

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“DISEÑO DE UN AMBIENTE DE REALIDAD AUMENTADA PARA
SUPERVISIÓN, MANTENIMIENTO Y CONTROL DE UN PROCESO
INDUSTRIAL”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Presentado por:

**MIGUEL ÁNGEL DAQUILEMA
DARGEN SMITH CHECA**

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado a mi familia la cual mediante su continuo apoyo y confianza me han hecho crecer como el profesional que soy, también a mis amistades ya que con su incondicional apoyo a lo largo de mi estancia universitaria me han permitido llegar a este eslabón final.

Miguel Angel Daquilema

El presente proyecto lo dedico primeramente a Dios por haberme dado la oportunidad de llegar hasta este punto y darme lo necesario para seguir adelante. También el proyecto es dedicado a mis padres que siempre brindaron apoyo en el desarrollo profesional.

Dargen Smith Checa Muñoz

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento al Ing. Mario Ortiz por brindarnos todo el soporte necesario para lograr desarrollar e implementar el presente proyecto, y a todos quienes conforman al equipo de ELSYTEC S.A. por su incondicional ayuda para el desarrollo total de este.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Miguel Ángel Daquilema y Dargen Smith Checa*, damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Miguel Ángel Daquilema

Dargen Smith Checa

EVALUADORES



Wilton Agila, Ph.D.

PROFESOR DE LA MATERIA



Cesar Antonio Martin, Ph.D.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La *realidad aumentada* hoy por hoy está en constante crecimiento, en la industria es posible encontrarse con una combinación de elementos virtuales en un entorno real que ayudan a brindar información complementaria a un operario o usuario para optimizar su desenvolvimiento laboral. Este trabajo propone el diseño de un entorno en realidad aumentada para la supervisión y mantenimiento de un proceso o maquina industrial. Esta tecnología posee numerosos beneficios como lo son la reducción de tiempos de capacitación en mantenimientos complejos, reducir riesgos laborales, visualización de variables del PLC importantes en un proceso, revisión rápida de manuales de operación u obtener asistencia experta de manera remota, etc.

Para el desarrollo del proyecto hacemos uso de softwares como el Unity Pro XL V12, Augmented Operator Advisor (AOA), tanto el Builder como el Runtime, también se necesitan dispositivos como el PLC M580 de gama alta, una PC estándar, un router para la comunicación de internet y una Tablet o smartphone. El diseño de la arquitectura utiliza el protocolo Modbus TCP/IP.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios lográndose implementar todas las características que el software Augmented Operator Advisor tiene para dar, además de seguridad en las cuentas de usuario.

Se concluye que el proyecto es viable para empresas grandes en donde se requiere capacitar personal de forma frecuente y donde utilicen dispositivos inteligentes para la medición de variables eléctricas.

Palabras clave: Realidad aumentada, Tablet, Augmeted Operator Advisor, supervisión, Node Red,

ABSTRACT

Augmented reality today is constantly growing, in the industry it's possible to find a combination of virtual elements in a real environment that help to provide complementary information to an operator or user to optimize their work performance. This work proposes the design of an environment in augmented reality for the supervision and maintenance of a process or industrial machine. This technology has numerous benefits such as the reduction of training times in complex maintenance, reducing occupational risks, visualization of important PLC variables in a process, quick review of operating manuals or obtaining expert assistance remotely, etc.

For the development of the project we use softwares such as Unity Pro XL V12, Augmented Operator Advisor (AOA), both Builder and Runtime, devices such as the high-end M580 PLC, a standard PC, a router for the internet communication and a Tablet or smartphone. The architecture design uses the Modbus TCP / IP protocol.

The results obtained were satisfactory, being able to implement all the features that the Augmented Operator Advisor software has to provide, in addition to security in the user accounts.

It is concluded that the project is viable for large companies where it is required to train staff frequently and where they use smart devices to measure electrical variables.

Keywords: *Augmented reality, Tablet, Augmented Operator Advisor, supervision, Node Red,*

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	0
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Marco teórico	3
CAPÍTULO 2.....	11
2. Metodología	11
CAPÍTULO 3.....	31
3. Resultados y análisis	31
CAPÍTULO 4.....	37
4. Conclusiones y recomendaciones.....	37
<u>4.1</u> Conclusiones	37
<u>4.2</u> Recomendaciones	38
BIBLIOGRAFÍA.....	39

APÉNDICES 41

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
AOA	Augmented Operator Advisor
RA	Realidad Aumentada
RV	Realidad Virtual
MR	Realidad Mixta
PLC	Controlador Lógico Programable
PC	Computador Personal
App	Aplicación
RAM	Memoria de acceso aleatorio
iOS	Sistema Operativo iphone
TCP	Protocolo de Control de Transmisión.
IP	Protocolo de Internet.
RTU	Unidad de Transmisión Remota.
ASC	Código Standard Americano
CIM	Computer Integrated Manufacturing
EIA	Asociación de Industrias Electrónicas.
TIA	Asociación de la Industria de Telecomunicaciones.
USB	Universal Serial Bus
EDT	Elementary Date Type
DDT	Derived Date Type
QR	Respuesta Rapida
EPP	Elementos de Protección Personal
IoT	Internet of Things

SIMBOLOGÍA

mil	Milésima de pulgada
mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
mV	Milivoltio
Cu	Cobre
Ni	Níquel
C	Carbono
Mn	Manganeso
P	Fósforo
NH ₃	Amoníaco

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Representación simplificada del MR [1].....	3
Figura 1.2. Componentes de la ventana del AOA Builder [4, p. 17].....	4
Figura 1.3. Descripción de los puntos de interés	5
Figura 1.4. Interfaz de usuario [6, p.23].....	6
Figura 1.5. Instalación del módulo Modbus.....	9
Figura 1.6. Nodos Modbus, Split y Switch.....	10
Figura 1.7. Nodos específicos del AOA.....	10
Figura 2.1. Propiedades del R-717[10].....	11
Figura 2.2. Programas adicionales.....	13
Figura 2.3. Modicon M580[11].....	13
Figura 2.4. Arquitectura de comunicación.....	15
Figura 2.5. Configuración CPU BME P58 2040.....	16
Figura 2.6. Variables EDT del proyecto.....	16
Figura 2.7. Variables DDT del proyecto.....	16
Figura 2.8. Dispositivo Modbus.....	17
Figura 2.9. Configuración del módulo de comunicación.....	17
Figura 2.10. Programación en Unity Pro XL.	18
Figura 2.11. Configuración de puertos del AOA Runtime.....	19
Figura 2.12. Inicio de sesión en AOA Manager.....	19
Figura 2.13. Gestión de usuarios.....	20
Figura 2.14. Historial de procedimientos.....	21
Figura 2.15. Menú Notas.....	21
Figura 2.16. Menú Node Red.....	22
Figura 2.17. Programación del Node Red.....	22
Figura 2.18. Variables del programa.....	25
Figura 2.19. Documentos del proyecto.....	25
Figura 2.20. Aplicaciones externas del proyecto.....	26
Figura 2.21. Escenas del proyecto.	26
Figura 2.22. Código QR 500.	27

Figura 2.23. Imagen usada para la Escena.....	27
Figura 2.24. Escenas con sus respectivos puntos de interés.....	27
Figura 2.25. Escena M580.....	28
Figura 2.26. Triggers del proyecto... ..	28
Figura 2.27. Procedimientos del proyecto.	29
Figura 2.28. Estructura del procedimiento.....	29
Figura 2.29. Configuración del App AOA.....	30
Figura 3.1. Registros de Modbus.....	31
Figura 3.2. Debug del Node Red.....	31
Figura 3.3. Primera Escena.....	32
Figura 3.4 Procedimiento.....	32
Figura 3.5 Revisión de presión.....	33
Figura 3.6 Revisión de temperatura.....	33
Figura 3.7 Finalización del procedimiento.....	34
Figura 3.8 Segunda escena.....	34
Figura 3.9 Notas de la escena.....	35
Figura 3.10. Punto de interés resaltado.....	35
Figura 3.11. Servidor Runtime.....	36
Figura 3.12. Tipos de licencia del software AOA.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Descripción del AOA Builder [4, p.17].....	4
Tabla 1.2. Requisitos minimos del PC industrial o estandar [5, p.25].....	6
Tabla 1.3. Descripcion de la interfaz [6, p.24].....	7
Tabla 1.4. Instalacion e inicio del Node red.....	8
Tabla 2.1. Requerimientos del proyecto.....	12
Tabla 2.2. Especificaciones tecnicas del PLC M580 [12].....	14
Tabla 2.3. Descripcion de cada variable	18
Tabla 2.4. Niveles de Seguridad.....	20
Tabla 2.5. Configuracion de Nodos.....	23
Tabla 3.1. Costos.....	20

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La realidad aumentada en sus inicios ha sido enfocada únicamente en el área educativa ayudando a tener una mejor comprensión de lo que se estudia y optimizando el aprendizaje. Los dispositivos modernos como Tablet y smartphones son actualmente muy potentes y pueden ser utilizados para este propósito.

Los procesos automatizados hoy en día es algo común en la industria, pero muchas veces ocurren fallas por causas de mantenimientos que no se realizaron o que simplemente se pasaron por alto. La realidad aumentada es una tecnología que está en crecimiento con múltiples aplicaciones tanto en la industria como en el sector educativo y comercial. Esta es la superposición de elementos virtuales en nuestro ambiente real, estos elementos pueden brindar información textual, imágenes, documentos, instrucciones, videos, procedimientos, datos del proceso, etc. Todo lo que nos permita obtener información relevante en tiempo real.

1.1 Descripción del problema

El principal problema en la industria son los tiempos que se dedican al mantenimiento preventivo y correctivo, al entrenamiento del personal y a la inspección de maquinarias, entre otros. Todos estos factores resultan en pérdidas económicas y en muchas ocasiones se pueden convertir en accidentes de trabajo, debido a falta de conocimiento de algún procedimiento o instrucciones a seguir en caso de que algún sensor detecte una anomalía.

Si en algún caso ocurre una falla en una maquina el operador debe dirigirse al personal de mantenimiento y ellos a su vez dirigirse a buscar información en grandes manuales impresos esto puede llegar a tomar mucho tiempo y no llegar a solucionar el problema y una línea de producción parada son pérdidas económicas para la empresa.

1.2 Justificación del problema

El personal operativo, o expertos que trabajan en la industria suelen dedicar una gran cantidad de tiempo en buscar información técnica en diferentes softwares y hasta en archivadores de documentos en papel. El uso de la realidad aumentada puede reducir los tiempos que se dedican a encontrar esta información, además esta tecnología ayuda a reducir los errores humanos ya que el operador tendrá disponible los procedimientos o instrucciones que se deben tomar para el correcto funcionamiento de una maquina o proceso industrial. La visualización de las variables críticas en tiempo real es de gran importancia para dar una respuesta rápida al problema.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un ambiente en realidad aumentada mediante el uso de tecnologías EcoStruxure Augmented Operator Advisor para la reducción de tiempos de mantenimiento y de capacitación de personal en la industria.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Diseñar una arquitectura del sistema de comunicación entre los dispositivos para establecer la conexión entre el hardware que se utilizara. (Ingeniería en Electrónica y Automatización)
2. Programar un proceso industrial de línea de compresores con Unity Pro XL para utilizarlo como ejemplo de demostración del proyecto. (Ingeniería en Electrónica y Automatización)
3. Investigar la programación aplicada a realidad aumentada para implementar un proyecto con esta tecnología. (Ingeniería en Electrónica y Automatización)

1.4 MARCO TEORICO

1.4.1 Realidad Aumentada

La realidad aumentada es una combinación de información digital que esta añadida a nuestro entorno real, permitiendo tener una mejor interacción y optimizando el aprendizaje.

Las posibilidades de acceder a información ya sea documentos como manuales de operación, libros, textos, o también instrucciones de un proceso para evitar cometer algún error, obtener opinión de algún experto de manera remota, visualizar en tiempo real el estado de todas las variables importantes como presión, temperatura, niveles de voltaje, corriente, caudales, etc. en una línea de producción o de alguna maquina son de gran importancia para optimizar la producción y crear conocimiento hacia el operador o usuario.

La realidad aumentada (RA) está estrechamente relacionada con la realidad virtual (RV), la RV es aquella en donde el usuario está sumergido en un entorno completamente ficticio que puede o no tener características reales de esta manera pueden representarse como se muestra en la siguiente imagen:

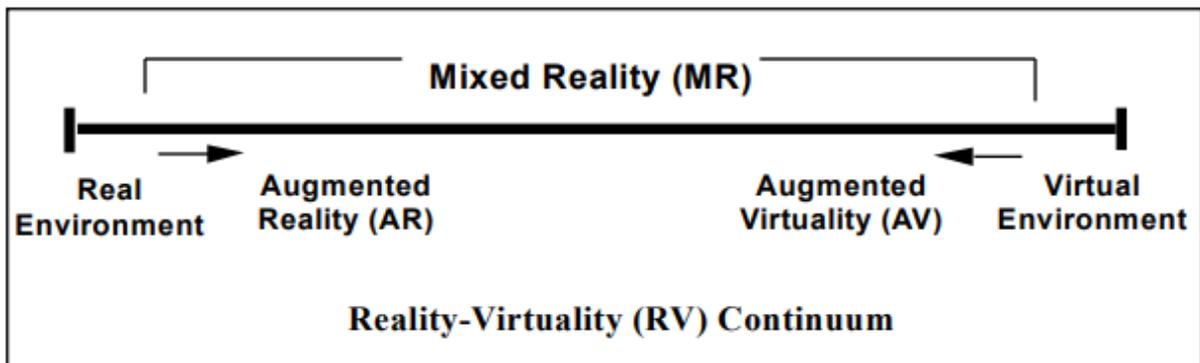


figura. 1.1 Representación simplificada del MR [1]

En la figura 1.1 en la parte izquierda se encuentra todo lo que conocemos como real mientras que a derecha esta todo el mundo digital virtual, la combinación de estos dos da lugar a la realidad mixta MR en donde se puede dividir en realidad aumentada RA y virtualidad aumentada (AV) siendo este ultimo la combinación de elementos reales dentro de un entorno virtual.[2]

1.4.2 Augmented Operator Advisor Builder

El AOA es el software de realidad aumentada distribuido por Schneider Electric para optimizar el mantenimiento de máquinas industriales, el AOA Builder es una aplicación de programación que se basa en web y se puede ingresar en la siguiente dirección en [3], se puede usar por 42 días en modo de prueba o comprar la licencia, en esta página es necesario registrarse e iniciar sesión para poder usarla. El AOA Builder se utiliza para crear los proyectos de RA, se establecen las Áreas, Escenas, Procedimientos y Expertos remotos que componen el proyecto.

Un área puede contener varias escenas y cada escena puede ser una máquina, un armario eléctrico o una parte de un proceso industrial; encada escena se incorporan todos los puntos de interés que se necesiten y se define que sucederá cuando el operador interactúa con ellos [4, p. 14].

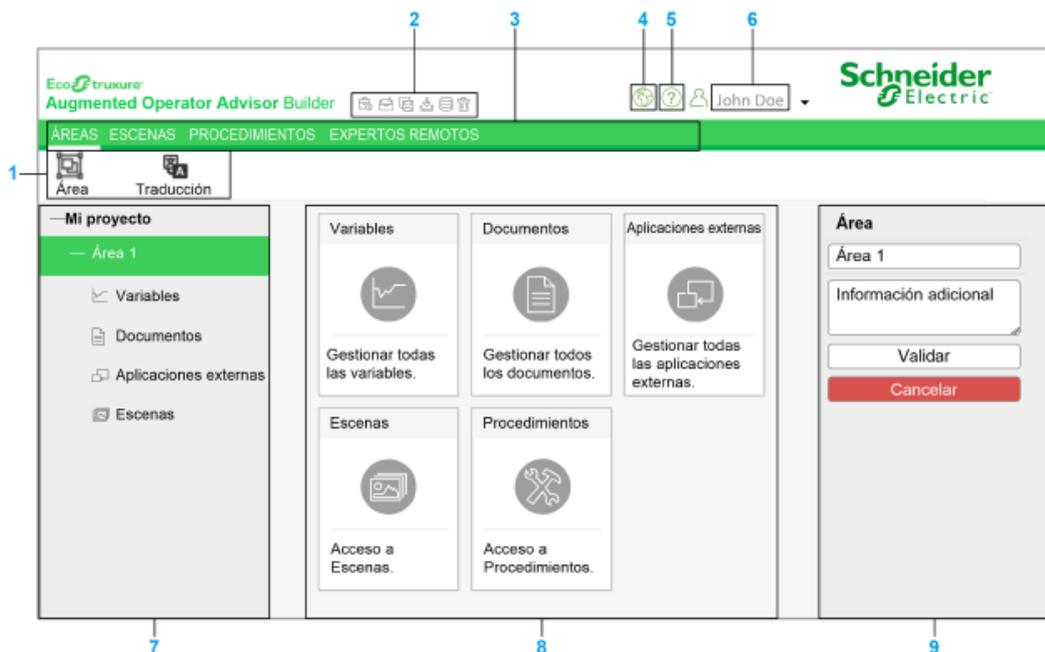


figura. 1.2 Componentes de la ventana del AOA Builder [4, p.17].

En la figura 1.2 se muestran los componentes de la página web de programación y se describe en la tabla 1.1 [4, p.17].

Tabla 1.1 Descripción del AOA Builder.

N°	Descripción
1	Barra de herramientas. Herramientas de las diferentes secciones.
2	Barra de herramientas del proyecto. Crear, abrir, guardar, compilar proyecto.
3	Barra de menús. Muestra las Áreas, Escenas, Procedimientos, etc.
4	Icono para cambiar el idioma de la interfaz.
5	Icono que muestra ayuda en línea e información adicional.
6	Muestra el nombre del usuario registrado, cierre de sección y tipo de licencia.
7	Muestra información del área creada, variables, documentos, etc.
8	Ventana principal.
9	Esta sección permite crear el Áreas, escenas o procedimientos.

El AOA Builder solo permite abrir un solo proyecto y este proyecto puede contener una o varias áreas, cada área puede ser una línea de producción o maquinaria que estará dispuesta a supervisión.

Los puntos de interés pueden agregarse en cualquier parte de la escena y se utilizan para mostrar información adicional ya sea un procedimiento, instrucciones, manuales, variables de un PLC, etc. La cantidad de puntos de interés como de escenas están limitados por el tipo de licencia que se obtenga [4, p. 19].

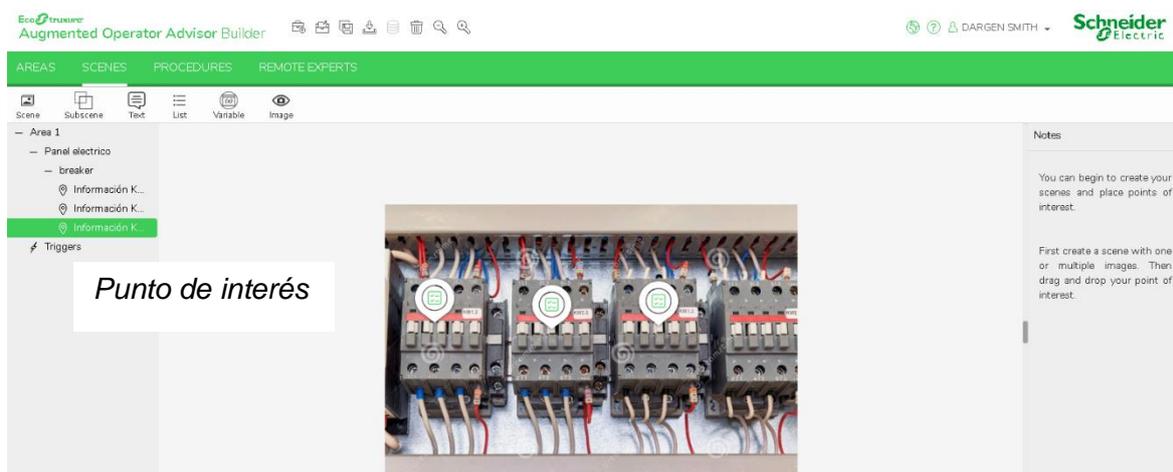


Figura. 1.3 Descripción de los puntos de interés.

La figura 1.3 muestra un ejemplo de un punto de interés en una escena de un armario con 4 contactores, cada punto de interés puede mostrar información adicional como voltaje de operación, corriente nominal, fabricante, manuales, información en línea, etc.

Los procedimientos describen una serie de pasos a seguir para un correcto funcionamiento de un proceso o seguimiento de seguridad para realizar una acción.

1.4.3 Augmented Operator Advisor Runtime

El AOA Runtime es un software basado en servidor se utiliza para ejecutar el proyecto que se crea en el AOA Builder, este debe ser instalado en un PC Magelis HMIG5U Open Box, PC industrial o un PC normal con Windows, se puede descargar de forma gratuita en [5, p. 14].

Este software compila toda la información que se dispone en el proyecto y la envía a la Tablet o smartphone para ser supervisada, para esto los dispositivos deben estar conectados a la misma red Wifi y tener instalado el AOA App.

La tabla 1.2 muestra los requisitos mínimos que debe tener la PC que se utiliza para la instalación del AOA Runtime [5, p. 25].

Tabla 1.2 Requisitos mínimos del PC industrial o estándar. [5, p.25]

Requisitos mínimos	
Sistema operativo	Windows 7 o Windows 10.
Espacio en Disco	600 MB
Memoria RAM	2 GB
Resolución de pantalla	320x240 pixeles
Microsoft NET Framework	Versión 4.6.1
Navegador web	Google Chrome, Mozilla Firefox, IE.

1.4.4 Augmented Operator Advisor App

El AOA App es una aplicación para tables o smartphones con Android, iOS o Windows y puede ser descargada desde Play Store o directamente desde internet, esta aplicación se conecta con el servidor AOA Runtime y se utiliza para visualizar y detectar las escenas mediante la cámara integrada que poseen estos dispositivos, la imagen es capturada y comparada con las que están previamente almacenadas en el proyecto que se desarrolló

en el AOA Builder cuando coinciden se muestran los puntos de interés que se programaron[5, p. 15].

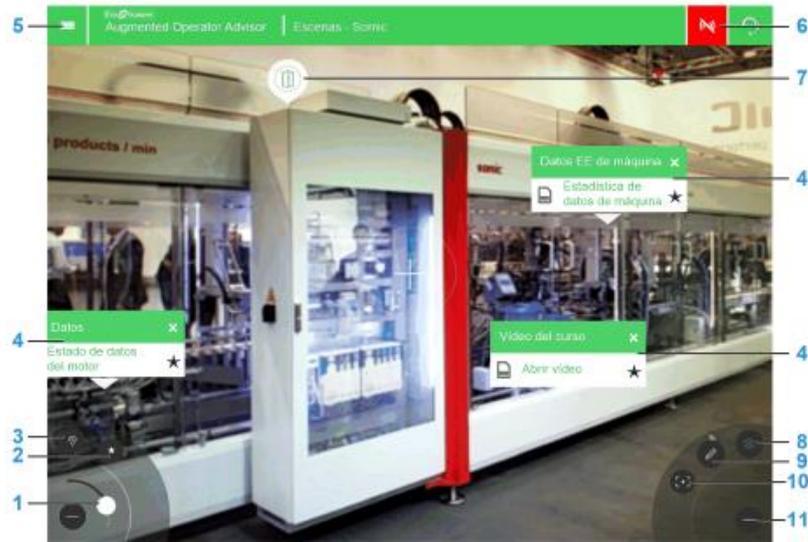


Figura. 1.4 Interfaz de usuario [6, p.23].

La figura 1.4 presenta la interfaz de la aplicación AOA App instalada en la Tablet o dispositivo smartphone y se detalla en la tabla 1.3 [6, p. 30].

Tabla 1.3 Descripción de la interfaz. [6, p.24]

N°	Descripción
1	Aumenta o reduce el enfoque de la cámara.
2	Muestra u oculta la barra de favoritos.
3	Despliega un menú de personalización de un punto de interés.
4	Punto de interés de tipo lista.
5	Volver al menú principal.
6	Indica si está o no conectado al dispositivo de ejecución.
7	Sub escena
8	Se utiliza para congelar una imagen.
9	Crear una nota para una escena.
10	Muestra el contenido de un punto de interés.
11	Muestra y oculta controles.

1.4.5 Protocolo de comunicación Modbus TCP/IP

Un protocolo de comunicación es un sistema de reglas de cómo deben intercambiar información dos o más dispositivos inteligentes o PLC, con la llegada de los PLC los diferentes fabricantes crean diversos tipos de protocolos de comunicación [7].

Modbus es un protocolo abierto y posee dos perfiles maestros/esclavo o cliente/servidor, también existen diferentes variaciones del protocolo Modbus como lo son:

- Modbus RTU
- Modbus ASCII
- Modbus +
- Modbus TCP/IP

Modbus RTU y ASCII son protocolos seriales que se usan muy frecuentemente para comunicar dispositivos de campo que se encuentran en el nivel más bajo de la pirámide CIM y Modbus TCP/IP es una mejora del protocolo y esta radica en cómo se transfieren los datos entre los dispositivos. Utiliza Ethernet en la capa de enlace, IP en la capa de red, TCP en la capa de transporte y en la capa física se utilizan conectores RJ45 y el estándar EIA/TIA 568.

TCP/IP no es más que un protocolo de transporte que se asegura de que los datos lleguen a su destino mediante el protocolo de internet IP [8].

1.4.6 Node Red

Node red es un software basado en web que permite administrar las comunicaciones entre dispositivos inteligentes mediante el uso de Nodos, estos nodos utilizan la programación JavaScript, es de uso libre y está construido sobre Node.js.

Para ejecutar el software primero se debe instalar el Node.js desde la página oficial en [9]. En la tabla 1.4 se muestran los pasos a seguir para poner en marcha en node red.

Tabla 1.4 Instalación e inicio del Node red.

N°	Descripción
1	Instalar el Node.js
2	Abrir el Node.js command prompt
3	Insertar "npm install -g --unsafe-perm node red
4	Ejecutar el comando "node-red" en el command prompt para iniciar

-
- 5 Copiar la dirección del servidor que aparece en el command prompt y pegarla en el navegador para abrir la página de edición.
-

El node red también puede ser abierto desde la ventana de comandos cmd, ejecutando la instrucción “node-red”. Un módulo muy importante que debe ser instalado es el node-red-contrib-modbus ya que se necesitan para realizar la comunicación mediante el protocolo modbus TCP/IP, esto se debe realizar desde el manager palette como se muestra en la figura 1.5

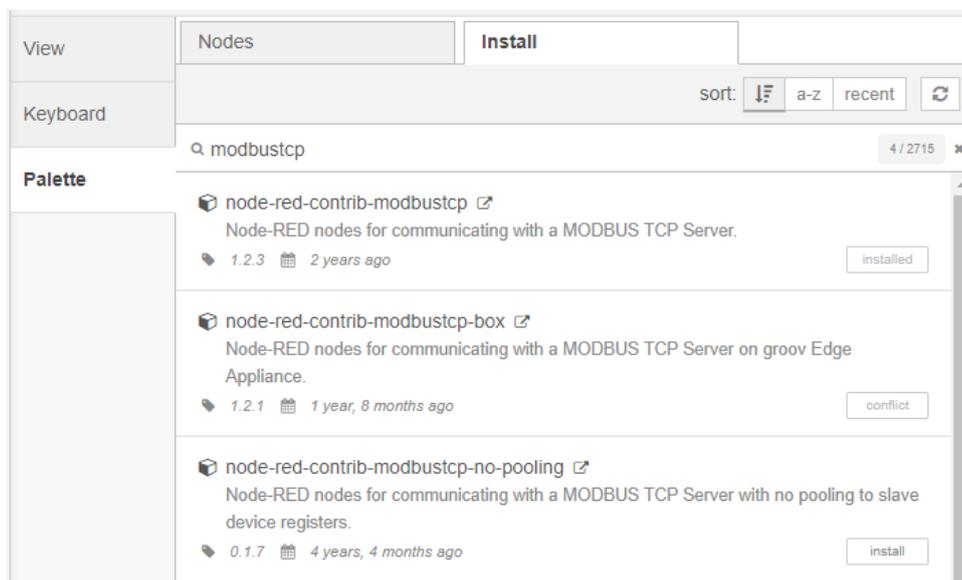


Figura 1.5 Instalación del módulo Modbus.

1.4.7 Nodos Modbus, Split y Switch

El nodo Modbus se utiliza para inicializar y crear el servidor para la lectura desde el PLC mediante el protocolo modbus TCP/IP. El nodo Split se utiliza para dividir datos ya sean string, array u objetos. El nodo Switch se utiliza para direccionar datos mediante el uso de condicionales. La figura 1.6 muestra la identificación de estos tres nodos y su configuración será mostrada en el capítulo 2.

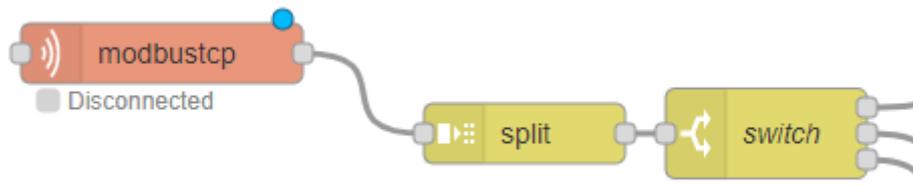


Figura 1.6 Nodos Modbus, Split y Switch.

1.4.8 Nodos Schneider Electric

Existen dos nodos especialmente diseñados para trabajar con la tecnología de realidad aumentada estos son los nodos “Augmented Operator Variable” y “Augmented Operator Server” que se muestran en la figura 1.7. el primer nodo se utiliza para crear la variable que debe tener el mismo nombre de la variable que se utilizó en el software del AOA Builder para que la identifique correctamente, el segundo nodo es el servidor del AOA Runtime, se utiliza para almacenar todos los datos que provienen desde el PLC hasta el servidor Runtime; este nodo se debe configurar el puerto y el método que se explican más adelante y su configuración se muestran en el capítulo 2. Estos nodos viene instalados por defecto en el node red del servidor Runtime, si abrimos el node red desde el host de la computadora no podremos instalarlos desde internet, para esto debemos buscar la carpeta node-red-augmented-operator que se encuentra donde se instaló el servidor Runtime del AOA y copiarla en la carpeta “C/Usuarios/Name-user/.node/nodes.



Figura 1.7 Nodos específicos del AOA.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto existieron diferentes alternativas, en la primera etapa, se realizó una recopilación de información que se obtuvo de la planta (Cervecería Nacional) y también de los recursos tecnológicos que se necesitan. En la segunda etapa se diseñó una arquitectura para el sistema de comunicación, teniendo en cuenta las restricciones que tenemos para con la línea de compresores de la planta y también con los dispositivos que se requieren para realizar la implementación. La etapa 3 se realizó la configuración y programación del proyecto de realidad aumentada.

2.1 Recopilación de información

Cervecería Nacional es una empresa que se encarga de fabricar gran variedad de bebidas de consumo. En el área de maltería es donde se procesa la malta que es un proceso aplicado a la cebada para hacerla germinar y utilizarla en la cervecería.

En esta área se utiliza la refrigeración con amoníaco ya que es el método más económico y con mejor rendimiento energético, la fórmula química del amoníaco es el NH₃ pero su uso como refrigerante natural es R-717 como gas.

El funcionamiento básico consta de 4 etapas en ciclo cerrado que son evaporación, compresión, condensación y expansión. En la figura 2.1 se muestra las propiedades de este refrigerante [10].

Clasificación	Grupo L Grupo seguridad	Refrigerante 2) Nº	DENOMINACIÓN (composición = % peso)	Fórmula	Masa Molar (MM) 3) kg/kmol	Limite Práctico 4) 5) kg/m ³	Punto de Ebullición a 1,013 bar a 9) °C	Inflamabilidad				Potencial de calentamiento Atmosf. 6) PCA 100	Potencial agotamiento de la capa de ozono 7) PAO	Clasific. según: 8) REP	
								Temp. Auto-ignición °C	Límites de inflamabilidad		Temp. Auto-ignición °C				
									Limite inferior kg/m ³ % v/v	Limite superior kg/m ³ % v/v					Temp. Auto-ignición °C
2	B2	R-717	Amoniaco	NH ₃	17	0.00035	-33	630	0.104	15	0.195	28	0	0	1

Figura 2.1 Propiedades del R-717 [10].

En nuestro proyecto necesitamos disponer de las variables más importantes de este proceso que está dirigido por un PLC M580 Schneider y luego realizar la plataforma de realidad aumentada para optimizar la visualización y mejorar los tiempos de mantenimiento.

Los requerimientos para lograr experimentar la realidad aumentada no son demasiados, aunque pueden ser muy costosos en algunos casos, para esto es necesario lo siguiente:

- Una cámara que obtenga información del entorno real.
- Un software que desarrolle aplicaciones basadas en superposición de contenido digital sobre una escena real.
- Un microprocesador que controle todo el sistema.
- Una pantalla que nos muestre la combinación del mundo real con el digital.

Hay que tener en cuenta que en la planta (Cervecería Nacional) se tienen ciertas consideraciones debido a los riesgos que puedan ocurrir, como este proyecto se centra principalmente en la sección de refrigeración el área de maltería donde se encuentran los compresores que distribuyen amoníaco no se nos permite interactuar directamente con el PLC M580 que gobierna estos 3 compresores, por lo tanto, utilizamos otro PLC como recopilador de datos para obtener información de algunas variables críticas de gran importancia.

En la tabla 2.1 se muestra lo que se utilizó para cubrir los requerimientos que se necesitan.

Tabla 2.1 Requerimientos del proyecto

Descripción	
Dispositivo de captura	Cámara de teléfono inteligente (smartphone)
Software de realidad aumentada	EcoStruxure Augmented Operator Advisor
Microprocesador	PC portátil estándar
Pantalla de visualización	Teléfono inteligente (smartphone)
PLC esclavo	PLC M580 Schneider

Debido a restricciones de costos se optó por usar una PC portátil estándar para la implementación ya que una PC Magelis HMIG5U Open Box es muy costosa, optamos por un PLC M580 de Schneider por cuestiones de compatibilidad con el PLC maestro y con el software de programación, otros componentes que se necesitaron fueron un router y cables de red con conectores RJ45.

En la figura 2.2 muestra dos programas que son necesarios para el proyecto como es el Unity Pro XL se utiliza para la programación del PLC y el node red para la configuración de la comunicación Modbus TCP entre el PLC y el servidor Runtime del AOA.

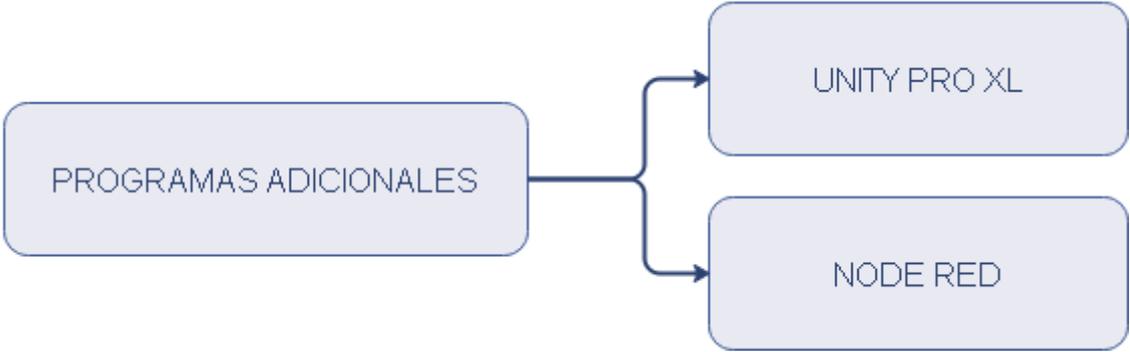


Figura 2.2 Programas adicionales

2.1.1 Controlador Modicon M580

El PLC M580 es un controlador de gama alta, posee Ethernet integrado y permite la conexión de entradas y/o salidas remotas en la misma red. Se pueden realizar cambios en la programación o configuración sin detener todo el proceso que este ejecutando.

Otra mejora considerable del Modicon M580 es el poder acceder a toda la información que tiene el PLC desde cualquier lugar y momento de esta forma aumenta la eficiencia en el mantenimiento [11].



Figura 2.3 Modicon M580 [11].

La tabla 2.2 muestra las especificaciones técnicas del controlador M580 que se está usando para el proyecto.

Tabla 2.2 Especificaciones técnicas del PLC M580 [12].

Especificaciones	
CPU autónoma	BME P58 2040
Canales de E/S binarios	2048
Canales de E/S analógicos	512
Canales expertos	72
Módulos de comunicación Ethernet	1 puerto Ethernet TCP/IP para servicio 2 puertos Ethernet TCP/IP para red 1 puerto mini USB tipo B
Módulos de comunicación AS-Interface	8
Tamaño de memoria interna	9048 KB
Numero de racks	4
Servicios de comunicación	Scanner DIO, RIO
Memoria Flash Expandible	4GB
Memoria RAM integrada para sistema	10KB
Memoria RAM integrada para proceso	8MB
Instrucciones por ms	7500 inst/ms
Corriente de consumo	295mA a 24 VDC
Grado de protección	IP20

2.2 Arquitectura de comunicación

La arquitectura de comunicación del proyecto en base a la información dispuesta anteriormente está constituida como se muestra en la figura 2.4, el PLC M580 (Master) que se encuentra en la planta Cervecería Nacional que gobierna el proceso de la refrigeración por amoníaco en el área de Maltería. El PLC M580 (Slave) que se utilizara como recopilador de datos debido a las restricciones que se mencionaron en la sección 2.1, estos controladores se comunican mediante protocolo Modbus TCP. La computadora también se comunica mediante protocolo Modbus TCP con el controlador M580 (Slave) usando para esto el software node red.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA

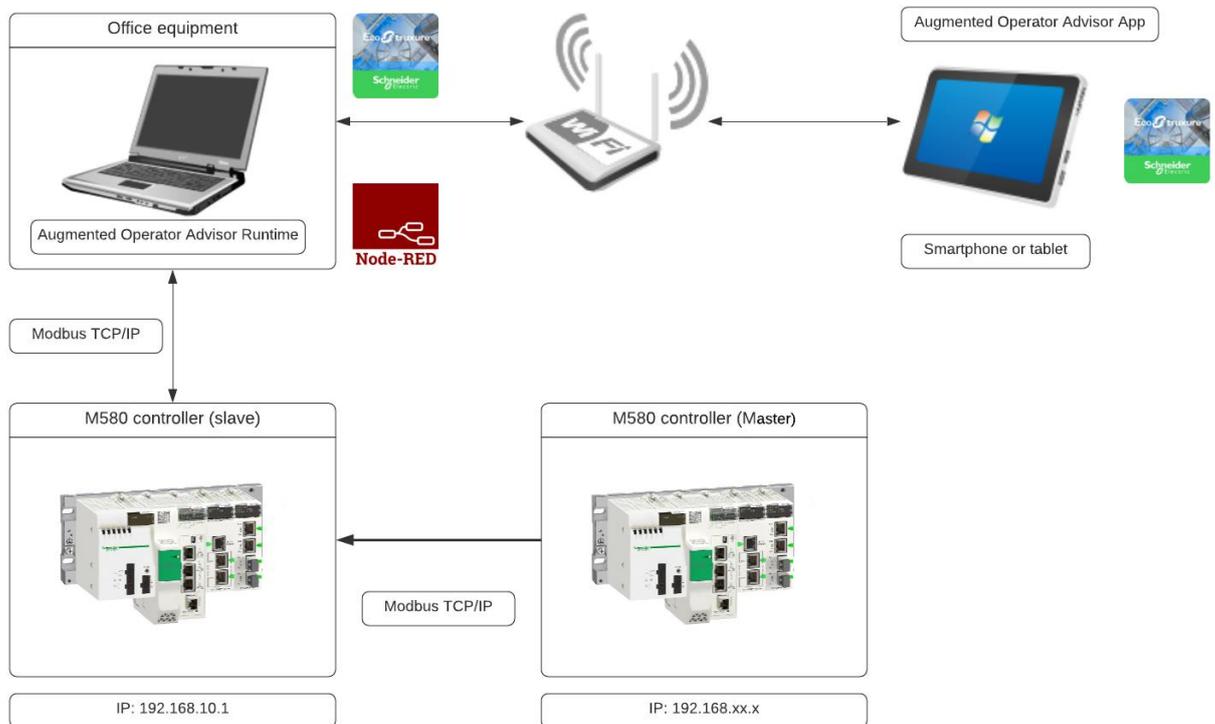


Figura 2.4 Arquitectura de comunicación.

La computadora en donde se instaló el servidor del AOA Runtime debe estar conectada a una red de wifi mediante un router o switch al igual que los dispositivos móviles o Tablet para de esta forma visualizar los datos.

2.3 Configuración y programación

La configuración y programación están divididas en diferentes secciones ya que se deben configurar y programar diferentes equipos.

2.3.1 Configuración del PLC M580

El software que se usó para programar el M580 es el Unity Pro XL, la configuración consiste en agregar el dispositivo Modicon M580 con CPU BME P58 2040 y los módulos de entradas/salidas si son requeridas. La figura 2.5 muestra el PLC con sus módulos.

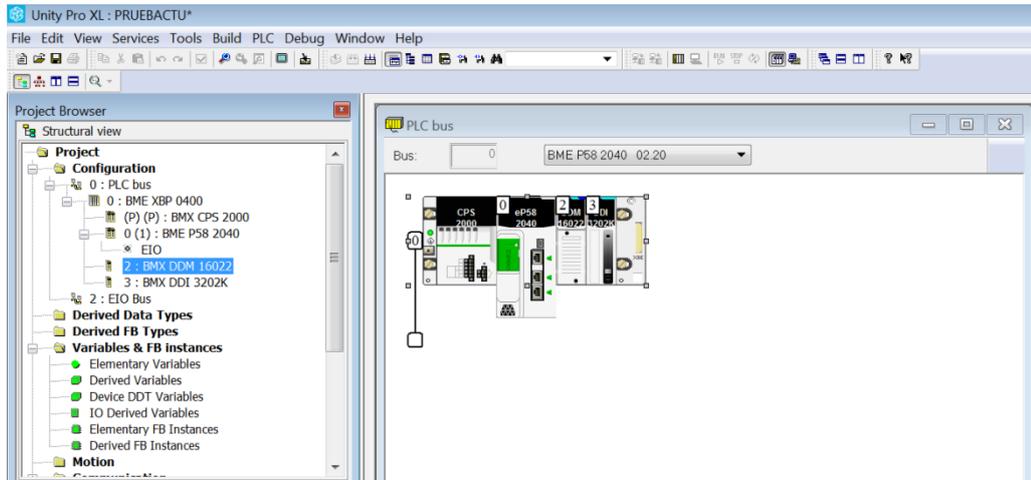


Figura 2.5 Configuración CPU BME P58 2040

En el programa utilizamos dos tipos de variables que son las EDT (Elementary Date Type) que se muestran en la figura 2.6 y son de tipo Entero donde se almacenan datos numéricos de 2 bytes; el otro tipo de variable que se utilizo es DDT (Derived Date Type) y pueden ser presentados como estructuras o matrices, se usan porque estos datos pueden vincularse a un módulo de comunicación modbus.

Name	Type	Value	Comment	Addr...	Used
COMF	INT			%MW6	1
PIINT	INT			%MW0	1
POUT	INT			%MW1	1
SP	INT			%MW4	1
SYSF	INT			%MW5	1
TINT	INT			%MW2	1
TOUT	INT			%MW3	1

Figura 2.6 Variables EDT del proyecto.

La figura 2.7 muestra las variables DDT, en la pestaña Inputs están creadas las 7 variables que necesitamos.

Name	Type	Value	Comment	Addr...	Used
BMEP58_ECPU_EXT	T_BMEP58_ECPU_EXT				0
PLC0_d0_r0_s2_DDM16022	T_U_DIS_STD_IN_8_OU...				0
PLC0_d0_r0_s3_DDI3202K	T_U_DIS_STD_IN_32				0
PRUEBAXD	T_PRUEBAXD				7
Freshness	BOOL		Global Freshness		
Freshness_1	BOOL		Freshness of Object		
Inputs	T_PRUEBAXD_IN		Input Variables		
PIINT	INT				
POUT	INT				
TINT	INT				
TOUT	INT				
SPOINT	INT				
SYSTEMFAIL	INT				
COMPRESORFAIL	INT				
DATO8	INT				

Figura 2.7 Variables DDT del proyecto.

El siguiente paso es crear el dispositivo Modbus dirigiéndose a Tools/DTM Browser allí se configura la IP, la cantidad de datos que se van a leer, la figura 2.8 muestra el dispositivo Modbus llamado PRUEBAXD, la figura 2.9 la configuración del mismo.

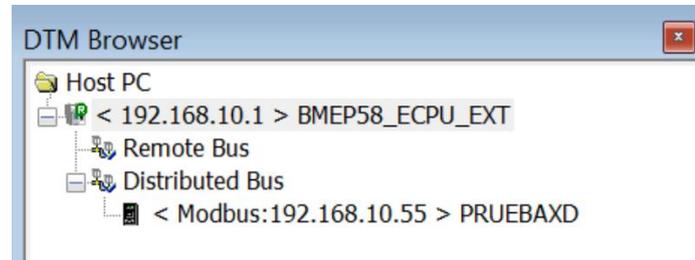


Figura 2.8 Dispositivo Modbus.

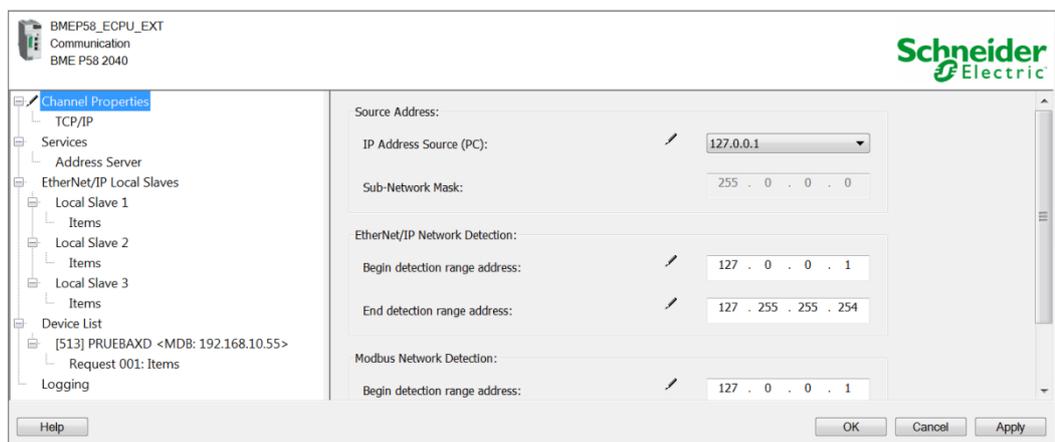


Figura 2.9 Configuración del módulo de comunicación.

2.3.2 Programación del PLC M580

Después de haber creado las variables y configurado el dispositivo modbus para crear variables DDT, esto se hace para que el PLC de planta se comunique con el PLC M580 (Slave).

El programa se muestra en la figura 2.10 y consta de 7 bloques MOVE que mueven los datos que se presentan o vienen desde el PLC (Master) de planta hasta una memoria dentro del PLC (Slave). La tabla 2.3 muestra la descripción de cada variable.

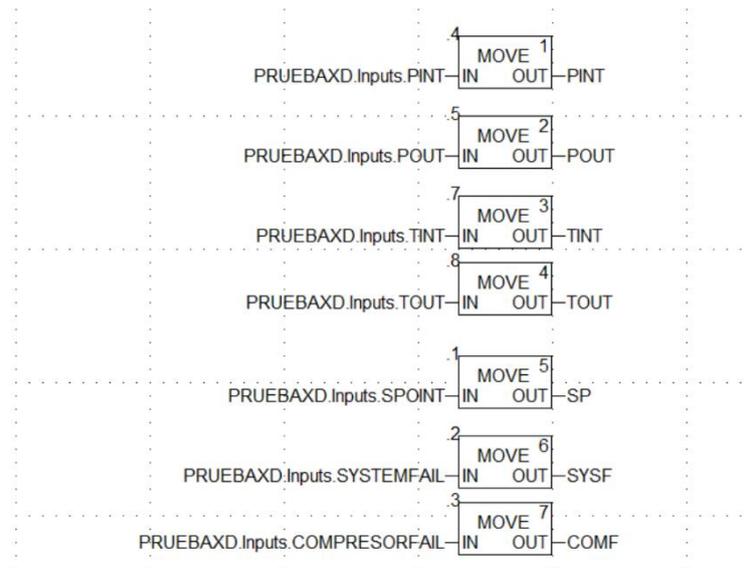


Figura 2.10 Programación en Unity Pro XL

El dato proveniente desde el PLC de planta se almacena en las variables que se muestran a la izquierda del bloque MOVE en la figura 2.10 entrada IN. Esto se realiza mediante un módulo de comunicación modbus.

Tabla 2.3 Descripción de cada variable.

Variable	Descripción
PINT	Presión de entrada del Compresor
POUT	Presión de salida del Compresor
TINT	Temperatura de entrada del Compresor
TOUT	Temperatura de salida del Compresor
SP	Set Point
SYSF	Falla del Sistema
COMF	Falla del Compresor

2.3.3 Configuración del servidor AOA Runtime

En el capítulo 1 se dieron a conocer las directivas a tener en cuenta para la instalación del software a continuación se deben configurar los puertos del servidor como se muestra en la figura 2.11, también se tiene que tener en cuenta que estos puertos estén libres para que el servidor AOA los utilice si no es así se debe permitir el acceso configurando el Firewall de Windows.

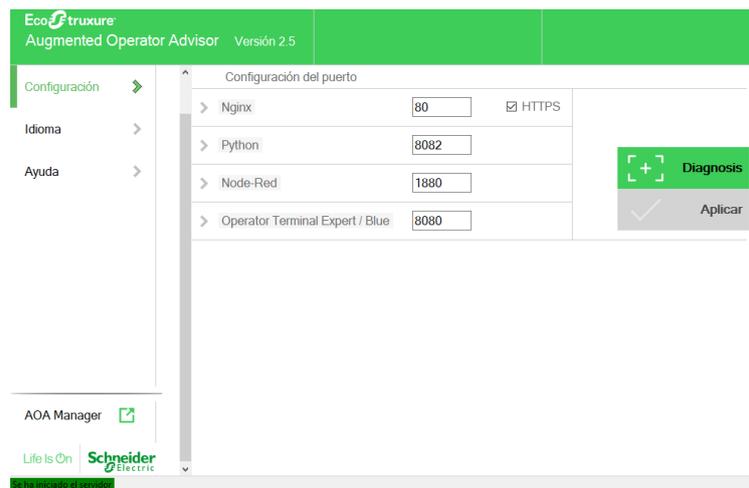


Figura 2.11 Configuración de puertos del AOA Runtime.

El botón AOA Manager que se encuentra en la parte inferior izquierda nos abre una página web donde debemos iniciar sesión con un usuario y contraseña como se muestra en la figura 2.12. En esta web se gestionan los usuarios, historiales de procedimientos, notas creadas por los usuarios y el node red. Cuando se ingresa por primera vez el usuario y contraseña es admin, posteriormente se puede modificar.

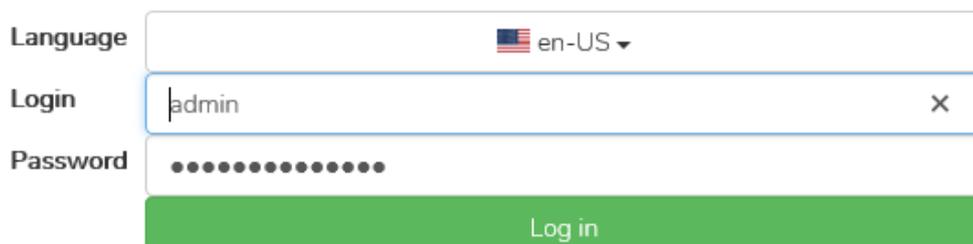


Figura 2.12 Inicio de sesión en AOA Manager.

Al ingresar en el menú USERS se crean los grupos de usuarios y se asigna el nivel de seguridad que van desde 0 a 65535. En el proyecto se creó tres grupos que son admin, Supervisor y Operator. La figura 2.13 muestra los usuarios que se han creado para cada

grupo y la tabla 2.4 muestra los niveles de seguridad de cada usuario del proyecto. De esta forma gestionamos los niveles de seguridad que un supervisor o un operador puede observar.

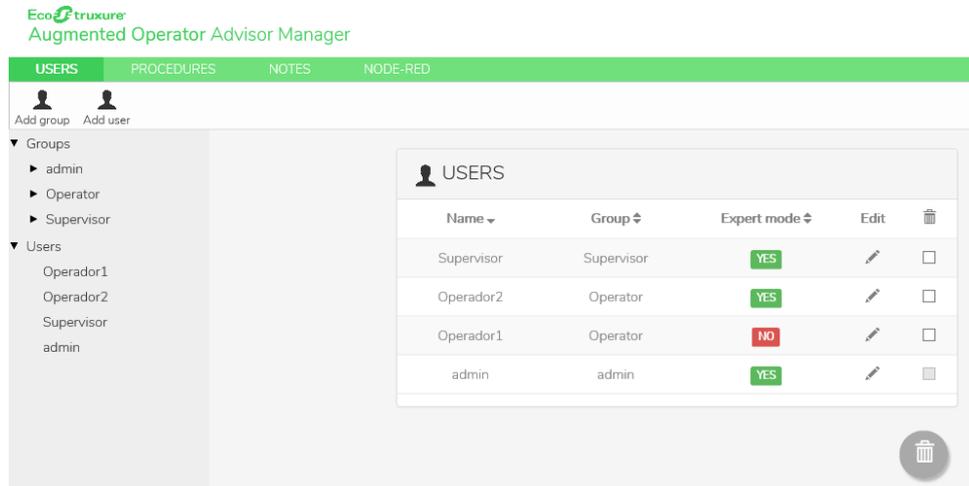


Figura 2.13 Gestión de Usuarios.

Tabla 2.4 Niveles de Seguridad.

Grupo Usuario	Seguridad
admin	65535
Supervisor	1000
Operador	100

El menú PROCEDURES nos permite observar el historial de todos los procedimientos que se han llevado a cabo en la aplicación como se muestra en la figura 2.14

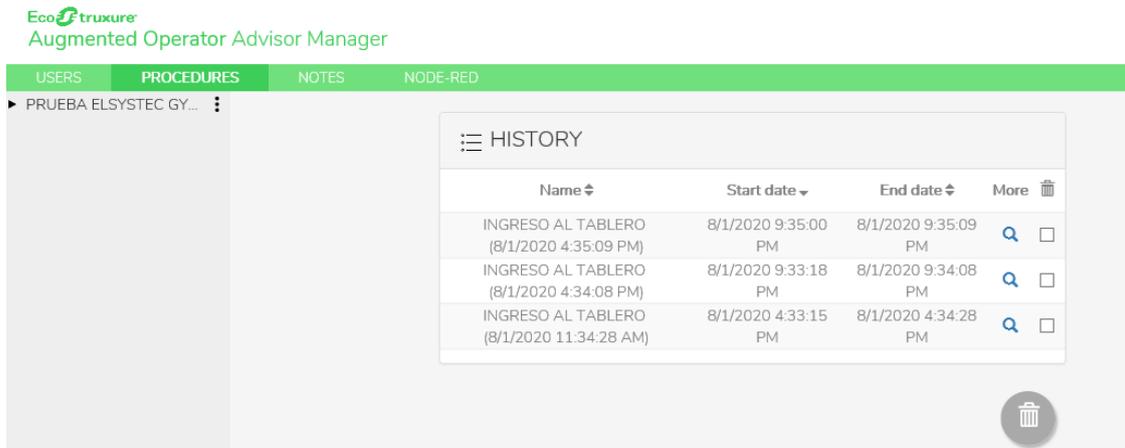


Figura 2.14 Historial de procedimientos.

El menú NOTES nos permite observar un historial de notas que van creando todos los usuarios registrados, debemos tener en cuenta que según el nivel de seguridad de cada grupo de usuario no podrá observar el mensaje de un nivel superior, es decir los mensajes que crea un admin no lo podrá ver un usuario supervisor u operador en la aplicación de la Tablet o smartphone, a menos que tengan el mismo nivel de seguridad, que es posible modificar siendo el administrador del servidor.

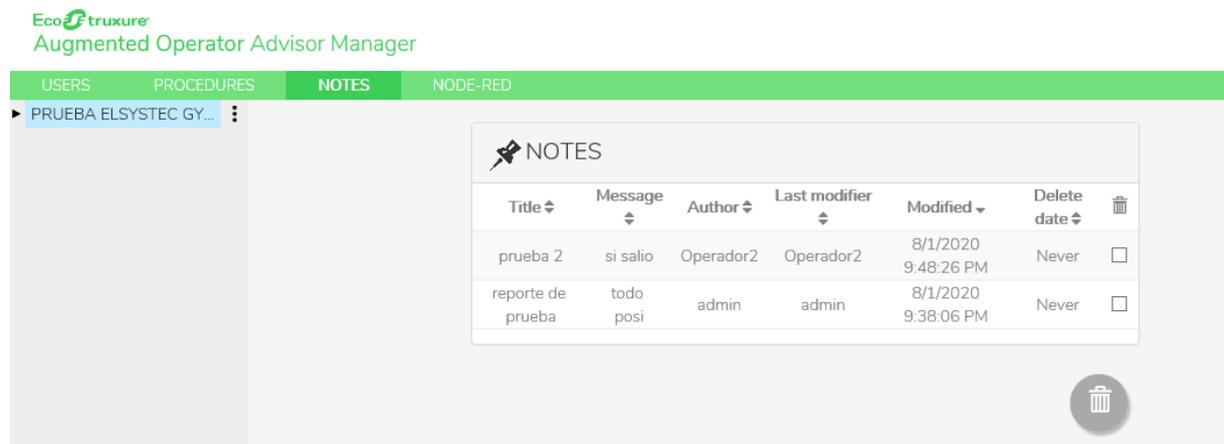


Figura 2.15 Menú Notas

La figura 2.16 muestra el menú node red donde se inicializa el motor de node red y se ingresa al editor del node red para su programación.

Como se observa en este servidor se llevan todos los registros que los usuarios realizan desde su lugar de trabajo en tiempo real.

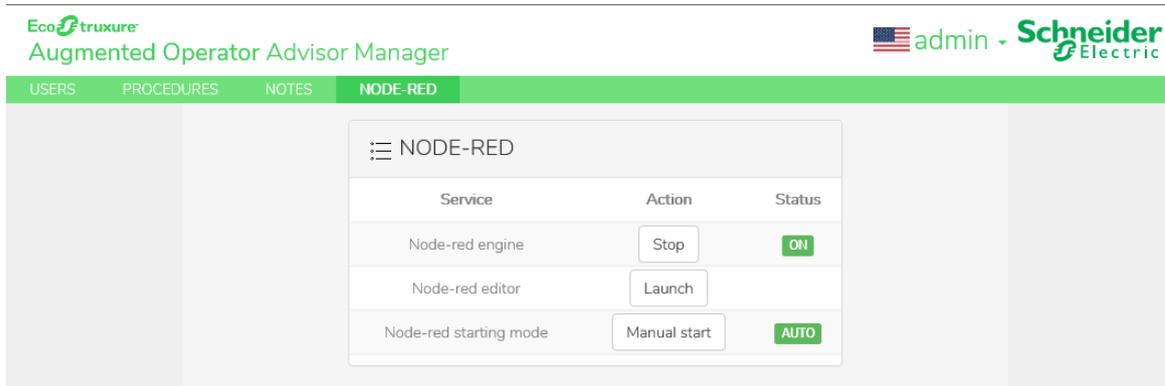


Figura 2.16 Menú Node Red.

2.3.4 Programación de la comunicación en Node RED

En el capítulo 1 se mencionó los pasos para la instalación del node red como los de los módulos necesarios. La programación se muestra en la figura 2.17, consta de nodos Modbus, Split, Switch, módulos AOA, y un Debug para visualizar los datos y hacer pruebas. Todos estos nodos deben ser configurados, el servidor Modbus con nombre M580 se configura como muestra en la tabla 2.5.

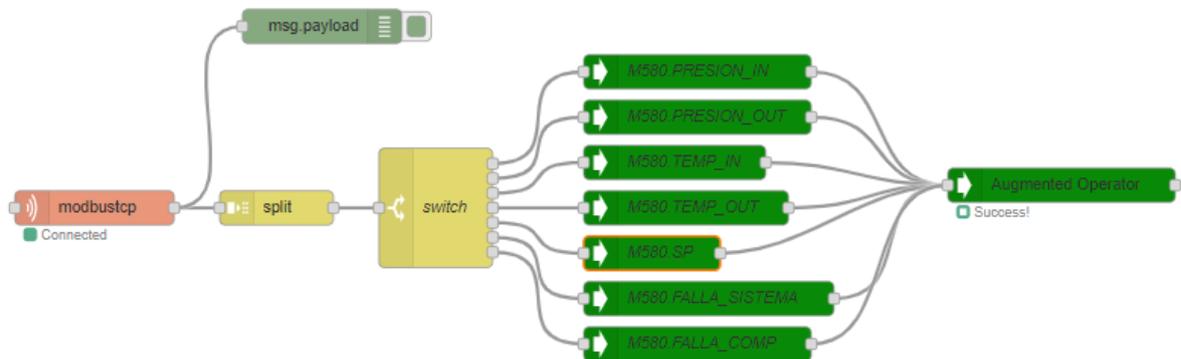
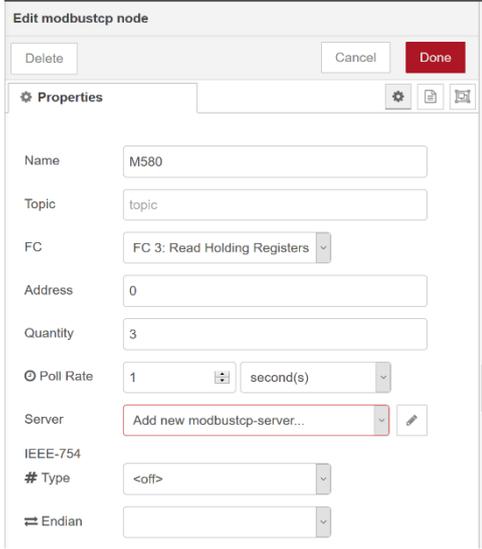
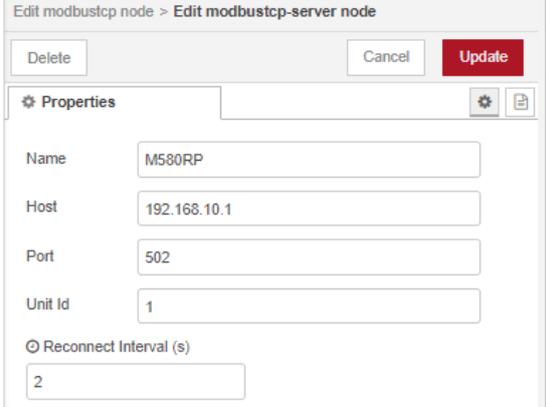
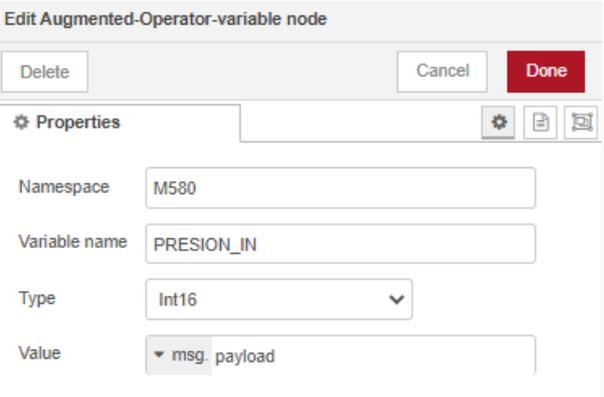


Figura 2.17 Programación del Node Red.

Tabla 2.5 Configuración de Nodos.

Nodo	Configuración
<p>Modbustcp:</p> <p>Name: puede ser cualquier nombre.</p> <p>FC: La función que hará el nodo en este caso lectura de registros de sostenimiento.</p> <p>Address: Dirección 0.</p> <p>Quantity: cantidad de datos deben ser 7 datos para nuestro proyecto.</p> <p>Poll Rate: tiempo de muestreo 1 segundo</p> <p>Server: Edición del host que se muestra en el siguiente recuadro.</p>	
<p>Nodo Modbustcp:</p> <p>Name: cualquier nombre.</p> <p>Host: Dirección IP del PLC que envía los datos.</p> <p>Port: Puerto por defecto 502.</p> <p>Unit id: 1 por defecto.</p>	
<p>Nodo Variable AOA:</p> <p>Namespace: cualquier nombre.</p> <p>Variable name: cualquier nombre. Se debe tener en cuenta que este nombre "M580.PRESION_IN" debe ser igual en el AOA builder.</p> <p>Type: tipo de valor puede ser string, entero, double, etc. En nuestro caso es entero de 16 bits.</p> <p>Value: msg.payload por defecto.</p>	

Nodo Split:

En este nodo hay 3 tipos String, Array y Objeto. Nuestros datos vienen en forma de vector o array y por esto solo configuramos la seccion Array y el vector sera seccionado por la cantidad del indice en este caso 1.

Delete Cancel Done

Properties

Split `msg.payload` based on type:

String / Buffer

Split using `a_z ,`

Handle as a stream of messages

Array

Split using Fixed length of 1

Object

Send a message for each key/value pair

Copy key to `msg.`

Name Name

Nodo Switch:

Name: cualquier nombre.

Property: `msg.payload` por defecto.

Se agregan las divisiones que se necesiten en este caso usamos 7 ya que son 7 datos que provienen del PLC, el nodo Split los dividio y les asigno un indice a cada valor y con el switch los dirigimos hacia las variables AOA, asi que usamos el `index between` para dirigirlos.

Delete Cancel Done

Properties

Name switch

Property `msg.payload`

index between `0` → 1

index between `1` → 2

index between `2` → 3

index between `3` → 4

index between `4` → 5

checking all rules

recreate message sequences

Nodo server AOA:

Method: PUT para publicar la variable en el servidor Runtime.

Localhost: 8082

Buffer Interval: none por defecto.

Delete Cancel Done

Properties

Method PUT

Port localhost: 8082

Buffer interval -None-

Note: "Buffer interval" enables to specify a duration during which all the requests to Augmented Operator server are buffered before being sent. For example, a **200 ms**. duration means that all the requests made to that node in a 200ms interval are grouped into one request. The default value **-None-** means that no buffer is used and that all the requests are sent immediately.

2.3.5 Programación del proyecto de realidad aumentada en AOA Builder

El AOA Builder como se mencionó en el capítulo 1 es una página web donde se pueden diseñar un área para realidad aumentada, una vez creada la cuenta creamos un proyecto. Las variables que utilizamos son las que se muestran en la figura 2.18 deben ser iguales a las creadas en node red y de tipo interno.

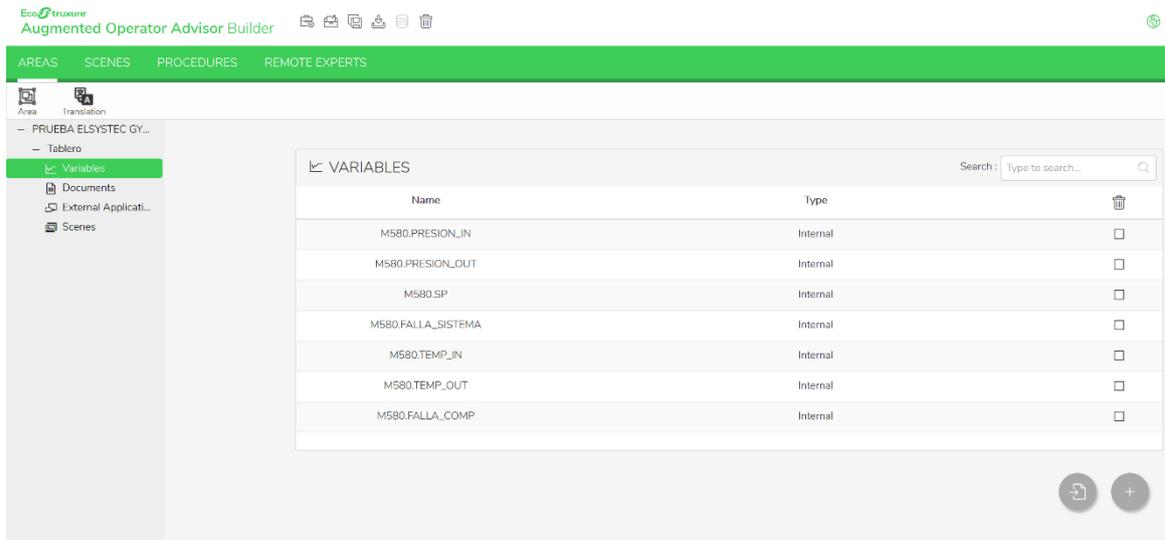


Figura 2.18 Variables del programa.

El segundo paso es agregar todos los documentos como se muestran en la figura 2.19, que se necesitan para el proyecto sean pdf, imágenes jpg, paginas web, o algun documento en linea. El documento pdf no debe ser mayor a 20MB, una imagen no mayor a 2MB, los videos en formato MP4 no deben pasar de 20MB y los audios en formato MP3 de 20 MB como maximo.

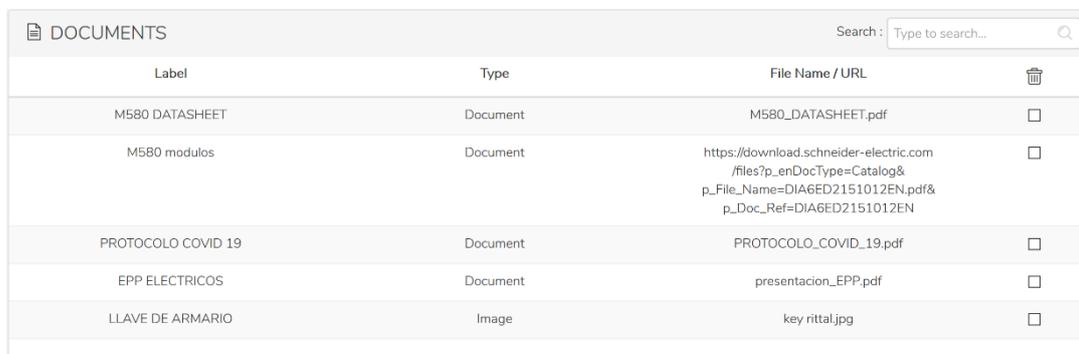


Figura 2.19 Documentos del proyecto.

Las aplicaciones externas pueden ser videos de youtube, paginas web, etc. Se debe tener en cuenta que el dispositivo smartphone o tablet debe tener instaladas las aplicaciones correspondientes para poder abrir el recurso externo. La figura 2.20 muestra las aplicaciones que se utilizaron.

EXTERNAL APPLICATIONS			Search: <input type="text" value="Type to search..."/>
Name	Path		
YOUTUBE	https://www.youtube.com/watch?v=XSHiGYdLEc&t=58s		<input type="checkbox"/>
SCHNEIDER PORTAL	https://www.se.com/co/es/about-us/company-profile/schneider-ecuador.jsp		<input type="checkbox"/>
MAPS	https://www.google.com.ec/maps/place/elsystec+gye/@-2.1634849,-79.8999682,17z/data=!4m14!1m8!3m7!1s0x902d6d96f417d031:0xb7c04bfc5267a50!2selsystec+gye!8m2!3d-2.1635626!4d-79.8999438!14m1!1BCgIYEg!3m4!1s0x902d6d96f417d031:0xb7c04bfc5267a50!8m2!3d-2.1635626!4d-79.8999438		<input type="checkbox"/>
ELSYSTEC	https://www.elsystec.com.ec/		<input type="checkbox"/>

Figura 2.20 Aplicaciones externas del proyecto.

Por ultimo agregamos las escenas que se necesiten, tener en cuenta que existen limitaciones que se pueden ver en el apendice.

Un aspecto importante a considerar es la forma en que se va a activar la RA, existen varios métodos puede ser mediante algún código QR, marcadores o el método basado en reconocimiento de imágenes, en este último cuando dicho objeto es reconocido se desencadena una acción, de modo tal que cualquier contenido digital que se requiera se visualice en ese momento [13, p. 8]. La figura 2.21 muestra los dos tipos de reconocimiento la primera escena llamada COMPRESOR1 es por reconocimiento de imagen y la segunda escena llamada M580 se hizo mediante reconocimiento de Tag.

SCENES					Search: <input type="text" value="Type to search..."/>
Label	Type	Tag number	Images		
COMPRESOR1	Image recognition		CHASIS.jpeg		<input type="checkbox"/>
M580	Tag recognition	500	TABLERO_INTERNO.jpeg		<input type="checkbox"/>

Figura 2.21 Escenas del proyecto.

Para el reconocimiento de Tag se deben tener los codigos QR previamente descargados de forma gratuita ya que estos codigos son exclusivos para trabajar con RA, en el proyecto se utilizo el codigo 500 como se muestra en la figura 2.22.

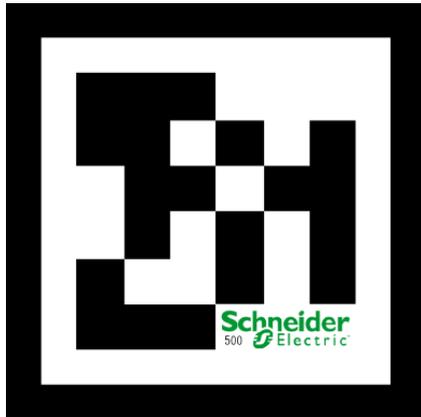


Figura 2.22 Código QR 500.



Figura 2.23 Imagen usada para la escena.

Este código debe imprimirse y colocado de forma correcta en el armario o maquina o lugar que se necesite reconocer como se muestra en la figura 2.23.

Las escenas se programan en el menu SCENES, aquí se agregan los puntos de interes y Triggers que deben activarse dependiendo de alguna condicion. La figura 2.24 muestra todos los puntos de interes de cada escena y los triggers.

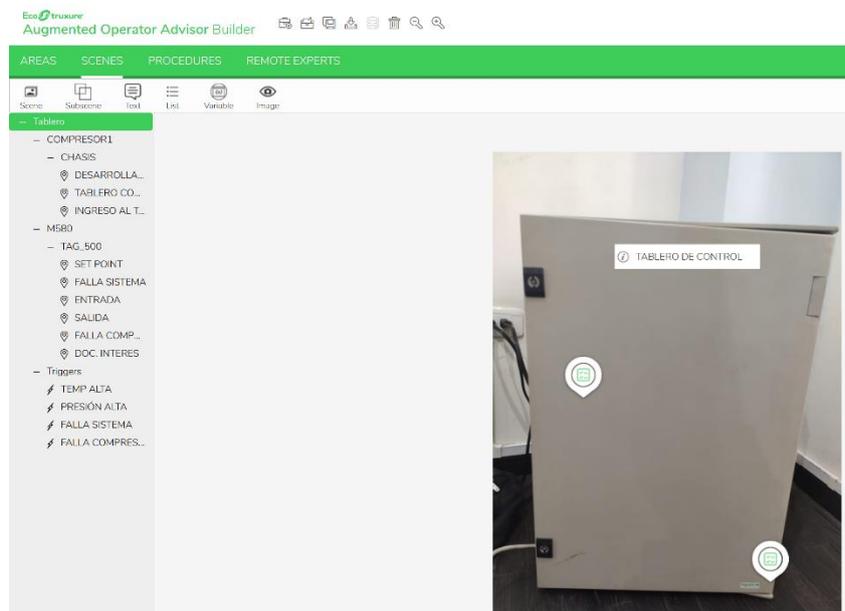


Figura 2.24 Escenas con sus respectivos puntos de interés.

La figura 2.25 muestra la segunda escena llamada M580 con sus puntos de interes, estos puntos pueden ser situados en cualquier lugar de la imagen.



Figura 2.25 Escena M580.

Tambien muestra el punto de interes ENTRADA como una lista en la que se pueden visualizar la presion, temperatura y 2 lineas de informacion adicional, las dos primeras estaran comunicadas con las variables del PLC y se mostraran en tiempo real.

⚡ TRIGGERS				
Name	Description	Object	More	🗑️
TEMP ALTA	TEMPERATURA MAYOR AL NOMINAL	M580.TEMP_IN	🔍	☐
PRESIÓN ALTA	PRESIÓN MAYOR A LA NOMINAL	M580.PRESION_IN	🔍	☐
FALLA SISTEMA	FALLA DEL SISTEMA	M580.FALLA_SISTEMA	🔍	☐
FALLA COMPRESOR	FALLA DEL COMPRESOR	M580.FALLA_COMP	🔍	☐

Figura 2.26 Triggers del proyecto.

La figura 2.26 muestra los triggers que se utilizaron como el de TEMP ALTA que como dice su descripcion se activara cuando la temperatura sobre pase el limite permitido, las acciones que mostrara al usuario es que se resalta en color rojo y emitira una intermitencia de 500 ms hasta que la temperatura baje de su limite.

El triggers FALLA SISTEMA estara oculto en la interfaz y solo se visualizara si ocurre una falla en el sistema tal como lo menciona su descripcion.

Otra opción que se utilizó en el proyecto es un procedimiento como se muestra en la figura 2.27 que trata sobre pasos para acceder al tablero de control como ejemplo.



Figura 2.27 Procedimiento del proyecto.

La estructura del procedimiento se muestra en la figura 2.28, comienza en start pasa al rectángulo standard aquí muestra los elementos de seguridad que debe usar el tecnico que realiza la inspeccion. Luego realiza la pregunta si esta usando los EPP, si la opcion es afirmativa pasa a mostrar la llave que debe tener para tener acceso al armario.

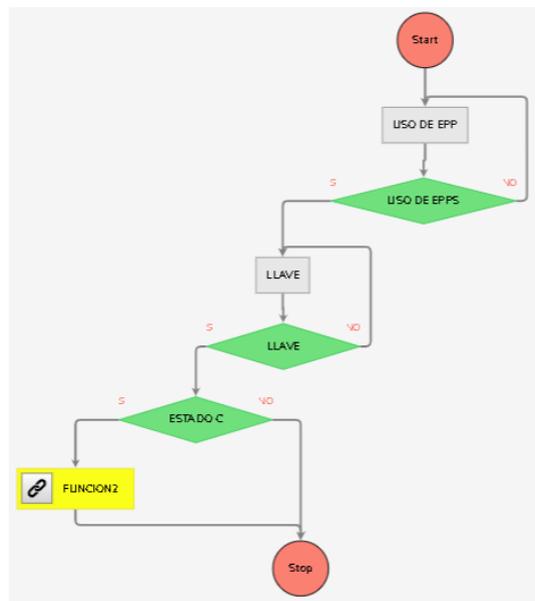


Figura 2.28 Estructura del procedimiento.

Cuando el proyecto este terminado se debe compilar y descargar para guardarlo en la carpeta de projects en el servidor AOA Runtime.

2.3.6 Configuración de la aplicación del AOA en el dispositivo móvil

Primero se debe iniciar la aplicación después de esto se mostrará la pantalla como en la figura 2.29.

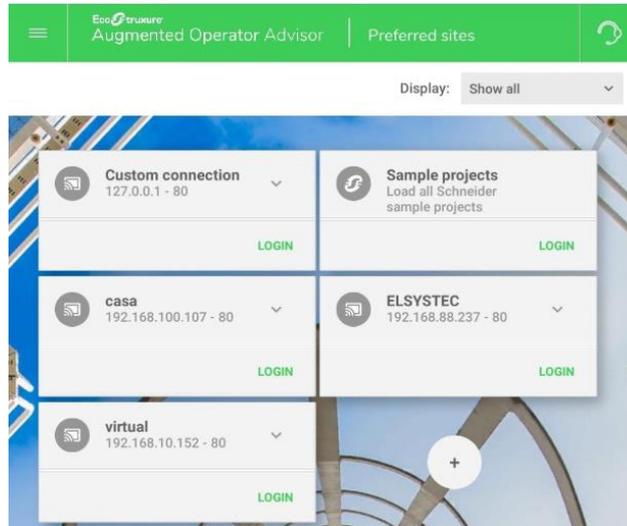


Figura 2.29 Configuración del App AOA

Se debe crear un nuevo sitio y configurar la IP y el puerto para poder conectarse a un dispositivo de tiempo de ejecución remoto en donde se está ejecutando el proyecto creado en el AOA Builder. Una vez hecho se inicia sesión con las cuentas que previamente se crearon en el AOA Manager, como admin, Supervisor u operador. Debemos tener en cuenta que la Tablet o smartphone debe estar conectada a la misma red que el servidor Runtime.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para los resultados no se utilizaron los compresores puesto que los permisos en la planta no están disponibles aun debido a la emergencia sanitaria y otros. Por esta razón utilizamos un software llamado Modbus Poll que se utiliza prácticamente para enviar datos hacia el PLC mediante el protocolo Modbus TCP/IP, se deben especificar el ID del esclavo Modbus, la función, la dirección, el tamaño y la tasa de sondeo la figura 3.1 muestra los registros creados.

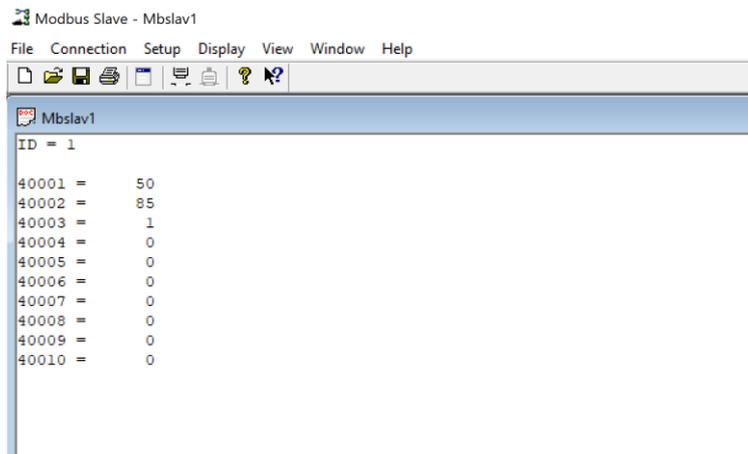


Figura 3.1 Registros de Modbus.

Mediante este programa enviamos datos a los registros en el PLC M580. Los datos del PLC pasan al Node Red y se observa el Debug para observar si está enviando datos correctamente, la figura 3.2 muestra el Debug del Node Red.



Figura 3.2 Debug del Node Red.



Figura 3.3 Primera Escena



Figura 3.4 Procedimiento.

La figura 3.3 muestra la aplicación en proceso aquí está la primera escena TABLERO DE CONTROL donde se pueden observar un procedimiento llamado NORMATIVA PARA ABRIR EL TABLERO y un documento con la normativa para trabajar durante la emergencia sanitaria. La figura 3.4 muestra el inicio del procedimiento para ingresar al tablero correctamente.



Figura 3.5 Revisión de Presión.



Figura 3.6 Revisión de Temperatura.

La figura 3.5 muestra la continuación del procedimiento en donde se revisa la presión este dato como el de temperatura son transmitidos desde el PLC, es un dato en tiempo real cualquier cambio que ocurra se verá reflejado en la app del celular o Tablet. La figura 3.6 se revisa la temperatura. La imagen durante el procedimiento puede ser congelada para que no se desactive la realidad aumentada.



Figura 3.7 Finalización del procedimiento.



Figura 3.8 Segunda escena.

La figura 3.7 muestra la finalización del procedimiento con la duración la fecha y el usuario. La figura 3.8 muestra la segunda escena donde se encuentran diversos documentos de interés como datasheet, módulos, información como presión y temperatura nominal, variables del PLC.



Figura 3.9 Notas de la escena.

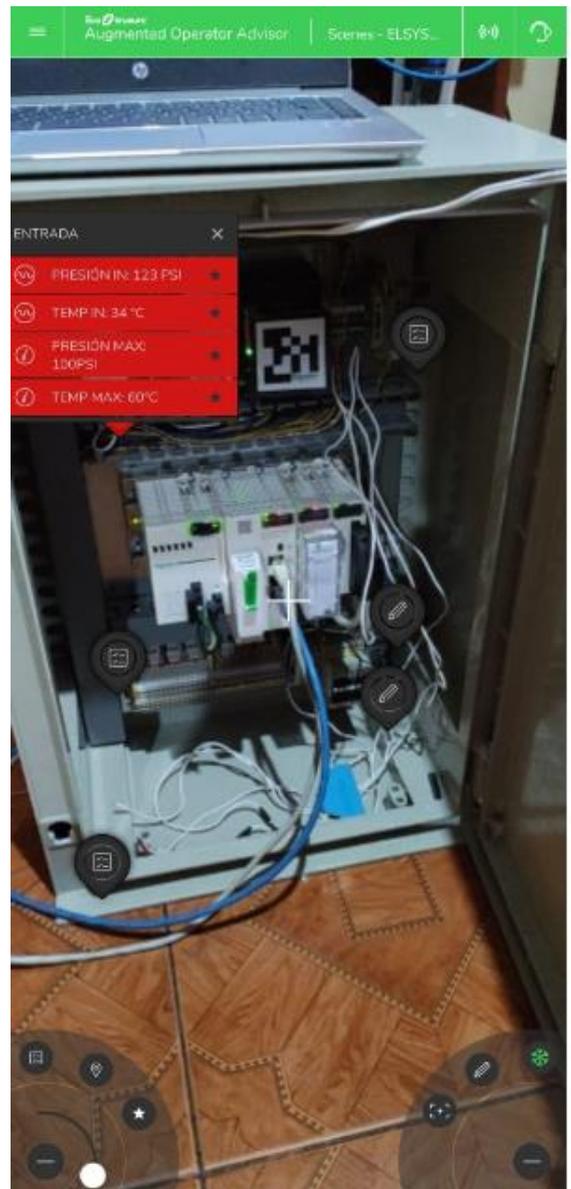


Figura 3.10 Puntos de interés resaltado.

Se pueden realizar notas para que otros usuarios puedan revisarlas como se muestra en la figura 3.9. La figura 3.10 se observa que el punto de interés se resalta cuando sucede una acción anormal ya que como se ve la presión de entrada está por encima de la nominal.

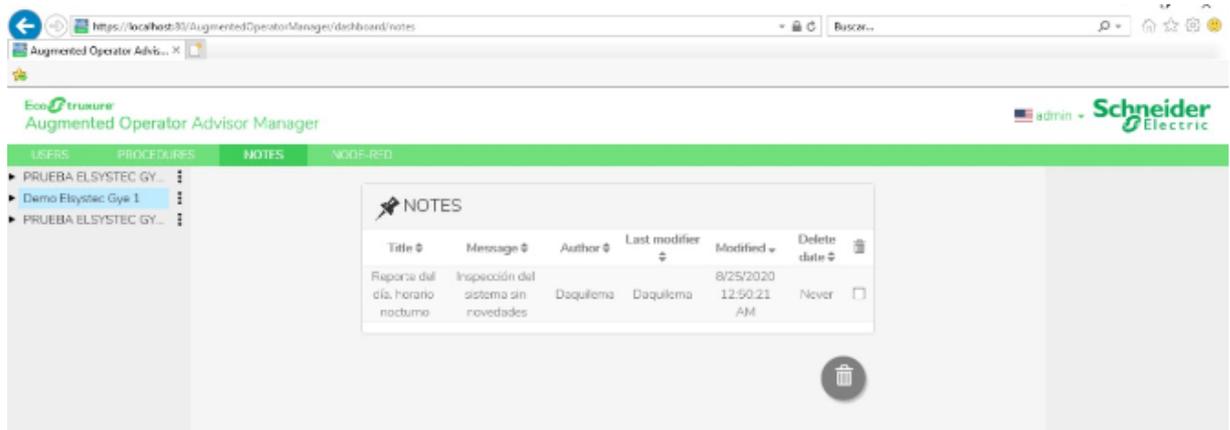


Figura 3.11 Servidor Runtime

La figura 3.11 puede llevar un historial de notas que se van agregando a la aplicación y así llevar un control del personal que esta realizando inspecciones.

Durante la ejecución de las pruebas se realizaron diferentes cambios para la mejora del proyecto como por ejemplo el parpadeo de los datos se decidió retirar debido a que dificultad la visualización, también el procedimiento para ingresar al tablero se expandió dando como resultado lo anterior mencionado.

3.1 COSTOS

Los costos se basan en las licencias de los software y de los equipos que se utilizaron, en la figura 3.12 se muestra los tipos de licencia que existen para el software AOA.

Tipo de licencia	Número máximo de ...		
	Áreas	Puntos de Interés	Procedimientos
EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder			
Essential	Sin límite	Sin limite	0
Performance	Sin límite	Sin limite	Sin limite
EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime Software			
Essential nivel 1	1	20	0
Essential nivel 2	1	50	0
Essential nivel 3	1	Sin limites	0
Performance nivel 1	1	20	10
Performance nivel 2	1	50	20
Performance nivel 3	Sin límite	Sin limites	Sin limite
Multi-Área	Sin límite	Sin limites	Sin limite

Figura 3.12 Tipos de licencias del software AOA.

Para el software AOA Builder utilizamos la licencia Performance ya que podemos utilizar procedimientos.

Para el software AOA Runtime utilizamos la licencia Performance nivel 2 por la cantidad de puntos de interés y de procedimientos.

Tabla 3.1 Costos totales.

DESCRIPCION	COSTOS
AOA BUILDER ESSENTIAL	1734,17
AOA BUILDER PERFORMANCE	4590,44
AOA RUNTIME ESSENTIAL NIVEL 2	1326,14
AOA RUNTIME PERFORMANCE NIVEL 2	2550,25
M580 REMOTE I/O	7523,84
M580 SIN REMOTE I/O BMEP581020	1713,35
FUENTE BMXCPS3500	310,5
BACKPLANE BMEXBP0400	465,76
TARJETA SD BMXRMS004GPF	835,98
PROGRAMACIÓN AOA	3120
PUESTA EN MARCHA AOA	520
CAPACITACIÓN AL PERSONAL	200
TOTAL	14306,28

La tabla 3.1 muestra la descripción de cada elemento que se utilizó resaltado en amarillo que pueden ser minimizados si se obtiene otro tipo de licencia y también si se utiliza un PLC menos costoso como el M340.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES

- Se diseño una arquitectura sencilla utilizando la menor cantidad de elementos posibles para reducir costos y haciendo uso de IoT. Usando tecnología Schneider Electric obtuvimos buenos resultados para lograr comunicar y visualizar todas las características que el software nos puede brindar como apoyo para realizar mantenimiento y capacitación en la industria. Como se mostró en el proyecto esta plataforma puede ser utilizada en cualquier proceso o para cualquier dispositivo inteligente que envié datos mediante protocolo Modbus TCP.
- Mediante investigación en internet se logró concretar la comunicación de los dispositivos, programar sobre Augmented Operator Advisor para obtener la lectura y visualización de los datos que se recibían desde el Node Red y estos desde el M580. Se realizaron algunas correcciones y se omitieron pasos innecesarios en la programación.
- El uso de procedimientos mediante realidad aumentada conlleva a una mayor eficiencia a la hora de realizar capacitación en una tarea específica de una industria como por ejemplo en todas las industrias que generen productos en lotes utilizan una etiquetadora, un proceso podría ser pasos para el etiquetado de cierto producto.

RECOMENDACIONES

- Revisar e instalar correctamente el Node Red y sus complementos como se mostró en el capítulo 1.
- Verificar que la PC donde se instaló el servidor Runtime esté conectado a la misma red de wifi con los dispositivos móviles.
- Verificar que los puertos que utiliza el servidor Runtime estén con acceso permitido, verificar el Firewall de Windows. En el capítulo 2 se muestra los pasos.
- Verificar los nodos del Node Red que estén debidamente configurados y los datos se estén recibiendo de manera correcta.
- Leer las limitaciones del contenido digital que puede ser utilizado, esto en el capítulo 2 o en el apéndice.
- Los códigos QR se deben descargar desde la página de Schneider o desde el AOA Builder, estos deben ser colocados en la escena de manera correcta como se muestra en el apéndice.
- El software AOA App puede ser descargado gratuitamente, verificar si su dispositivo tiene el espacio y características suficientes para utilizar esta aplicación.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Reality virtuality continuum. Accedido el 25 de junio,2020, desde https://www.researchgate.net/figure/Milgram-and-Kishinos-Mixed-Reality-on-the-Reality-Virtuality-Continuum-Milgram-and-fig1_321405854
- [2] Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. Accedido el 25 de junio, 2020, desde <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.83.6861>
- [3] dirección de descarga del AOA Builder, Runtime y App. Accedido el 25 de junio, 2020, desde <https://www.se.com/ww/en/work/services/field-services/industrial-automation/performance-optimization-services/ecostruxure-augmented-operator-advisor.jsp>
- [4] EcoStruxure Augmented Operator Advisor - Builder, User Manual. Accedido el 20 de junio, 2020, desde <https://www.se.com/ww/en/download/document/EIO0000003006/>
- [5] EcoStruxure Augmented Operator Advisor, Quick Start Guide. Accedido el 20 de junio, 2020, desde <https://www.se.com/ww/en/download/document/EIO0000003000/>
- [6] EcoStruxure Augmented Operator Advisor – App, User Manual. Accedido el 20 de junio, 2020, desde <https://www.se.com/ww/en/download/document/EIO0000003598/>
- [7] protocolo de comunicación Modbus. Accedido el 22 de julio,2020, desde <https://www.eeymuc.co/31-protocolo-modbus/>
- [8]Protocolo de comunicación Modbus TCP/IP. Accedido el 22 de julio,2020, desde <http://automation-networks.es/glossary/modbus-tcpip>
- [9] dirección de descarga del Node.js. Accedido el 20 de julio,2020, desde <https://nodejs.org/es/>
- [10] Refrigeración con amoniaco r-717. Accedido el 10 de julio,2020, desde <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/refrigeracion-con-amoniaco/>
- [11] Controlador Modicon M580. Accedido el 10 de julio,2020, desde <https://novedadesautomatizacion.com/modicon-m580-schneider-primer-controlador-epac-del-mundo/>
- [12] Especificaciones técnicas del Modico M580. Accedido el 20 de Julio,2020,desde <https://www.se.com/ww/en/product/BMEP582040/processor-module-m580---level-2---remote/>
- [13] Introducción a la realidad aumentada, Raúl Reinoso. Accedido el 25 de junio,2020, desde https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=introduccion+a+la+realidad+aumentada+raul+reinoso&btnG=

APÉNDICES

LIMITACIONES

Describe el máximo de elementos que puede tener un proyecto de realidad aumentada con Ecostruxure AOA.

Proyecto	Número Máximo
Áreas	100
Idiomas	8
Tamaño total	600 MB
Puntos de interés en una escena	50
Puntos de interés en un proyecto	5000
variables	1000
Escenas	100
Sub escenas	10
Etiquetas	100
Procedimientos	100
Sub procedimientos	10
Notas agregadas a una escena	10
Caracteres de una nota	255
Usuarios	65535

RECONOCIMIENTO DE ETIQUETA

Este método la etiqueta o tag se fija al equipo, pero estos tags son propios de Schneider y se descargan desde la página. Se utilizan para evitar errores en la identificación de alguna escena ya sea por ser idéntica a otra o por desgaste de algunos componentes de la escena.

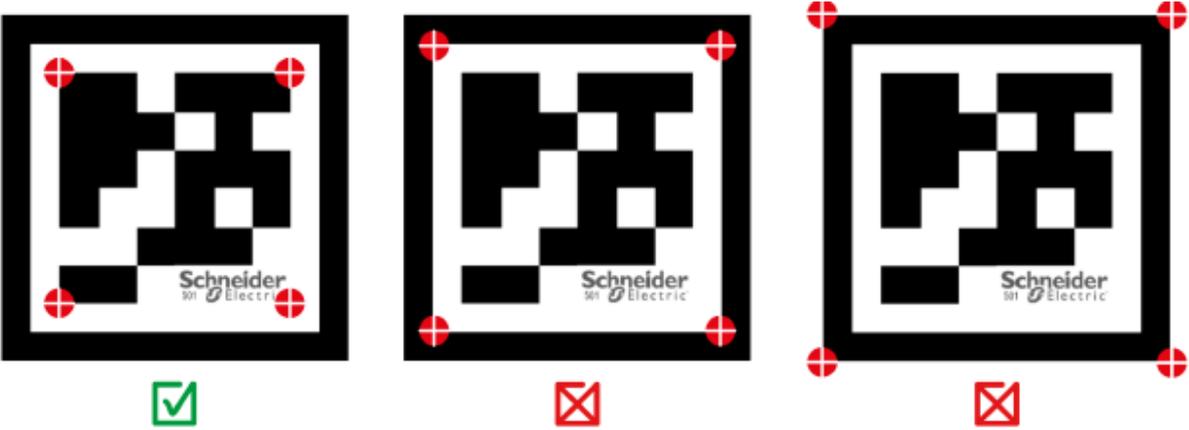


Figura 6.1 Etiquetado correcto [4, p.88]