



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL ESCUELA  
DE POSGRADOS “ESPOG”**

**MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

*Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021*

**PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGÍSTER**

<b>Título del proyecto:</b>
<b>Sistema de realidad aumentada para mantenimiento preventivo del sistema de generación en la central hidroeléctrica Sopladora</b>
<b>Línea de investigación:</b>
<b>Automatización y control de procesos con aplicaciones en la industria</b>
<b>Campo amplio de conocimiento:</b>
<b>Ingeniería, industria y construcción</b>
<b>Autor:</b>
<b>Martín Fernando Cárdenas Vera</b>
<b>Tutor:</b>
<b>Mgs. René Ernesto Cortijo Leyva</b>

**Quito - Ecuador**

**2022**

## APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, Mg. **René Ernesto Cortijo Leyva** con C.I: **1719010108**, en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **“Sistema de realidad aumentada para mantenimiento preventivo del sistema de generación en la central hidroeléctrica Sopladora”**.

Elaborado por: **Martín Fernando Cárdenas Vera**, de C.I: **0105480453**, estudiante de la Maestría: **Electrónica y Automatización**, de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito 16 de septiembre del 2022



---

**Firma**

**DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE**

Yo, Martín Fernando Cárdenas Vera, con C.I.: 0105480453, autor del proyecto de titulación denominado: Sistema de realidad aumentada para mantenimiento preventivo del sistema de generación en la Central Hidroeléctrica Sopladora. Previo a la obtención del título de Magíster en Electrónica y Automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito, D.M., 06 de septiembre de 2022.

MARTIN  
FERNANDO 2022.09.17  
CARDENAS VERA 08:15:20 -05'00'

**Firma**

## Índice

<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b>	<b>I</b>
<b>DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE</b>	<b>II</b>
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>	<b>1</b>
<b>Contextualización del tema.</b> . . . . .	1
Problema de investigación . . . . .	2
Objetivo general. . . . .	3
Objetivos específicos. . . . .	3
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos . . . . .	3
<b>CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>5</b>
Contextualización general del estado del arte. . . . .	5
Proceso investigativo metodológico. . . . .	8
<b>CAPÍTULO II: PROPUESTA</b>	<b>9</b>
Fundamentos teóricos aplicativos. . . . .	9
Descripción de la propuesta. . . . .	15
Estructura general. . . . .	16
Explicación del aporte. . . . .	22
Estrategias y/o técnicas. . . . .	24
Validación de la propuesta. . . . .	24
Matriz de articulación de la propuesta. . . . .	27
Análisis de resultados. Presentación y discusión. . . . .	28
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>34</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>35</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>38</b>

## Índice de tablas

1.	Definición de puntos de interés con la información asociada a escena: TABLERO CTRL CERRADO	17
2.	Definición de puntos de interés con información asociada a escena: TABLERO CTRL ABIERTO	17
3.	Descripción de perfil de validadores .....	24
4.	Criterios de evaluación.....	25
5.	Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Wilmer Fabián Albarracín Guarochico MBA.....	25
6.	Evaluación Magíster Oswaldo Alejandro Zhañay Soliz .....	25
7.	Evaluación Magíster Roberto Carlos Guerrero Ochoa.....	26
8.	Evaluación Magíster Jenny Patricia Zhungo Ordoñez.....	26
9.	Matriz de articulación .....	27
10.	Evaluación Magíster Oswaldo Alejandro Zhañay Soliz .....	46
11.	Evaluación Magíster Roberto Carlos Guerrero Ochoa.....	47
12.	Evaluación Magíster Jenny Patricia Zhungo Ordoñez.....	48

## Índice de figuras

1.	Central Hidroeléctrica Sopladora. . . . .	1
2.	Proceso de Revolución industrial. . . . .	5
3.	Pilares de la Industria 4.0. . . . .	6
4.	Concepto de Realidad Aumentada. . . . .	9
5.	Dispositivos empleados en realidad aumentada. ....	10
6.	Visualización de etiquetas de componente. ....	10
7.	Simulación de componentes de equipos durante el mantenimiento. ....	11
8.	Localización de fallas. ....	11
9.	Visualización de información en tiempo real. ....	12
10.	Acceso y control del equipamiento de la planta. ....	12
11.	Teleasistencia y guía en remoto. Fuente:.....	13
12.	Localización de fallas. ....	13
13.	Ejemplo de aplicación de EcoStruxure Augmented Operator Advisor ..... 15	15
14.	Desarrollo de sistema de realidad aumentada. ....	16
15.	Creación de proyecto en EcoStruxure Augmented Operator Advisor ..... 18	18
16.	Definición de áreas de trabajo. ....	18
17.	Definición de escenas dentro del área de trabajo. ....	19
18.	Programación de procedimiento para apagado seguro de HMI. ....	19
19.	Puntos de interés: escena TABLERO CTRL CERRADO ..... 20	20
20.	Puntos de interés: escena TABLERO CTRL ABIERTO ..... 20	20
21.	Compilación y descarga de proyecto. ....	21
22.	Pantalla de inicio de App EcoStruxure Augmented Operator Advisor ..... 22	22
23.	Iniciar reconocimiento de escenas. ....	23
24.	Reconocimiento de escena TABLERO CTRL CERRADO ..... 28	28
25.	Reconocimiento de escena TABLERO CTRL ABIERTO ..... 29	29
26.	Acceso a información de escena TABLERO CTRL CERRADO ..... 30	30
27.	Acceso a información de PLC. ....	31
28.	Acceso a instructivos de mantenimiento del sistema. ....	32

29.	Acceso a información de transductor de potencia.....	33
30.	Documentos asociados a punto de interés: Documentación Sistema.....	38
31.	Documentos asociados a punto de interés: HMI.....	39
32.	Documentos asociados a punto de interés: Duplicador Señales.....	40
33.	Documentos asociados a punto de interés: PLC.....	41
34.	Documentos asociados a punto de interés: Sistema Alimentación.....	42
35.	Documentos asociados a punto de interés: Transductor Potencia.....	43
36.	Subescena Borneras.....	44
37.	Documentos asociados al proyecto.....	45

## INFORMACIÓN GENERAL

### Contextualización del tema.

Las centrales de generación están formadas por uno o varios generadores eléctricos que de acuerdo con Chapman (2012) consisten en una máquina eléctrica rotativa que transforma la energía mecánica proveniente de diferentes fuentes primarias en energía eléctrica.

Mora (2008) manifiesta que, debido a las constantes oscilaciones en la potencia demandada por el sistema, se vuelve necesario la continua regulación de la potencia suministrada por el generador por medio del regulador de velocidad, con el objetivo de mantener el balance entre la potencia generada y la potencia demandada por la carga y de esta manera mantener constante la velocidad de giro del generador.

El regulador de velocidad es el dispositivo encargado de controlar el caudal de ingreso a la turbina, con el fin de regular la potencia activa, mantener la frecuencia nominal y proteger la turbina del generador.

El Ministerio de Energía y Minas (s.f.) expone que la central hidroeléctrica Sopladora es la tercera central del complejo Hidroeléctrico Paute Integral, capta las aguas turbinadas de la central Molino a través de una cámara de interconexión en caverna y genera 487 MW, se encuentra ubicada en el límite provincial de Azuay y Morona Santiago, cantones Sevilla de Oro y Santiago de Méndez. Posee tres generadores con turbinas tipo Francis, cada una con un caudal nominal de  $50m^3/s$ .

### Figura 1

*Central Hidroeléctrica Sopladora.*



Nota: Fuente:(CELEC EP, s.f.)



El control del caudal de ingreso a las turbinas se realiza por medio del sistema de regulación de velocidad de tipo electrónico, formado por dispositivos de control y supervisión (controlador lógico programable), sensores (medición de posición, velocidad, potencia, entre otros) y actuadores (válvulas de control, motores eléctricos, servomotores oleohidráulicos, entre otros). Este conjunto de elementos tiene como objetivo controlar la apertura y cierre de los álabes directrices.

Dentro de la central hidroeléctrica Sopladora laboran personal de operación, así como también de las diferentes áreas de mantenimiento (civil, mecánico, eléctrico, electrónico y metrología) y personal del área de seguridad y salud laboral, teniendo 47 personas que laboran directamente en la central.

El sector de generación de energía eléctrica es uno de los responsables del crecimiento y desarrollo del país, ya que sin la suficiente generación de energía eléctrica no sería posible la modernización del sector industrial, así como también no se podrían realizar nuevas inversiones. Es así que se busca optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales para brindar el servicio de energía eléctrica con la responsabilidad de cuidar el medioambiente.

### **Problema de investigación**

Parte de las actividades que realiza el personal de operación y mantenimiento consiste en la ejecución de órdenes de trabajo correspondiente a mantenimientos de tipo preventivo; por su parte, el personal de operación realiza la consignación de los equipos previo a la ejecución de los trabajos y la revisión de estos una vez se hayan finalizado de las actividades de mantenimiento.

Cada una de estas actividades cuenta con su respectiva documentación: planos de los sistemas y equipos, manuales de operación y mantenimiento, hojas de datos de los componentes de los mecanismos, instructivos para el mantenimiento de los diferentes sistemas, instructivos para la consignación y revisión de los equipos y sistemas, formato para registro de los resultados de las diferentes pruebas realizadas durante los trabajos de mantenimiento, entre otros.

Toda esta documentación forma parte de repositorio digital que la empresa, algunos documentos también se poseen en formato impreso (planos principalmente), los mismos que por el uso con el tiempo se van deteriorando gradualmente. Por otra parte, para el acceso al repositorio digital es necesario el uso de un computador mismo que no todo el personal lo posee.

Adicionalmente, es necesario contar de forma rápida con la información relevante de cada

uno de los sistemas junto con sus componentes principales, tal información puede ser: función de cada componente dentro del sistema, puntos de medición y calibración durante las pruebas de funcionamiento, entre otros.

Por tal razón se hace necesario contar con una aplicación para dispositivos móviles que se encuentre disponible para todo el personal de operación y mantenimiento que labora en la central en donde se pueda obtener de manera ágil y fácil cualquier información necesaria para realizar las actividades de mantenimiento preventiva de forma adecuada.

### **Objetivo general.**

Desarrollar un sistema de realidad aumentada para el mantenimiento preventivo del sistema de generación de la central hidroeléctrica Sopladora.

### **Objetivos específicos.**

- Definir la plataforma adecuada de acuerdo al ámbito de aplicación para el desarrollo del sistema de realidad aumentada.
- Desarrollar un sistema prototipo de realidad aumentada en el software EcoStruxure Augmented Operator Advisor.
- Validar el sistema de realidad aumentada dentro de la Central de generación hidroeléctrica Sopladora.

### **Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos**

Contar con una aplicación de realidad aumentada para dispositivos móviles representa un aporte tecnológico para el personal de operación dentro de la consignación del sistema regulador de velocidad previo a la realización de los trabajos de mantenimiento y también en la etapa de normalización del sistema una vez haya finalizado el mantenimiento; mientras que para el personal de mantenimiento durante la ejecución de las actividades propias del mantenimiento del sistema al contar con la información necesaria siempre a la mano.

De la misma manera, la aplicación podrá ser usada como herramienta para el entrenamiento y capacitación del nuevo personal de la planta en el mantenimiento preventivo del sistema regulador de velocidad de la central hidroeléctrica Sopladora.

Así como también, se estará colaborando con el medioambiente, reduciendo la cantidad de documentos impresos dentro de las áreas de operación y mantenimiento de la central Sopladora utilizados para la ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo del sistema regulador de velocidad.

## CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

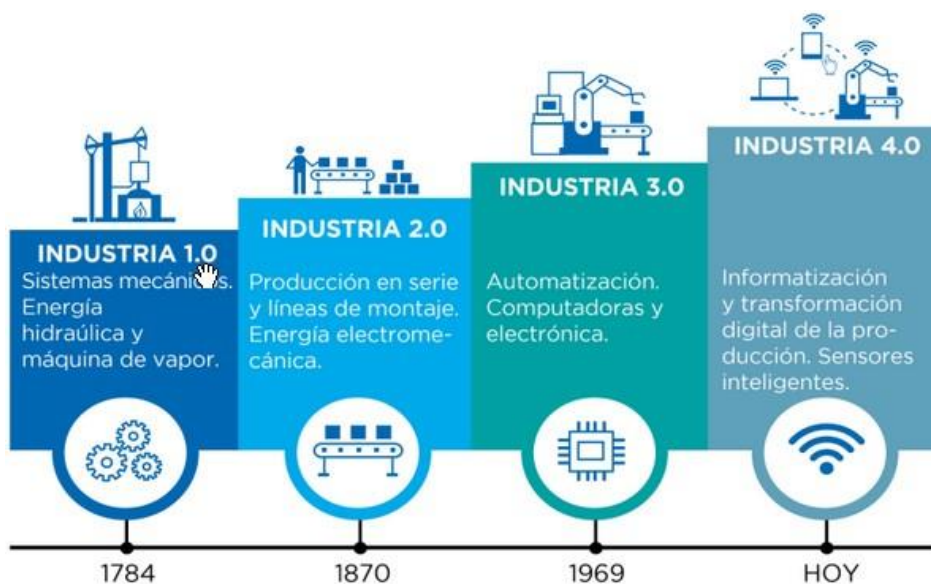
### Contextualización general del estado del arte.

De acuerdo con Pérez (2021) el mantenimiento industrial, abarca cada una de las actividades realizadas con el objetivo de conservar en óptimas condiciones los equipos de una instalación, garantizando el funcionamiento de esta.

Según Del Val Román (s.f.) el proceso de revolución industrial, implica cambios en las condiciones de la tecnología aplicada en los procesos productivos. La primera revolución industrial tuvo sus inicios a finales de los años 70 e inicios de los 80 y está identificada por el uso del vapor como fuente de energía. La segunda revolución industrial surgió 100 años después impulsada por la generación de energía eléctrica y la producción en serie. La tercera revolución industrial tuvo sus inicios en los años 70 y está marcada por la automatización de los procesos industriales por medio de los avances de los sistemas electrónicos. Y finalmente la cuarta revolución industrial presente en la actualidad está asociada a la digitalización de la producción, se producen gran cantidad de datos mismos que son procesados para posteriormente ser analizados con el fin de mejorar el ciclo de producción.

### Figura 2

*Proceso de Revolución industrial.*



Nota: Fuente:(Basco y col., 2018)

Para Basco y col. (2018) la Industria 4.0 comprende la digitalización de los procesos de control industriales, se encuentra impulsada por la gran cantidad de datos obtenidos por los dispositivos de campo, innovación en los sistemas electrónicos y sistemas de comunicaciones con mayor robustez y seguridad.

### Figura 3

*Pilares de la Industria 4.0.*



Nota: Fuente:(Basco y col., 2018)

En el año 2019 en la Universidad Politécnica de Valencia, Diego Coloma Bravo presenta el trabajo final de grado en Ingeniería Informática titulado Aplicación de asistencia basada en realidad aumentada para la industria. Dicho trabajo tiene como finalidad desarrollar una aplicación mediante realidad aumentada que ayude en la reparación o instalación de maquinaria en la industria. De esta manera con la ayuda de un dispositivo móvil que cuente con una cámara y una pantalla donde mostrar las indicaciones que irán mostrándose sucesivamente una vez que se finalice la actual tarea. Para el desarrollo de la aplicación se utilizó Unity como herramienta de programación y Vuforia para el reconocimiento de las imágenes, marcadores y demás objetos captados por la cámara del dispositivo. La aplicación permite implementar casos de asistencia simples donde no sea necesario un programador experto en la plataforma, ya que no es necesario la inclusión de código durante la programación de la misma. También permite el desarrollo de aplicaciones con mayor complejidad y que sean creadas por un experto en la plataforma. Como resultado se obtuvo una

aplicación de asistencia para la industria que ofrece asistencia desatendida a los usuarios de esta, mostrando los pasos a seguir para la ejecución de determinadas tareas e información adicional sobre dicha tarea (Coloma, 2019).

En el año 2020 en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Yamir Gersson Flórez Farfán presenta la tesis para obtener el grado en Maestro en Ciencias: Ingeniería Electrónica con mención en Automatización e Instrumentación. La tesis tiene con fin de presentar el diseño de una aplicación piloto de realidad aumentada para el apoyo del mantenimiento instrumental de una planta de aglomeración de cobre. Esta aplicación permite el acceso en tiempo real a la información necesaria para diagnosticar rápidamente una falla o avería en los equipos e instrumentos de la planta y así dar solución en el menor tiempo posible, reduciendo de esta manera los el tiempo de paradas no programadas. La aplicación fue diseñada en el software EcoStruxure Augmented Operator Advisor de la marca Schneider y utilizando Node RED como plataforma para la integración de los datos del PLC de la marca Allen Bradley. Como resultado de este trabajo se obtuvo la integración de los datos del PLC con la aplicación a través de Node RED, de la misma manera una aplicación capaz de presentar al personal de mantenimiento en tiempo real y en el sitio la información de los equipos e instrumentos de la planta (Flórez, 2020).

En el año 2021 en la Universidad Militar Nueva Granada, Germán David Cortés Hernández presenta el trabajo final de grado en Ingeniería en Mecatrónica titulado Asistente de mantenimiento de maquinaria industrial con realidad aumentada. El trabajo tiene como objetivo asistir al personal encargado ejecutar los trabajos de mantenimiento de motores trifásico mediante aplicativos que registren los elementos de protección y herramientas necesarias y además presente información útil para realizar el correcto mantenimiento de la máquina. La aplicación fue desarrollada en Unity 3D junto con Vuforia. El resultado de dicho trabajo fue un aplicativo capaz de facilitar las tareas a realizar durante el mantenimiento de motores trifásico, con el propósito de disminuir la tasa de accidentalidad laboral durante la ejecución del mantenimiento de los motores trifásico (Cortés, 2021).

Como se ha podido observar en los trabajos de titulación antes mencionados, se está utilizando la realidad aumentada como ayuda o complemento para la ejecución de determinadas tareas en las diferentes áreas de estudio. Tomando como referencia los resultados obtenidos en estas investigaciones, se puede determinar que el uso de la realidad aumentada dentro de las industrias representa una gran ventaja al contar con la información necesaria para realizar las tareas asignadas de manera ágil.

**Proceso investigativo metodológico.**

La investigación que se llevará a cabo será de tipo cuantitativa, el proceso de investigación será de tipo secuencial partiendo desde la definición de los puntos de interés del sistema regulador de velocidad juntamente con la información que estará presente en cada punto, captura de imágenes del tablero de control, desarrollo de la aplicación hasta la puesta en marcha de la misma. Cada una de las etapas del proceso de desarrollo de la aplicación precederá a la siguiente.

Para la definición de los puntos de interés se celebrará una reunión con personal del área de mantenimiento electrónico que es la responsable de realizar el mantenimiento del sistema, a fin de definir la información relevante que deberá estar presente en la aplicación de realidad aumentada. Dicha información será recopilada desde el repositorio digital de la que posee la empresa, mismo que cuenta con los manuales, planos e instructivos del sistema. Los manuales de los componentes individuales se obtendrán desde la página web del fabricante de cada uno de los componentes necesarios.

Durante la puesta en marcha se realizarán pruebas de funcionamiento en cada uno de los tableros de control del sistema regulador de velocidad con el fin de comprobar que se realice el correcto reconocimiento de cada una de las escenas del proyecto. Dichas pruebas serán realizadas con diferentes dispositivos móviles (celulares y tablets) con el fin de verificar el funcionamiento de la aplicación en dispositivos con diferentes tamaños de pantalla y diferentes cámaras.

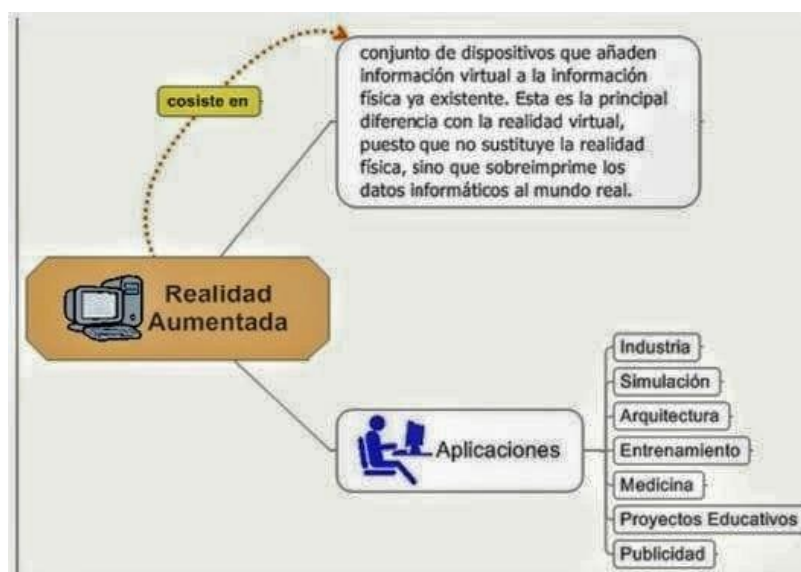
## CAPÍTULO II: PROPUESTA

### Fundamentos teóricos aplicativos.

Navarro y col. (2018) definen la realidad aumentada como la combinación visual de elementos reales y virtuales que interaccionan entre ellos, de este modo por medio de la cámara de un dispositivo móvil vemos el entorno real y sobre este se muestran elementos incluyan información adicional relacionada con el entorno real.

#### Figura 4

Concepto de Realidad Aumentada.



Nota: Fuente:(Ballesteros & Bernal, 2017)

De acuerdo con Atria Innovation (2020) existen múltiples dispositivos que permiten visualizar la información virtual sobre los objetos del mundo real, a continuación se mencionan los mismos:

- Dispositivos portátiles de pantalla: pueden ser celulares, tablets, o cualquier dispositivo que cuente con una cámara, de esta manera se hace posible el uso de reconocimiento por visión artificial. Se hace necesario estar presente en el sitio donde se aplicará la realidad aumentada para hacer uso de la cámara del dispositivo.
- Gafas inteligentes: dispositivos más sofisticados que permiten la visualización de la información de una manera más confortable.
- Proyectores industriales: un proyector puede ser usado cuando el personal requiera visuali-



zar determinada información de una área específica sin estar haciendo uso del dispositivo en todo momento.

### Figura 5

*Dispositivos empleados en realidad aumentada.*



Nota: Fuente: (Atria Innovation, 2020)

La realidad aumentada busca facilitar las tareas de mantenimiento, en combinación con otras tecnologías como la visión artificial se hace factible obtener determinada información referente a ciertos objetos, como por ejemplo: características del mismo, parámetros, entre otros (Atria Innovation, 2020). A continuación se describen las principales aplicaciones de la realidad aumentada dentro del mantenimiento industrial:

- Visualización de etiquetas de componentes: con ayuda de la visión artificial se puede realizar identificar los componentes de un equipo, facilitando al personal de la planta de reconocimiento de cada elemento.

### Figura 6

*Visualización de etiquetas de componente.*



**Visualización del etiquetado de elementos en máquinas**

Nota: Fuente: (Atria Innovation, 2020)

- Simulación de componentes de los equipos durante el mantenimiento: la realidad aumentada hace posible simular el funcionamiento y engranaje de los diferentes componentes de un sistema, asegurando de esta manera el funcionamiento de los equipos luego de los trabajos de mantenimiento.

### Figura 7

*Simulación de componentes de equipos durante el mantenimiento.*



Nota: Fuente: (Atria Innovation, 2020)

- Localizar fallas a distancia: se hace uso de visión artificial para determinar la falla y por medio de realidad aumentada se visualiza la misma en el equipo. Es de gran utilidad en instalaciones de alto riesgo, de esta manera se evita riesgos para el personal de la planta.

### Figura 8

*Localización de fallas.*



Nota: Fuente: (Atria Innovation, 2020)

- Información en tiempo real: es posible visualizar instrucciones, documentación, estado de

variable y equipos, alarmas de forma directa.

### Figura 9

*Visualización de información en tiempo real.*



Información en **Tiempo Real**:  
instrucciones, documentación,  
estado, fechas y alarmas

Nota: Fuente: (Atria Innovation, 2020)

- Acceso y control del equipamiento de la planta: se puede conectar el sistema de realidad aumentada con el sistema de control de la planta con la finalidad de poder actuar sobre los distintos equipos.

### Figura 10

*Acceso y control del equipamiento de la planta.*



**Acceso y control** a los equipos y  
elementos de la planta

Nota: Fuente: (Atria Innovation, 2020)

- Teleasistencia y guía en remoto: es una de las aplicaciones con mayor uso en la actualidad, permite guiar al personal de forma remota durante los trabajos de mantenimiento.

**Figura 11**

*Teleasistencia y guía en remoto. Fuente:*



Nota: Fuente: (Atria Innovation, 2020)

- Formación de personal: con ayuda de un sistema de realidad aumentada se puede instruir al nuevo personal en el funcionamiento del equipamiento de la planta.

**Figura 12**

*Localización de fallas.*



Nota: Fuente: (Atria Innovation, 2020)

En la actualidad existen varias herramientas que se pueden usar para crear aplicaciones de realidad aumentada, a continuación se van a nombrar algunas de ellas con sus principales características:

- Vuforia: es un kit completo para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada aplicada a diferentes sectores, permite: la detección de un número variado de etiquetas (objetos, imágenes y texto), rastreo de objetos, reconocimiento en dos y tres dimensiones, botones virtuales. Tiene como ven-

taja el soporte de dispositivos de realidad virtual y una de sus desventajas es que se requiere experiencia en programación para el desarrollo de aplicaciones (Estudio Alfa, 2017).

- ARtoolkit: es un kit de herramientas para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada, su mayor ventaja es tener el código fuente abierto, lo que posibilita el libre acceso a la biblioteca. Tiene como desventaja la documentación limitada y adicionalmente requiere conocimientos en el lenguaje de programación C/C++ para su uso (Estudio Alfa, 2017).

- Kudan AR: es un kit de desarrollo para aplicaciones de realidad aumentada, trabaja en conjunto con Unity. Permite el reconocimiento de imágenes, mapeo de elementos adicionales basándose en las imágenes reconocidas. La principal desventaja es la corta documentación existente (Estudio Alfa, 2017).

- EcoStruxure Augmented Operator Advisor: utilizada para mejorar el funcionamiento y el mantenimiento de los equipos y sistemas dentro de las plantas industriales. Trabaja por medio de la comparación de imágenes adquiridas por medio de la cámara de un dispositivo móvil con las fotografías almacenadas del sistema o equipo en estudio; cuando se logra una coincidencia, los marcadores de los puntos de interés se superponen en la imagen visible en el dispositivo móvil. El personal de la planta debe pulsar sobre el punto de interés para visualizar la información asociada a cada punto, dicha información puede ser muy variada, pudiendo ser: variables del proceso, valores obtenidos desde una base de datos SQL, documentación asociada al sistema en observación (manuales, planos, instructivos, entre otros), páginas web, material audiovisual (videos y audio) y procedimientos, (Schneider Electric, 2020).

Tomando en consideración las características de cada uno de las herramientas mencionadas anteriormente, se ha optado por EcoStruxure Augmented Operator Advisor, ya que dicha herramienta está centrada en la elaboración de aplicaciones de realidad aumentada para procesos industriales. Es por ello que se debe tener claro los siguientes objetos que se usarán para el desarrollo de la aplicación (Schneider Electric, 2021):

- Proyecto: contenedor de la información de la aplicación (áreas, escenas, subescenas y procedimientos).

- Área: determinada zona o emplazamiento (líneas de producción, sala de planta, zonas de almacenamiento, talleres, laboratorios, entre otros) de la planta que se desean supervisar por medio de realidad aumentada.

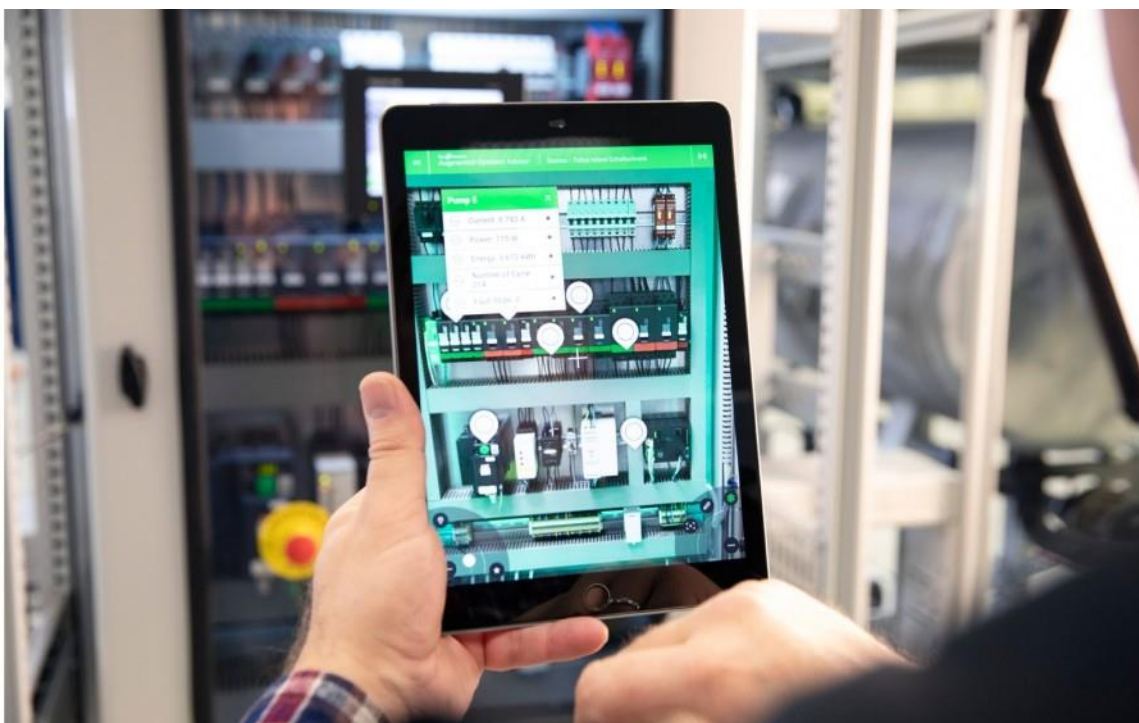
- Escena: dispositivos que se desean supervisar por medio de la aplicación (equipos, sistemas,

tableros de control, líneas de producción, entre otros).

- Subescena: parte de una escena (normalmente una vista en primer plano de una área concreta de una escena). Puede contener sus propios puntos de interés.
- Procedimiento: conjunto de instrucciones y su orden de ejecución que el personal debe realizar.
- Punto de interés: posición de una escena para la cual existe información disponible, puede estar situado en cualquier posición de la escena.

### Figura 13

*Ejemplo de aplicación de EcoStruxure Augmented Operator Advisor.*



Nota: Fuente: (Interempresas Media, 2020)

### Descripción de la propuesta.

La inclusión de nuevas tecnologías como la Realidad Aumentada como apoyo para la realización de las actividades correspondientes a los trabajos de mantenimiento preventivo dentro de la Central Hidroeléctrica Sopladora proporcionará el acceso a la información necesaria y en momento oportuno para el correcto desarrollo de estas por parte del personal de mantenimiento de la planta.

Debido a que el sistema diseñado es un prototipo, el presente trabajo tiene como alcance



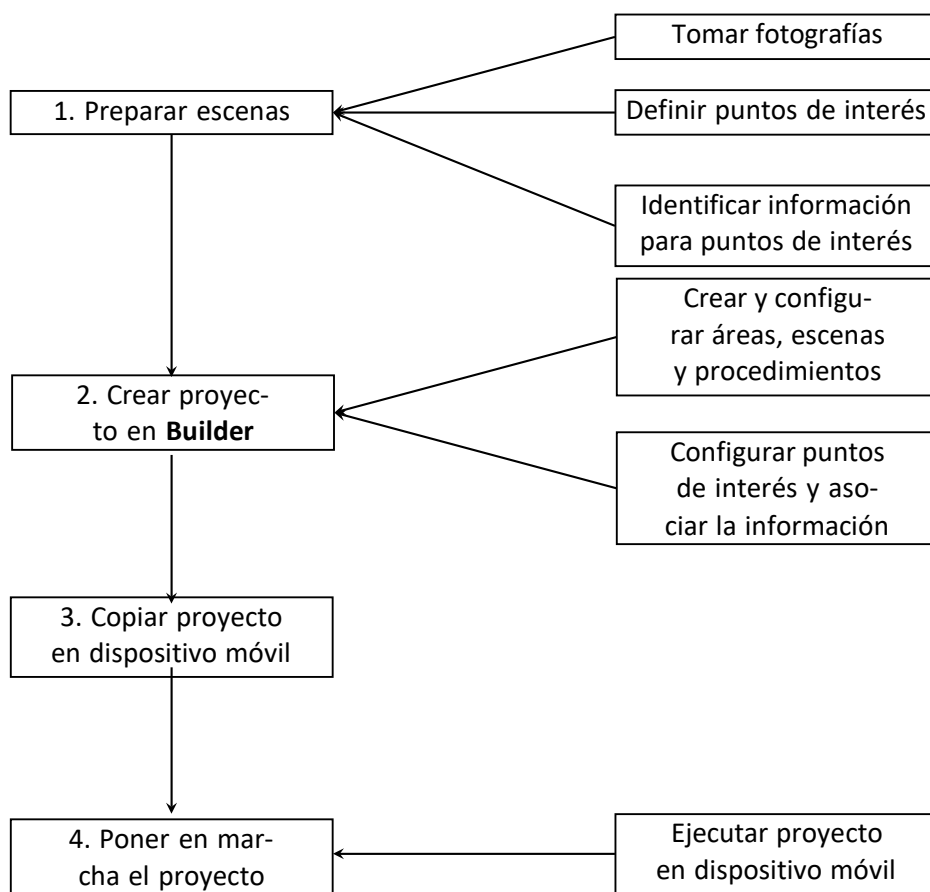
únicamente el sistema de control de regulación de velocidad de las de las unidades de generación de la central hidroeléctrica Sopladora.

### Estructura general.

En la siguiente figura se muestra el proceso a seguir para el desarrollo del sistema de realidad aumentada:

**Figura 14**

*Desarrollo de sistema de realidad aumentada.*



Nota: Fuente: (Schneider Electric, 2021)

**Preparar escenas.** De acuerdo con el alcance de la aplicación y el equipamiento instalado en la planta, se han definido utilizar las siguientes escenas:

- Tablero de control cerrado: se capturó una imagen del tablero de control con la puerta cerrada.

- Tablero de control abierto: de la misma manera se capturó una imagen de plano general del tablero de control con su puerta abierta, así también, imágenes en primer plano de los bornes de conexión de las señales de voltaje y corriente que ingresan al tablero de control.

**Definir puntos de interés.** Se han definido los siguientes puntos de interés:

- Escena TABLERO CTRL CERRADO: (a) HMI, (b) documentación del sistema.
- Escena TABLERO CTRL ABIERTO: (a) duplicador de señales, (b) PLC, (c) sistema de alimentación, (d) transductor de potencia, (e) instructivos, (f) bornes de conexión de TCs y TPs.

**Identificar información para puntos de interés.** Se estableció usar la información a continuación detallada en cada punto de interés.

**Tabla 1**

*Definición de puntos de interés con la información asociada a escena: TABLERO CTRL CERRADO*

Punto de interés	Información asociada
HMI	Manual
	Imagen
	Instructivo cargar programa
	Instructivo ajuste posición SVM
	Imagen
Documentación del Sistema	Manual
	Planos del sistema de control

**Tabla 2**

*Definición de puntos de interés con información asociada a escena: TABLERO CTRL ABIERTO*

Punto de interés	Información asociada
Duplicador de señales	Manual
	Imagen
PLC	Manual
	Imagen
	Planos del sistema de control
Alimentación del sistema	Manual fuente de tensión
	Manual balanceador de carga
	Imagen fuente de tensión
	Imagen módulo balanceador de carga
Transductor de potencia	Manual
	Imagen
	Instructivo para prueba de transductor de potencia
Instructivos	Prueba de alarmas
	Prueba de estatismo
	Medición transductores de posición de SVM



**Crear proyecto en Builder.** En la siguiente imagen se muestra los detalles ingresados durante la creación el proyecto:

**Figura 15**  
Creación de proyecto en EcoStruxure Augmented Operator Advisor.

**Crear proyecto**

**Nombre de proyecto**  
Reg Vel SPL

**Descripción del proyecto**  
Regulador de Velocidad Central Sopladora

**Idiomas admitidos**

Inglés - Estados Unidos

Español - España **Idioma de referencia**

Francés - Francia

Alemán - Alemania

Italiano - Italia

Chino simplificado

Japonés - Japón

Coreano - Corea

No se puede cambiar el idioma de referencia después de crear el proyecto

Cancelar **Crear**

Nota: Fuente: Autor.

**Crear y configurar áreas, escenas y procedimientos.** El proyecto cuenta únicamente con una área de estudio que corresponde al tablero de control del sistema regulador de velocidad:

**Figura 16**  
Definición de áreas de trabajo.

**ESCAPAS**

Etiqueta	Tipo	Número de etiqueta	Imágenes	
Tablero CTRL	Reconocimiento de imagen	2022_08_16_12_01_p_m_Office_Lens_110.jpg	IMG_20220816_085258.jpg	<input type="checkbox"/>
Tablero CTRL Cerrado	Reconocimiento de imagen	2022_08_16_12_01_p_m_Office_Lens_111.jpg		<input type="checkbox"/>
Bomeras TC&TPs	Fijo		Bomeras.png	<input type="checkbox"/>

Buscar:

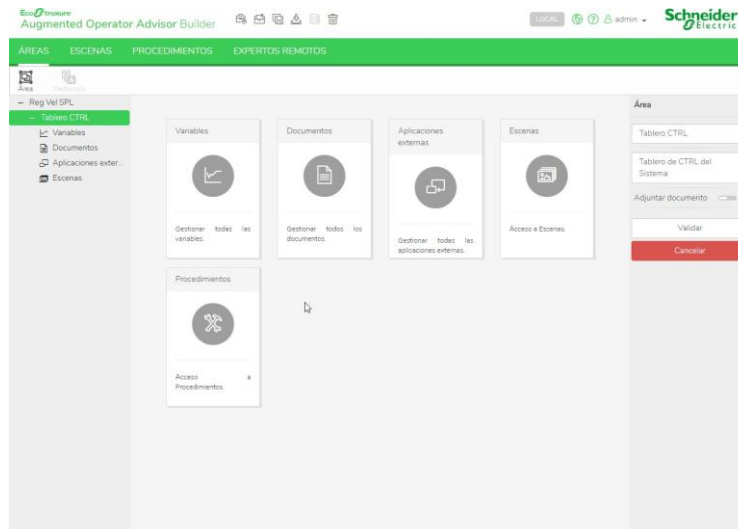
**Notas**  
Puede iniciar la configuración de proyecto AR.  
Primer configure y cree un proyecto. A continuación, podrá crear un área.

Nota: Fuente: Autor.

Así también se definieron dos escenas: Tablero CTRL ABIERTO y Tablero CTRL CERRADA y para la visualización a detalle de los bornes de conexión de TCs y TPs se creó una subescena denominada BORNERAS TCsTPs, como se puede observar en la siguiente imagen:

**Figura 17**

*Definición de escenas dentro del área de trabajo.*

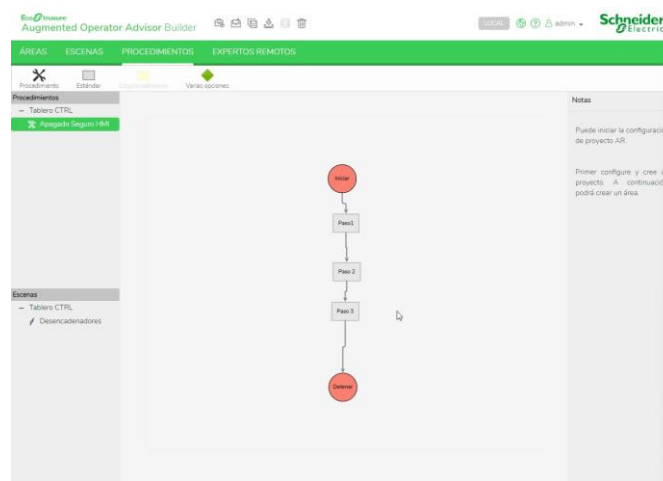


Nota: Fuente: Autor.

Se elaboró el procedimiento para el apagado seguro del HMI del tablero de control:

**Figura 18**

*Programación de procedimiento para apagado seguro de HMI.*

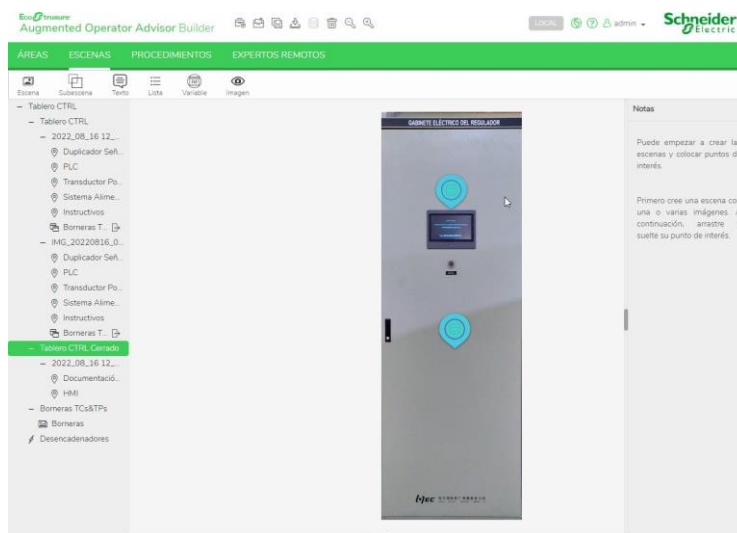


Nota: Fuente: Autor.

**Configurar puntos de interés y asociar información.** Se incluyeron los puntos de interés de acuerdo a lo definido anteriormente en la tabla 1 y tabla 2. De la misma manera, se asoció la información a cada punto de interés.

**Figura 19**

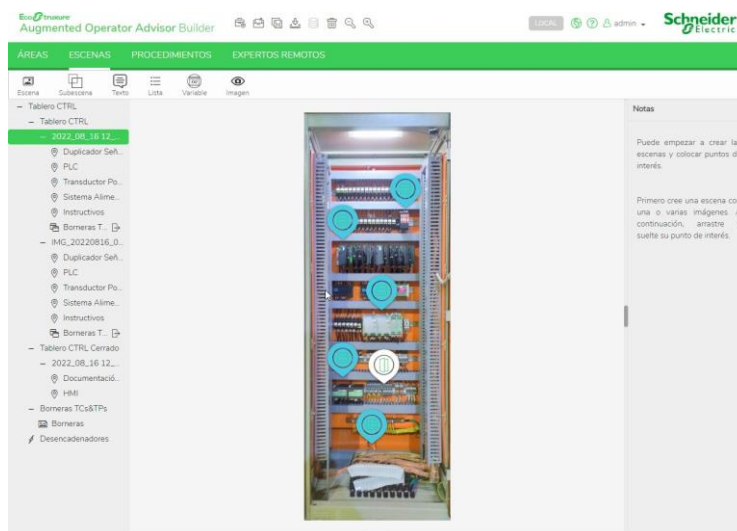
*Puntos de interés: escena TABLERO CTRL CERRADO.*



Nota: Fuente: Autor.

**Figura 20**

*Puntos de interés: escena TABLERO CTRL ABIERTO.*

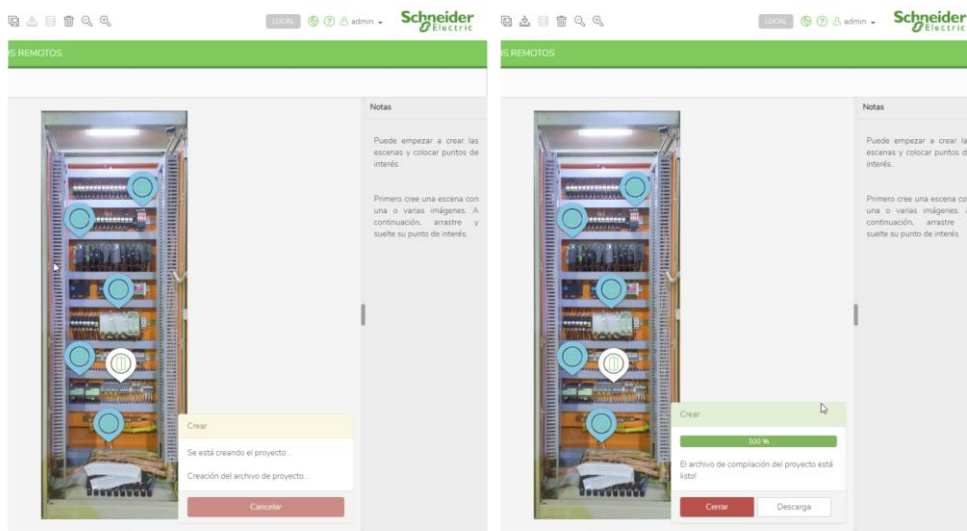


Nota: Fuente: Autor.

**Copiar proyecto en dispositivo móvil.** Compilar y descargar el proyecto desde el Builder.

**Figura 21**

*Compilación y descarga de proyecto.*



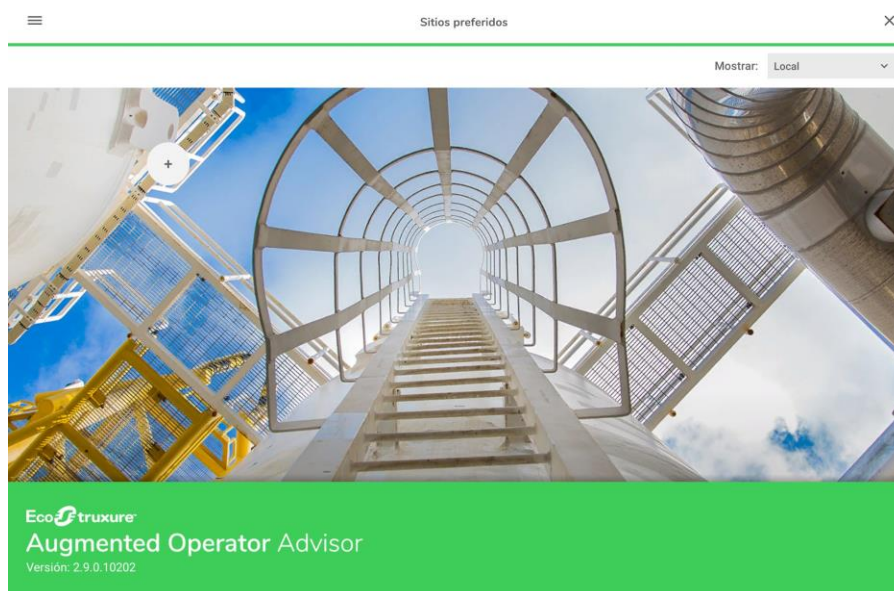
Nota: Fuente: Autor.

**Poner en marcha el proyecto.** Instalar aplicación EcoStruxure Augmented Operator Advisor

- App en el dispositivo móvil. Copiar el proyecto descargado en la dirección predeterminada de la aplicación e iniciar la misma.

**Figura 22**

*Pantalla de inicio de App EcoStruxure Augmented Operator Advisor.*



Nota: Fuente: Autor.

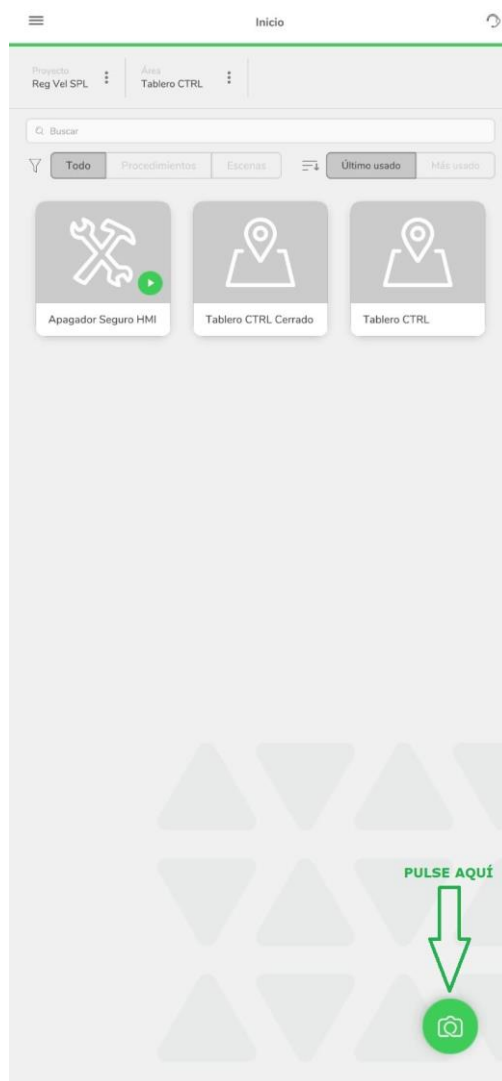
### **Explicación del aporte.**

Para hacer uso de la aplicación de realidad aumentada se deben seguir las siguientes instrucciones:

- Pulsar sobre el ícono de la aplicación en el dispositivo móvil.
- Una vez se haya iniciado la aplicación, acceder al proyecto copiado localmente en el dispositivo.
- Cuando se haya accedido al proyecto, pulsar en el ícono de la cámara ubicado en la parte inferior derecha de la aplicación, como se muestra en la siguiente imagen para iniciar el reconocimiento de las escenas.

**Figura 23**

*Iniciar reconocimiento de escenas.*



Nota: Fuente: Autor.

- A continuación ubicarse al frente del tablero de control con la puerta abierta o cerrada dependiendo de la información a la que se desee acceder. Con la cámara visualizar el tablero de control hasta que se reconozca la escena y se muestren los marcadores de cada uno de los puntos de interés.
- Luego, acceder a la información requerida por el personal, misma que se encuentra en cada uno de los marcadores de los puntos de interés.

### Estrategias y/o técnicas.

Se optó por emplear el software EcoStruxure Augmented Operator Advisor, ya que está orientada a ambientes industriales, de fácil uso y su aplicación se encuentra disponible para dispositivos móviles con diferentes sistemas operativos como: Android, iOS y Windows.

Por otra parte, dicho software permite que las aplicaciones desarrolladas puedan funcionar directamente en el dispositivo móvil sin la necesidad que este se encuentre conectado a un servidor de la empresa o un servidor en la nube. Es decir, la aplicación puede funcionar en cualquier zona o ubicación de la planta sin necesidad de conexión a la red.

### Validación de la propuesta.

Para la elección de especialistas se ha considerado un perfil acorde a los siguientes criterios: formación académica relacionada con el tema investigativo, experiencia académica y/o laboral orientada a la gestión administrativa y motivación para participar. La siguiente tabla presenta información detallada de los actores seleccionados para la validación del modelo.

**Tabla 3**

*Descripción de perfil de validadores*

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación	Cargo
Oswaldo Alejandro Zhañay Soliz	20	Magíster en Administración de Empresas	Supervisor de Mantenimiento Electrónico
Roberto Carlos Guerrero Ochoa	8	Magíster en Gestión de Proyectos	Supervisor de Mantenimiento Electrónico
Jenny Patricia Zhungo Ordoñez	8	Magíster en Administración de Empresas	Supervisor de Mantenimiento

Los objetivos perseguidos mediante la validación son los siguientes:

- Validar la metodología de trabajo aplicada en el desarrollo de la investigación.
- Aprobar los resultados, conclusiones y recomendaciones obtenidas.
- Redefinir (si es necesario) el enfoque de los elementos desarrollados en la propuesta, considerando la experiencia de los especialistas.
- Constatar las posibilidades potenciales de aplicación del modelo de gestión propuesto.

**Tabla 4**  
*Criterios de evaluación*

Criterios	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y articulada.
Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.
Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.

**Tabla 5**  
*Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Wilmer Fabián Albarracín Guarochico MBA*

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Des-acuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Des-acuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					
Aplicabilidad					
Conceptualización					
Actualidad					
Calidad Técnica					
Factibilidad					
Pertinencia					

**Tabla 6**  
*Evaluación Magíster Oswaldo Alejandro Zhañay Soliz*

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Des-acuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Des-acuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					✓
Aplicabilidad					✓
Conceptualización					✓
Actualidad					✓
Calidad Técnica					✓
Factibilidad					✓
Pertinencia					✓



Tabla 7

Evaluación Magíster Roberto Carlos Guerrero Ochoa

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Des-acuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Des-acuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto				✓	
Aplicabilidad					✓
Conceptualización					✓
Actualidad					✓
Calidad Técnica				✓	
Factibilidad					✓
Pertinencia					✓

Tabla 8

Evaluación Magíster Jenny Patricia Zhungo Ordoñez

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Des-acuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Des-acuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto				✓	
Aplicabilidad					✓
Conceptualización					✓
Actualidad					✓
Calidad Técnica				✓	
Factibilidad					✓
Pertinencia				✓	

## Matriz de articulación de la propuesta.

En la presente matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

**Tabla 9**  
*Matriz de articulación*

Ejes o partes principales del proyecto		Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon.
1	Definición de plataforma adecuada para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada.	1.1 Comparativa de plataformas de desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada. 1.2 Definición de aplicación con base en funcionalidades y beneficios.	Realidad aumentada	Revisión bibliográfica. Revisión de páginas web de plataformas para desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada.
2	Definición de escenas, puntos de interés e información asociada a los mismos	2.1 Definición de escenas. 2.2 Tabla de definición de puntos de interés de escenas: TABLERO CTRL CERRADO. 2.3 Tabla de definición de puntos de interés de escenas: TABLERO CTRL ABIERTO. 2.4 Tabla de definición de información asociada a puntos de interés.	Mantenimiento preventivo	Reuniones con personal de planta. Recolección de información de interés.
3	Desarrollo y pruebas de funcionamiento de aplicación	3.1 Programación de escenas y puntos de interés. 3.2 Programación de procedimientos. 3.3 Asociación de información a cada punto de interés. 3.4 Compilación y descarga de aplicación.	Realidad aumentada	Revisión de manual de la plataforma de programación. Pruebas de funcionamiento en sitio.

### Análisis de resultados. Presentación y discusión.

Las pruebas de funcionamiento fueron realizadas con diferentes dispositivos móviles obteniendo los siguientes resultados satisfactorios:

La siguiente figura muestra el reconocimiento de la escena TABLERO CTRL CERRADO:

#### Figura 24

*Reconocimiento de escena TABLERO CTRL CERRADO.*



Nota: Fuente: Autor.

A continuación se realizó el reconocimiento de la escena TABLERO CTRL ABIERTO, como se muestra a continuación:

**Figura 25**

*Reconocimiento de escena TABLERO CTRL ABIERTO.*



Nota: Fuente: Autor.

La siguiente figura presenta la información contenida en cada uno de los puntos de interés de la escena TABLERO CTRL CERRADO:

**Figura 26**

*Acceso a información de escena TABLERO CTRL CERRADO.*

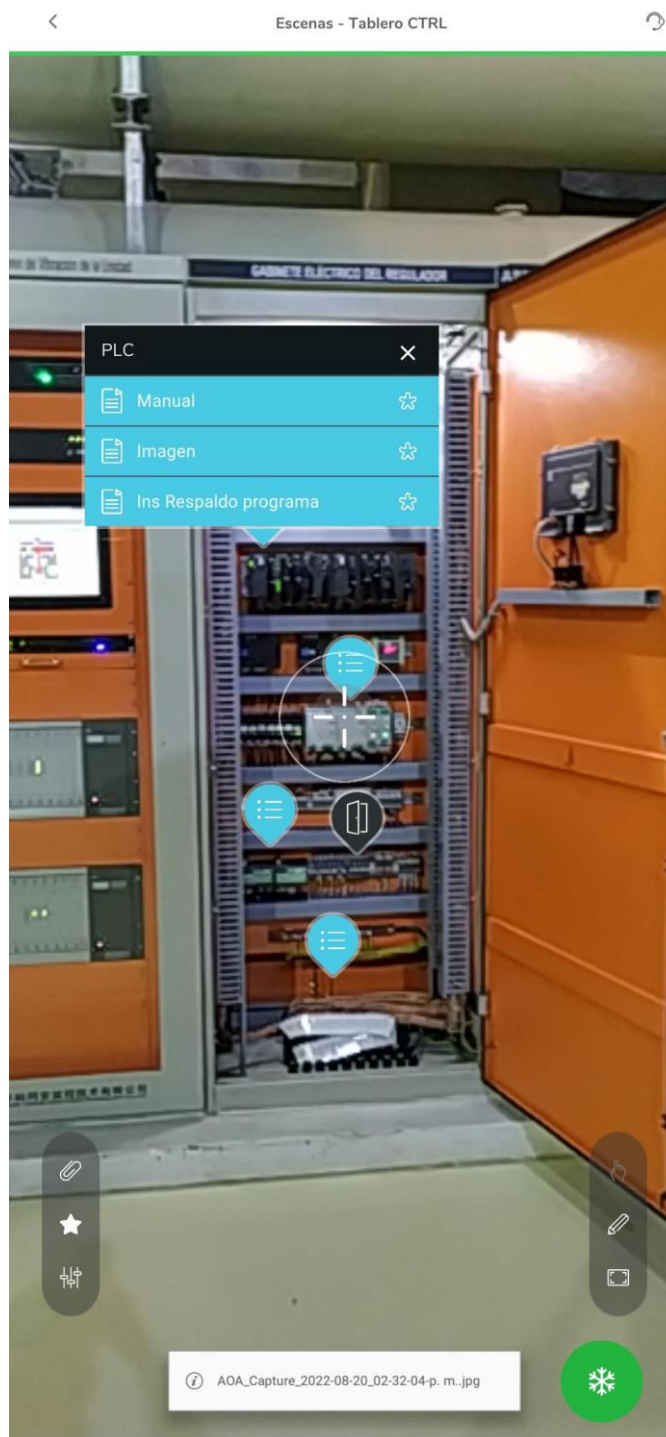


Nota: Fuente: Autor.

A continuación, se observa la información adjunta al punto de interés PLC:

**Figura 27**

*Acceso a información de PLC.*

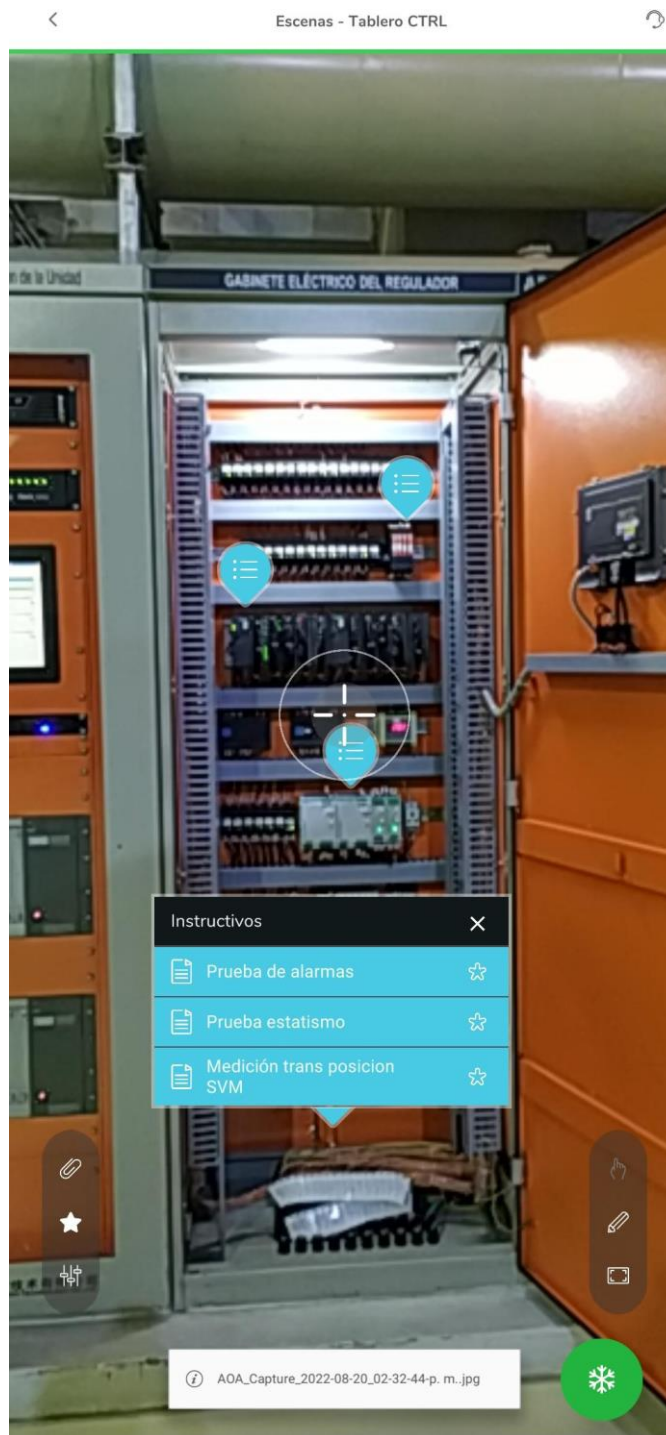


Nota: Fuente: Autor.

Posteriormente, se accedió a los instructivos de mantenimiento del sistema:

**Figura 28**

*Acceso a instructivos de mantenimiento del sistema.*



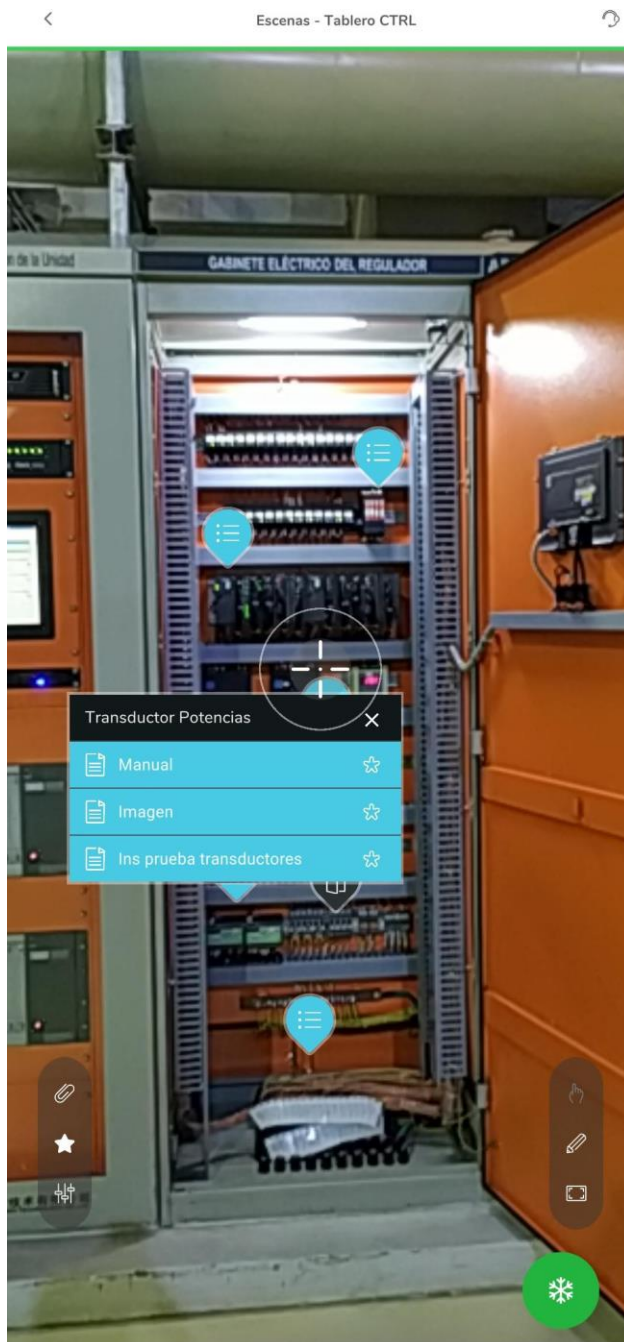
Nota: Fuente: Autor.



La imagen a continuación muestra la información del punto de interés transductor de potencia:

**Figura 29**

*Acceso a información de transductor de potencia.*



Nota: Fuente: Autor.



## CONCLUSIONES

La realidad aumentada puede ser aplicada con diferentes propósitos dentro del mantenimiento industrial, entre los que tenemos la identificación de los componentes y la visualización de la información relevante del equipamiento instalado en la planta. Existen varias plataformas dedicadas al desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada, de estas EcoStruxure Augmented Operator Advisor está dedicada a la industria, permitiendo el desarrollo de aplicaciones de manera sencilla y la puesta en marcha de las mismas sin la necesidad de una conexión a la red del dispositivo móvil.

Se logró desarrollar el sistema prototipo de realidad aumentada con el software EcoStruxure Augmented Operator Advisor para aplicación dentro del mantenimiento preventivo del sistema regulador de velocidad de la central Sopladora.

Se realizaron las pruebas de funcionamiento del sistema de realidad aumentada en cada uno de los tableros de control del sistema regulador de velocidad de la central Sopladora. De la misma manera, se probó la aplicación en varios dispositivos móviles (celulares y tablet) con diferentes sistemas operativos (Android y Windows).

## RECOMENDACIONES

Para la implementación de nuevas áreas agregar varias imágenes de las escenas tomadas desde puntos diferentes con la finalidad de mejorar el reconocimiento de la escena, o definir para que sea reconocida mediante un código QR en las zonas donde no exista la iluminación suficiente y sea complicado realizar la captura de las imágenes del equipamiento de la planta.

En la próxima actualización de la aplicación o en la implementación final incluir la opción de poder realizar asistencia remota con el propósito de poder solventar averías o fallas, con el apoyo de personal que no se encuentre en la planta.

## BIBLIOGRAFÍA

- Atria Innovation. (2020). La Realidad Aumentada y su uso en mantenimiento. <https://www.atriainnovation.com/la-realidad-aumentada-y-su-uso-en-mantenimiento/>
- Ballesteros, J. A. & Bernal, L. (2017). Metodología para la construcción de Objetos Virtuales de Aprendizaje, apoyada en Realidad Aumentada.
- Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D. & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: fabricando el futuro* (Vol. 647). Inter-American Development Bank.
- CELEC EP. (s.f.). PAUTE - SOPLADORA, LA TERCERA HIDROELÉCTRICA MAS GRANDE DEL PAIS, ENTRA EN OPERACIÓN. <https://www.celec.gob.ec/gensur/index.php/78-paute-sopladora-la-tercera-hidroelectrica-mas-grande-del-pais-entra-en-operacion>
- Chapman, S. J. (2012). *Máquinas eléctricas* (Vol. 5). McGraw-Hil.
- Coloma, D. (2019). *Aplicación de asistencia basada en realidad aumentada para la industria*. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/139692>
- Cortés, G. D. (2021). *Asistente de mantenimiento de maquinaria industrial con realidad aumentada*. Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/39265>
- Del Val Román, J. L. (s.f.). Industria 4.0: la transformación digital de la industria.
- Estudio Alfa. (2017). Top 5 Herramientas para Crear Apps de Realidad Aumentada. <https://estudioalfa.com/top-herramientas-crear-apps-realidad-aumentada>
- Flórez, Y. G. (2020). *Asistente de mantenimiento de maquinaria industrial con realidad aumentada*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/13702>
- Interempresas Media. (2020). Schneider Electric lanza EcoStruxure Augmented Operator Advisor. <https://www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/299153-Schneider-Electric-lanza-EcoStruxure-Augmented-Operator-Advisor.html>
- Leal, A. I. (2019). *Realidad aumentada*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3469066>
- Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). Central Hidroeléctrica Sopladora. <https://www.rekursyenergia.gob.ec/central-hidroelectrica-sopladora>
- Mora, J. F. (2008). *Máquinas eléctricas* (Vol. 5). McGraw-Hill.

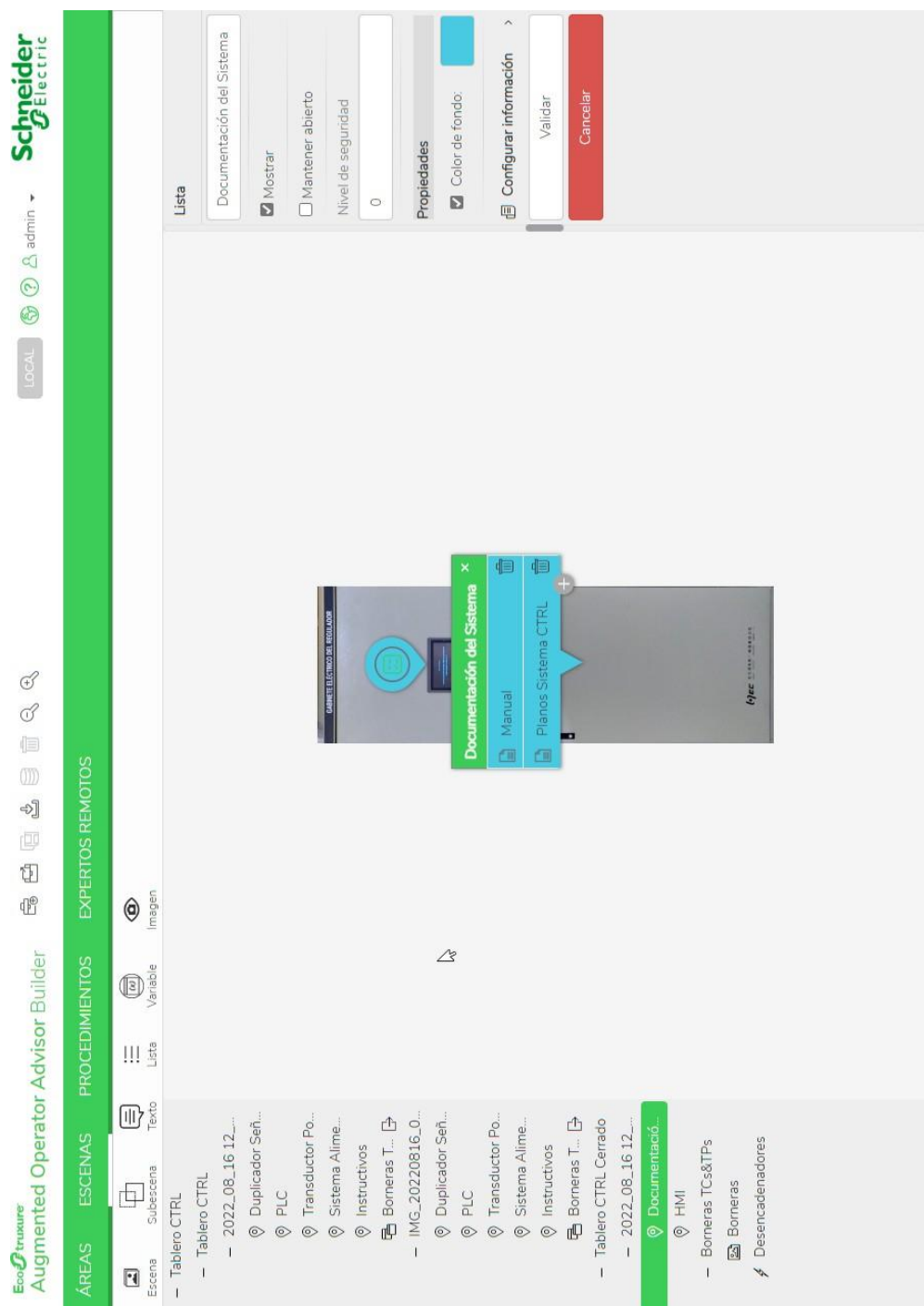
- Navarro, F., Antonio, M. & José M., M. (2018). *Realidad Virtual y Realidad Aumentada: Desarrollo de Aplicaciones* (Vol. 0). RA-MA Editorial. <https://elibro.net/es/ereader/uisrael/106518?>
- Pérez, F. A. (2021). Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial.
- Petrillo, A., De Felice, F., Cioffi, R. & Zomparelli, F. (2018). Fourth industrial revolution: Current practices, challenges, and opportunities. *Digital transformation in smart manufacturing*, 1-20.
- Schneider Electric. (2020). EcoStruxure Augmented Operator Advisor: Guía de inicio rápido. <https://www.se.com/es/es/download/document/EIO0000003003/>
- Schneider Electric. (2021). EcoStruxure Augmented Operator Advisor: Builder - Manual de usuario. <https://www.se.com/es/es/download/document/EIO0000003009/>

## ANEXOS

## ANEXO 1

Figura 30

Documentos asociados a punto de interés: Documentación Sistema.

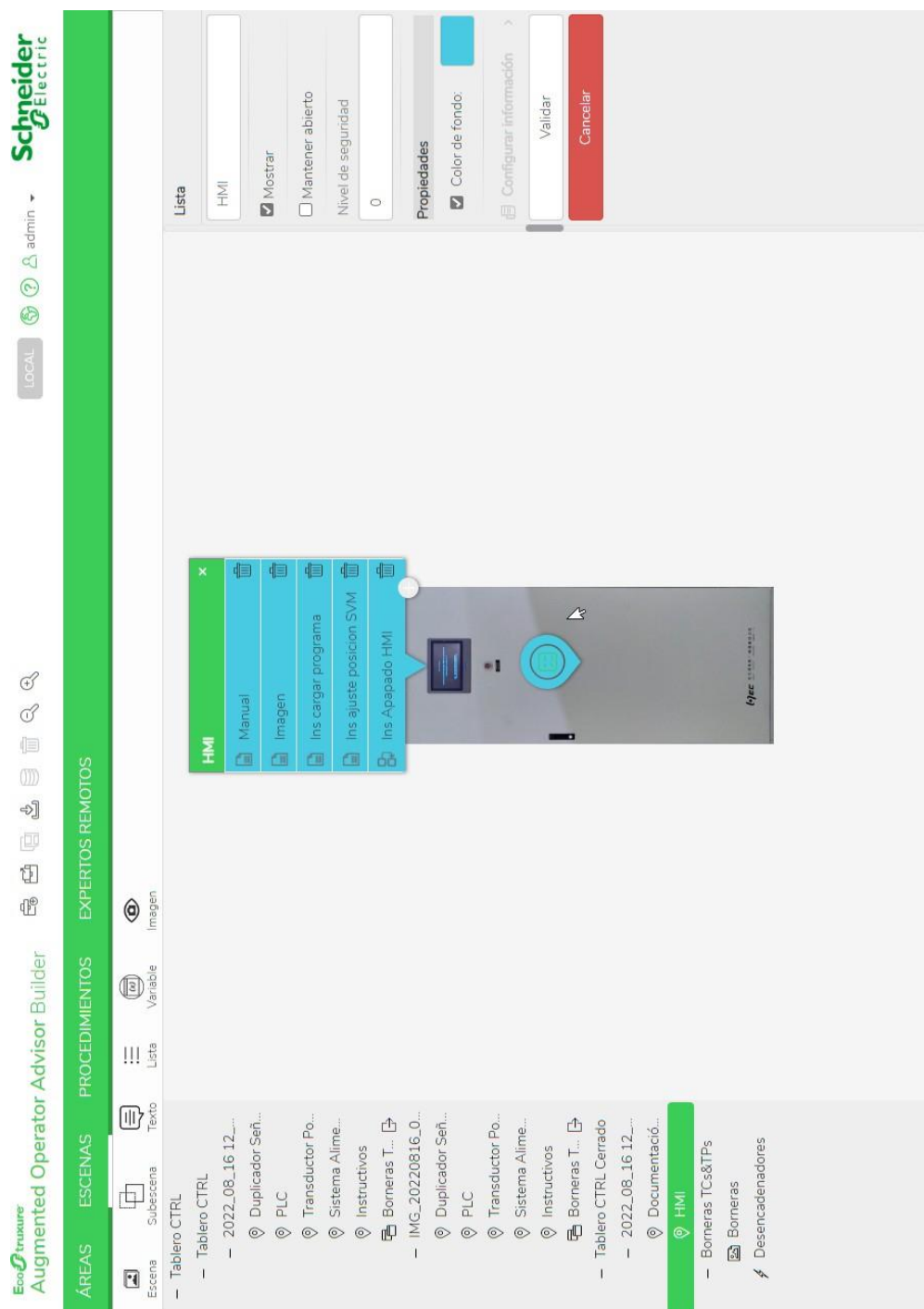


Nota: Fuente: Autor.

## ANEXO 2

Figura 31

Documentos asociados a punto de interés: HMI.



Nota: Fuente: Autor.

## ANEXO 3

Figura 32

Documentos asociados a punto de interés: Duplicador Señales.

The screenshot displays the Schneider Electric EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder interface. The top navigation bar includes the Schneider Electric logo, a user profile icon labeled 'admin', and a 'LOCAL' button. The main interface is divided into several sections:

- Left Panel (Project Tree):** Contains a tree view with categories:
  - ÁREAS
  - ESCENAS
  - PROCEDIMIENTOS
  - EXPERTOS REMOTOS
 Under 'PROCEDIMIENTOS', the following items are listed:
  - Escena Subescena Texto
  - Lista Variable Imagen
  - Tablero CTRL
  - Tablero CTRL
  - 2022\_08\_16\_12\_...
  - Duplicador Señal...** (highlighted)
  - PLC
  - Transductor Po...
  - Sistema Alime...
  - Instructivos
  - Borneras T...
  - IMG\_20220816\_0...
  - Duplicador Señ...
  - PLC
  - Transductor Po...
  - Sistema Alime...
  - Instructivos
  - Borneras T...
  - Tablero CTRL Cerrado
  - 2022\_08\_16\_12\_...
  - Documentació...
  - HMI
  - Borneras TCs&TPs
  - Borneras
  - Desencadenadores
- Main Workspace:** Displays a 3D model of a control cabinet. A blue overlay titled 'Duplicador Señales' is positioned over the cabinet, featuring a 'Manual' icon and an 'Imagen' icon.
- Right Panel (Configuration):** Contains settings for 'Duplicador Señales':
  - Lista: Duplicador Señales
  - Mostrar
  - Mantener abierto
  - Nivel de seguridad: 0
  - Propiedades:
    - Color de fondo:
  - Configurar información:
    - Validar
    - Cancelar

Nota: Fuente: Autor.

## ANEXO 4

Figura 33

Documentos asociados a punto de interés: PLC.

The screenshot displays the Schneider Electric EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder interface. The top navigation bar includes a 'LOCAL' button, a user profile 'admin', and the Schneider Electric logo. The main interface is divided into several sections:

- Top Navigation:** LOCAL, admin, Schneider Electric logo.
- Left Sidebar:**
  - Augmented Operator Advisor Builder
  - ÁREAS
  - ESCENAS
  - PROCEDIMIENTOS
  - EXPERTOS REMOTOS
- Main Content Area:**
  - Lista:** A list of documents associated with the PLC point of interest. The list includes:
    - Tablero CTRL
    - Tablero CTRL
    - 2022\_08\_16\_12\_...
    - Duplicador Señ...
    - PLC** (highlighted)
    - Transductor Po...
    - Sistema Alime...
    - Instructivos
    - Borneras T...
    - IMG\_20220816\_0...
    - Duplicador Señ...
    - PLC
    - Transductor Po...
    - Sistema Alime...
    - Instructivos
    - Borneras T...
    - Tablero CTRL Cerrado
    - 2022\_08\_16\_12\_...
    - Documentació...
    - HMI
    - Borneras TCs&TPs
    - Borneras
    - Desencadenadores
  - Context Menu:** A context menu is open over a PLC image, showing options:
    - Manual
    - Imagen
    - Ins Respaldo programa
  - Right Panel:** A panel titled 'Lista' with a search bar containing 'PLC'. It includes checkboxes for 'Mostrar', 'Mantener abierto', and 'Nivel de seguridad' (set to 0). There are also 'Propiedades' (Color de fondo: checked), 'Configurar información', 'Validar', and 'Cancelar' buttons.

Nota: Fuente: Autor.



## ANEXO 5

Figura 34

Documentos asociados a punto de interés: Sistema Alimentación.

The screenshot displays the Schneider Electric EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder interface. The top navigation bar includes the 'LOCAL' button, a user profile for 'admin', and the Schneider Electric logo. The main interface is divided into several sections:

- Left Panel (Project Tree):** Contains a tree view with categories:
  - ÁREAS
  - ESCENAS
  - PROCEDIMIENTOS
  - EXPERTOS REMOTOS
 Under 'PROCEDIMIENTOS', the following items are listed:
  - Escena Subescena Texto
  - Lista Variable Imagen
  - Tablero CTRL
    - Tablero CTRL
    - 2022\_08\_16\_12\_...
    - Duplicador Señ...
    - PLC
    - Transductor Po...
    - Sistema Alime...** (highlighted)
    - Instructivos
    - Borneras T...
    - IMG\_20220816\_0...
    - Duplicador Señ...
    - PLC
    - Transductor Po...
    - Sistema Alime...
    - Instructivos
    - Borneras T...
    - Tablero CTRL Cerrado
    - 2022\_08\_16\_12\_...
    - Documentació...
    - HMI
    - Borneras TCs&TPs
    - Borneras
    - Desencadenadores

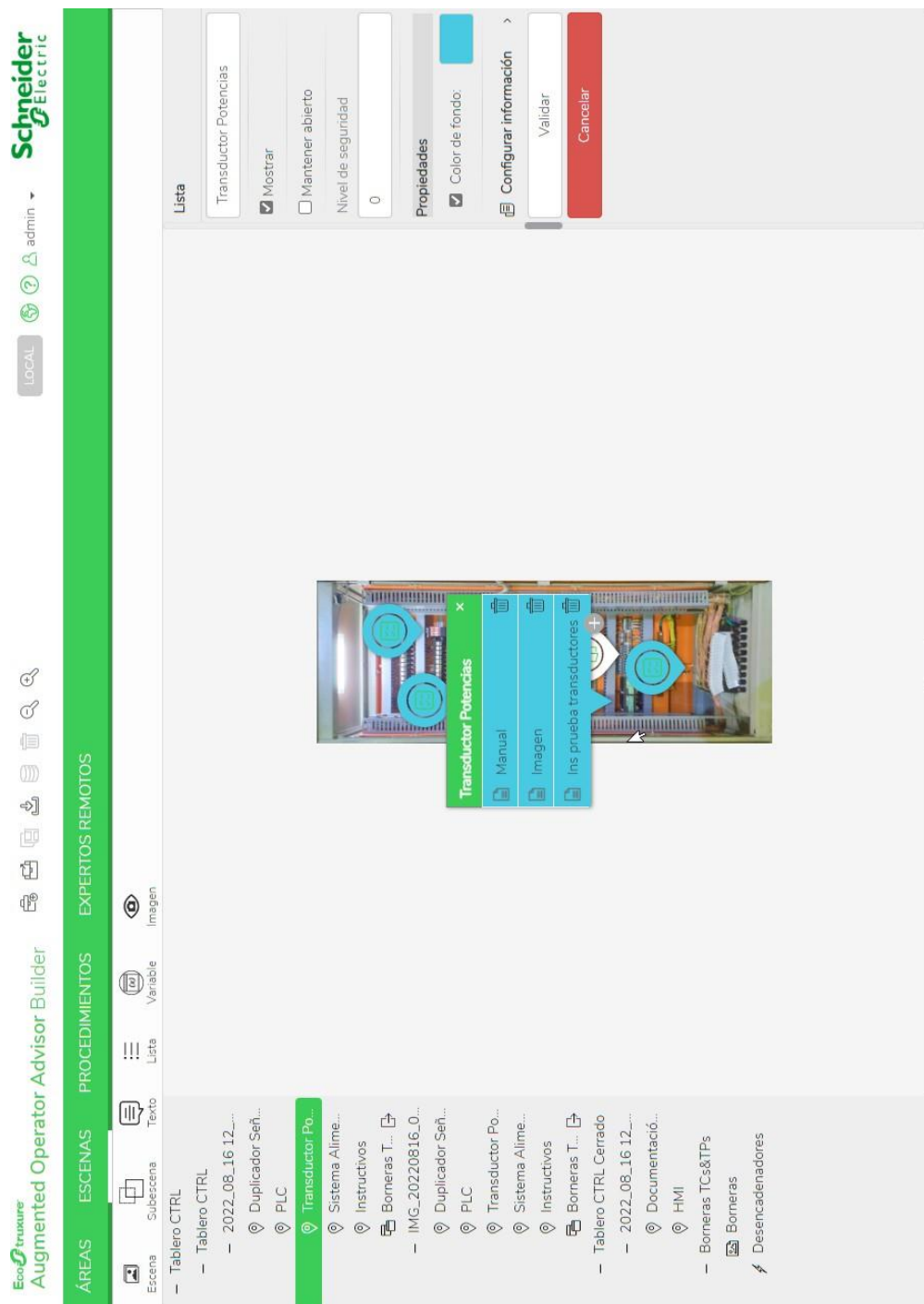
- Main Area:** Displays a large image of a server rack. A context menu is open over the image, listing associated documents:
- Sistema Alimentación
- Manual Fuente Tensión
- Manual Balanceador Ca...
- Imagen Fuente Tensión
- Imagen Balanceador Ca...
- Right Panel (Configuration):** Shows settings for 'Sistema Alimentación':
- Lista:** Sistema Alimentación
- Mostrar
- Mantener abierto
- Nivel de seguridad: 0
- Propiedades:**
  - Color de fondo:
- Configurar información:**
  - Validar
  - Cancelar

Nota: Fuente: Autor.

ANEXO 6

Figura 35

Documentos asociados a punto de interés: Transductor Potencia.



Nota: Fuente: Autor.

ANEXO 7

Figura 36  
Subescena Borneras.

The screenshot displays the Schneider Electric EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder software interface. The top navigation bar includes the Schneider Electric logo, a user profile icon labeled 'admin', and a 'LOCAL' button. Below the navigation bar, there are several icons for file management and search. The main interface is divided into three sections:

- Left Panel (Project Tree):** Shows a hierarchical view of the project structure. The root is 'Tablero CTRL', which contains 'Tablero CTRL' and a sub-scene '2022\_08\_16 12...'. Under this sub-scene, there are several components: 'Duplicador Señ...', 'PLC', 'Transductor Po...', 'Sistema Alime...', 'Instructivos', 'Borneras T...', and 'IMG\_20220816\_0...'. The 'Borneras T...' component is expanded to show 'Duplicador Señ...', 'PLC', 'Transductor Po...', 'Sistema Alime...', 'Instructivos', and 'Borneras T...'. The 'Borneras T...' component is further expanded to show 'Tablero CTRL Cerrado', '2022\_08\_16 12...', 'Documentació...', 'HMI', and 'Borneras TCs&TPs'. The 'Borneras TCs&TPs' component is highlighted in green and contains 'Desencadenadores'.
- Center Panel:** Displays a photograph of a terminal block assembly. The assembly consists of several rows of terminals. The top row is labeled 'TP4 Medición Potencia' and the bottom row is labeled 'TP6 Medición Potencia'. The terminals are connected to various colored wires (blue, yellow, orange, green, red). The assembly is mounted on a grey metal rack.
- Right Panel (Notes):** Contains a section titled 'Notas' with two paragraphs of text:
 

Puede empezar a crear las escenas y colocar puntos de interés.

Primero cree una escena con una o varias imágenes. A continuación, arrastre y suelte su punto de interés.

Nota: Fuente: Autor.

## ANEXO 8

Figura 37

Documentos asociados al proyecto.

Ecostructure  
Augmented Operator Advisor Builder

LOCAL ? admin

Schneider Electric

ÁREAS ESCENAS PROCEDIMIENTOS EXPERTOS REMOTOS

Área Traducción

- Reg Vel SPL
- Tablero CTRL
- Variables
- Documentos**
- Aplicaciones exter...
- Escenas



**DOCUMENTOS** Buscar:

Etiqueta	Origen	Nombre de archivo/URL	
Ins_01 Respaldo programa PLC	Integrado	Respaldo_del_programa_del_PLC.pdf	<input type="checkbox"/>
Ins_02 Prueba de alarmas	Integrado	Prueba_de_alarmas.pdf	<input type="checkbox"/>
Ins_03 Prueba estatismo	Integrado	Prueba_de_estatismo.pdf	<input type="checkbox"/>
Ins_04 Programacion HMI	Integrado	Cargamento_de_programa_HMI.pdf	<input type="checkbox"/>
Ins_05 Medicion transductores posicion SVM	Integrado	Medición_transductores_posición_SVM.pdf	<input type="checkbox"/>
Ins_06 Medicion transductores potencia	Integrado	Medición_transductores_potencia.pdf	<input type="checkbox"/>
Ins_07 Ajuste transductores posición SVM	Integrado	Ajuste_transductores_posición_SVM.pdf	<input type="checkbox"/>
Man_01 Sistema	Integrado	Manual_Regulador_Velocidad.pdf	<input type="checkbox"/>
Man_02 Duplicador Senales	Integrado	Manual_Duplicador.pdf	<input type="checkbox"/>
Man_03 HMI	Integrado	Manual_HMI.pdf	<input type="checkbox"/>
Man_04 PLC	Integrado	Manual_PLC.pdf	<input type="checkbox"/>
Man_05 Transductor Potencia	Integrado	Manual_Transductor_Potencia.pdf	<input type="checkbox"/>
Man_06 Fuente Tension	Integrado	Manual_fuente.pdf	<input type="checkbox"/>
Man_07 Balanceador Carga	Integrado	Manual_balanceador.pdf	<input type="checkbox"/>
Im_02 Duplicador Senales	Integrado	Imagen_Duplicador.png	<input type="checkbox"/>
Im_03 HMI	Integrado	Imagen_HMI.png	<input type="checkbox"/>
Im_04 PLC	Integrado	Imagen_PLC.png	<input type="checkbox"/>
Im_05 Transductor Potencia	Integrado	Imagen_Transductor_Potencia.png	<input type="checkbox"/>
Im_06 Fuente Tension	Integrado	Fuente.png	<input type="checkbox"/>
Im_07 Balanceador Carga	Integrado	Balanceador.png	<input type="checkbox"/>
Planos CTRL	Integrado	Planos.pdf	<input type="checkbox"/>
apapadoHMI1	Integrado	apagadoHMI1.png	<input type="checkbox"/>
apapadoHMI2	Integrado	apagadoHMI2.png	<input type="checkbox"/>
apapadoHMI3	Integrado	apagadoHMI3.png	<input type="checkbox"/>

**Notas**

Puede iniciar la configuración de proyecto AR.

Primer configure y cree un proyecto. A continuación, podrá crear un área.

Nota: Fuente: Autor.

Tabla 10

Evaluación Magíster Oswaldo Alejandro Zhanay Soliz

EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD					
CRITERIOS	En Total Des-acuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Des-acuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					✗
Aplicabilidad					✗
Conceptualización					✗
Actualidad					✗
Calidad Técnica					✗
Factibilidad					✗
Pertinencia					✗

Firma

OSWALDO  
ALEJANDRO  
ZHANAY  
SOLIZ

Firmado digitalmente por OSWALDO  
ALEJANDRO ZHANAY SOLIZ  
DN: cn=OSWALDO ALEJANDRO  
ZHANAY SOLIZ, c=EC,  
o=SECURITY DATA S.A. 2,  
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION  
DE INFORMACION,  
email=oswaldo.zhanay@celec.gob.ec  
Fecha: 2022.09.03 08:10:12 -05'00'

Tabla 11

Evaluación Magíster Roberto Carlos Guerrero Ochoa

EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD					
CRITERIOS	En Total Des-acuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Des-acuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto				X	
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica				X	
Factibilidad					X
Pertinencia					X

ROBERTO  
CARLOS  
GUERRERO  
OCHOA

Firmado digitalmente  
por ROBERTO CARLOS  
GUERRERO OCHOA  
Fecha: 2022.09.05  
20:59:37 -05'00'

Firma

Tabla 12

Evaluación Magíster Jenny Patricia Zhungo Ordoñez

EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD					
CRITERIOS	En Total Des-acuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Des-acuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto				X	
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica				X	
Factibilidad					X
Pertinencia				X	

JENNY  
PATRICIA  
ZHUNGO  
ORDONEZ

Firmado digitalmente por  
JENNY PATRICIA ZHUNGO  
ORDONEZ  
DN: cn=JENNY PATRICIA  
ZHUNGO ORDONEZ, o=IC,  
ou=SECURITY DATA S.A. T.,  
ou=ENTIDAD DE  
CERTIFICACION DE  
INFORMACION,  
email=jennyordonez@gmail.com  
Fecha: 2022.08.01 19:30:00 -  
0500

Firma