En este proyecto se encontró que fijar la resolución de la aplicación en la etapa inicial es fundamental para evitar alteraciones no deseadas en las vistas guía y de esta manera perjudicar el reconocimiento inicial del equipo.

Actualmente, la conexión de forma segura a máquinas remotas sirve para: gestionar la adquisición de datos, el mantenimiento y/o actualización del software y para la detección y resolución de averías.

Tener un control descentralizado de una planta, de una empresa tiene sus beneficios en cuanto a costos, sin embargo, la seguridad presenta un factor fundamental para no comprometer información delicada.

Con la pandemia los accesos pueden ser restringidos a técnicos o personal de servicio, lo cual puede ser solventado teniendo un acceso remoto desde cada hogar para los trabajadores de cierta empresa.

Si el personal experto en el área no está disponible en el sitio a la hora de tener algún inconveniente o accidente, con la ayuda de la realidad aumentada y el acceso remoto se brindaría la misma calidad de servicio a la situación como si el personal estuviera físicamente.

El diseño de la interfaz web para el PLC S7-1200 es una posible solución para el control y monitoreo de este autómata, sin embargo, son solamente 2 megas el espacio en memoria disponible para cargar el directorio HTML al PLC.

En el desarrollo de la página web en la sección de control, se puede apreciar dos botones con los modos de operación y la visualización del porcentaje de abertura de la válvula estranguladora, esto es a manera ilustrativa para un proyecto futuro donde se desee instrumentar el banco con válvulas automáticas, ya que las que se encuentran en el banco de pruebas son todas manuales.

Este proyecto será la base de proyectos futuros que requieran implementar una interfaz de realidad aumentada y el control y monitoreo por medio de una red local de cualquier equipo o proceso tanto en el campo académico como en el industrial.

La siguiente etapa de este desarrollo consistirá en implementar una interfaz de realidad aumentada para el banco de fluidos y cortes de perforación del ICP, instituto con el cual se tuvo estrecha relación durante el progreso de este proyecto.

7. REFERENCIAS

- [1.] La plataforma líder para crear contenido interactivo en tiempo real: [Sitio Web]: Unity. [Consultado: 23 de junio de 2021]. Disponible en: <https://unity.com/es>
- [2.] PTC VUFORIA. PTC: Realidad Aumentada [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 18 de enero de 2021]. Disponible en: <https://library.vuforia.com/features/objects/model-targets.html>
- [3.] PTC VUFORIA. PTC: Realidad Aumentada [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 18 de enero de 2021]. Disponible en: <https://library.vuforia.com/features/images/image-targets.html>
- [4.] PTC VUFORIA. PTC: Realidad Aumentada [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 18 de enero de 2021]. Disponible en: <https://library.vuforia.com/features/environments/area-targets.html>
- [5.] Realidad Aumentada como Apoyo a la Formación de Ingenieros Industriales [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 20 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3735/373550473005.pdf>
- [6.] Aplicación Móvil de Realidad Aumentada para la Enseñanza de la Clasificación de los Seres Vivos [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 20 de abril de 2021]. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/reving/article/view/8190>
- [7.] La realidad aumentada y su presencia en un modelo docente tecnológico para la didáctica de la química en bachillerato. [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 20 de abril de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/287645784_La_realidad_aumentada_y_su_presencia_en_un_modelo_docente_tecnologico_para_la_didactica_de_la_quimica_en_bachillerato
- [8.] LA REALIDAD AUMENTADA EN ENTORNOS EDUCATIVOS. [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 25 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/atlanter/2018/09/realidad-aumentada-educativos.html#:~:text=La%20Realidad%20Aumentada%20es%20considerada,un%20entorno%20real%20con%20información>
- [9.] Mercedes Excels with Augmented Reality Customer Support [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 12 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.ptc.com/en/case-studies/mercedes-augmented-reality-customer-support>
- [10.] Visionaries 777 Innovates Automotive Sales with Augmented Reality [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 12 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.ptc.com/es/case-studies/lykan>
- [11.] Volvo Group Delivers Digital Thread Through Lens of Augmented Reality [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 12 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.ptc.com/en/case-studies/volvo-group-digital-thread>

[12.] Howden Creates Mixed Reality Solutions to Enhance Customer Experience [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 12 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.ptc.com/en/case-studies/howden-mixed-reality>

[13.] 'Digital Twin': los objetos físicos buscan a su gemelo digital [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 16 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.nobbot.com/negocios/digital-twin-los-objetos-fisicos-buscan-a-su-gemelo-digital/>

8. BIBLIOGRAFÍA

VUFORIA BY PTC. Vuforia Augmented Reality - transforming how industrial workforce's communicate, learn and work. [video]. YouTube. PTC Vuforia. 13 de julio de 2020 de publicación. 2:12. [Consultado: 18 de enero de 2021]. Disponible en:
<https://www.youtube.com/watch?v=Fwikx1TOidE>

PTC VUFORIA. PTC: Realidad Aumentada [Sitio Web]. 9/07/2020: PTC. [Consultado: 18 de enero de 2021]. Disponible en:
<https://www.ptc.com/es/products/vuforia>.

Howden Creates Mixed Reality Solutions to Enhance Customer Experience [Sitio Web]. 9/07/2020: PTC. [Consultado: 18 de enero de 2021]. Disponible en:
<https://www.ptc.com/en/case-studies/howden-mixed-reality>

Model Targets [Sitio Web]. [Consultado: 18 de enero de 2021]. Disponible en:
<https://library.vuforia.com/features/objects/model-targets.html>

Getting Started with Vuforia Engine in Unity [Sitio Web]. [Consultado: 20 de enero de 2021]. Disponible en:
<https://library.vuforia.com/articles/Training/getting-started-with-vuforia-in-unity.html>

Versiones soportadas en dispositivos móviles para realizar realidad aumentada [Sitio Web]. [Consultado: 20 de enero de 2021]. Disponible en:
<https://library.vuforia.com/platform-support/supported-versions.html>

¿Qué es el IoT y el IIoT ? [Sitio Web]. [Consultado: 9 de febrero de 2021]. Disponible en:
<https://www.copadata.com/es/productos/platform-editorial-content/que-es-el-iot-y-el-iiot-copa-data/>

Sistemas Ciberfísicos: la respuesta a las necesidades de la sociedad y la industria [Sitio Web]. [Consultado: 12 de febrero de 2021]. Disponible en:
https://ticnegocios.camaravalencia.com/servicios/tendencias/sistemas-ciberfisicos-la-respuesta-a-las-necesidades-de-la-sociedad-y-la-industria/#Que_son_los_sistemas_ciberfisicos

10 Real Use Cases for Augmented Reality AR is set to have a big impact on major industries ? [Sitio Web]. [Consultado: 9 de febrero de 2021]. Disponible en:
<https://www.inc.com/james-paine/10-real-use-cases-for-augmented-reality.html>

Aplicación Móvil de Realidad Aumentada para la Enseñanza de la Clasificación de los Seres Vivos [Sitio Web]. [Consultado: 10 de febrero de 2021]. Disponible en:
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/reving/article/view/8190>

LA REALIDAD AUMENTADA EN ENTORNOS EDUCATIVOS. [Sitio Web]. [Consultado: 10 de febrero de 2021]. Disponible en:
shorturl.at/enOBO

La plataforma líder para crear contenido interactivo en tiempo real: [Sitio Web]: Unity. [Consultado: 23 de junio de 2021].
Disponible en: <https://unity.com/es>

PTC VUFORIA. PTC: Realidad Aumentada [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 18 de enero de 2021]. Disponible en:
<https://library.vuforia.com/features/environments/area-targets.html>

LA REALIDAD AUMENTADA EN ENTORNOS EDUCATIVOS. [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 25 de abril de 2021]. Disponible en:
<https://www.eumed.net/rev/atlane/2018/09/realidad-aumentada-educativos.html#:~:text=La%20Realidad%20Aumentada%20es%20considerada,un%20entorno%20real%20con%20informaci%C3%B3n>

Visionaries 777 Innovates Automotive Sales with Augmented Reality [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 12 de junio de 2021]. Disponible en:
<https://www.ptc.com/es/case-studies/lykan>

Volvo Group Delivers Digital Thread Through Lens of Augmented Reality [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 12 de junio de 2021]. Disponible en:
<https://www.ptc.com/en/case-studies/volvo-group-digital-thread>

Howden Creates Mixed Reality Solutions to Enhance Customer Experience [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 12 de junio de 2021]. Disponible en:
<https://www.ptc.com/en/case-studies/howden-mixed-reality>

‘Digital Twin’: los objetos físicos buscan a su gemelo digital [Sitio Web]: PTC. [Consultado: 16 de junio de 2021]. Disponible en:
<https://www.nobbot.com/negocios/digital-twin-los-objetos-fisicos-buscan-a-su-gemelo-digital/>

UnityWebRequest [Sitio Web]. [Consultado: 2 de octubre de 2021]. Disponible en:
<https://docs.unity3d.com/es/530/Manual/UnityWebRequest.html>

Cursos Interactivos De Redes e IT [Sitio Web]. [Consultado: 15 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ptc.com/es/products/vuforia>.

Seyed Mostafa Hallaji a, Yihai Fang a and Brandon K. Winfrey (2021). A Digital Twin Framework for Enhancing Predictive Maintenance of Pumps in Wastewater Treatment Plants. 38th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2021)

Edward Fowler and Troy Salazar. Think smart, pump smart. World Pipelines / REPRINTED FROM JULY 2018

SIEMENS (2021). Data-driven operation with the digital twin Using predictive engineering analytics in the digital twin for operations

C. Shang, X. Bao, L. Fu, L. Xia, X. Xu and C. Xu, "A Novel Key-value based Real-time Data Management Framework for Ship Integrated Power Cyber-Physical System," 2019 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia), 2019, pp. 854-858, doi: 10.1109/ISGT-Asia.2019.8881124.

J. Llerena, M. Andina and J. Grijalva, "Mobile Application to Promote the Malecón 2000 Tourism Using Augmented Reality and Geolocation," 2018 International Conference on Information Systems and Computer Science (INCISCOS), 2018, pp. 213-220, doi: 10.1109/INCISCOS.2018.00038.

B. A. Koca, B. Çubukçu and U. Yüzgeç, "Augmented Reality Application for Preschool Children with Unity 3D Platform," 2019 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/ISMSIT.2019.8932729.

N. V. Gavrilov, "Appliance of WEB-technologies in automation of industrial facilities," 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIconRus), 2017, pp. 841-843, doi: 10.1109/EIconRus.2017.7910687.

P. Wang et al., "An MR Remote Collaborative Platform Based on 3D CAD Models for Training in Industry," 2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct), 2019, pp. 91-92, doi: 10.1109/ISMAR-Adjunct.2019.00038.

S. Chang and W. Chen, "Does visualize industries matter? A technology foresight of global Virtual Reality and Augmented Reality Industry," 2017 International Conference on Applied System Innovation (ICASI), 2017, pp. 382-385, doi: 10.1109/ICASI.2017.7988432.

PTC VUFORIA. PTC: Realidad Aumentada [Sitio Web]. Available on: <https://www.ptc.com/es/products/vuforia>.

The Total Economic Impact Of PTC Vuforia (Forrester.), Cost Savings And Business Benefits Enabled By Industrial Augmented Reality. A Forrester Total Economic Impact Study Commissioned By PTC (July 2019).

9. ANEXOS

- Documento soporte correcciones realidad aumentada.
- Documento soporte pruebas con la aplicación de realidad aumentada y su rendimiento.
- Documento soporte acerca de los sistemas ciberfisicos.
- Documento soporte acerca del acceso remoto.
- Documentos soporte acerca del desarrollo web.
- Directorio de la página web con todos sus scripts.
- Ejecutable de la aplicación de realidad aumentada. Res(1440x720)
- Proyecto en Unity.
- Video mostrando beneficios y resultados finales del proyecto.