



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias de la Electrónica

Licenciatura en Electrónica

**DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA UN
PROCESO INDUSTRIAL CONTROLADO POR
UN PLC S7-1200 MEDIANTE UNA PÁGINA
WEB DISEÑADA EN PYTHON**

Tesis presentada para obtener el grado de:

Licenciado en Electrónica

Presenta:

Juan Pablo Rosas Quiroz

Asesor:

M. en C. Marco Antonio Sobrevilla González

Puebla, Pue. Diciembre 2023



AGRADECIMIENTOS

A mi abuelo Pedro Quiroz, mi madre Teresa Quiroz y mi tía Martha Quiroz por su comprensión, paciencia y apoyo incondicional.

Agradezco a mi mentor y asesor de tesis, el maestro Marco Sobrevilla por su entera confianza, tiempo, valiosas enseñanzas y las oportunidades que me ha brindado.

Agradezco a mis amigos por su compañerismo durante la carrera, particularmente a Jorge Courtois por su asesoría y paciencia durante aquellos cinco años.

RESUMEN

Un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) permite la adquisición de datos proporcionados por procesos industriales, posibilita el control y supervisión, ya sea de forma local o remota, lo que representa beneficios y ventajas en el entorno industrial.

La tesis presentada en este documento plantea la implementación del diseño de un sistema SCADA basado en diseño web, cuyo software ha sido programado en Python para el control y supervisión de un proceso industrial de forma local y remota mediante el acceso simultaneo de distintos dispositivos como computadores y smartphones.

Se plantea e implementa un proceso industrial para ejemplificar y mostrar el funcionamiento del sistema SCADA que consiste en el control de un motor trifásico utilizando un controlador lógico programable S7-1200 de la marca SIEMENS y un variador de frecuencia de la marca DELTA.

Sin embargo, cuenta con la capacidad de adaptabilidad y escalabilidad para el control y supervisión de cualquier proceso industrial, entre otras funciones como el manejo de cuentas de usuario con distintos privilegios y una función que posibilita brindar un servicio de soporte técnico.

Esta tesis aborda de forma breve los conceptos esenciales utilizados para la comprensión y posterior ejecución del proyecto, como lo son los protocolos de comunicación industrial utilizados para definir e implementar la red de comunicación industrial necesaria para la comunicación de todos los equipos involucrados.

En otras palabras, el enfoque del proyecto se centra en el diseño e implementación del sistema SCADA, las herramientas, métodos y configuraciones necesarias para lograrlo como: la configuración del variador de frecuencia, programación y configuración del PLC, conexiones eléctricas y métodos correctivos utilizados no forman parte de este documento.

Palabras clave: Sistema SCADA, diseño web, Python, controlador lógico programable, variador de frecuencia, protocolos de comunicación industrial, proceso industrial, control y supervisión.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	I
RESUMEN	II
ÍNDICE DE FIGURAS	III
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
Introducción	2
Justificación	2
Objetivos.....	3
General:.....	3
Específicos:	3
Alcance	4
Ventajas.....	4
Desventajas	5
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	6
Sistemas SCADA.....	7
Componentes de un sistema SCADA.....	7
Arquitectura y funcionamiento general de un sistema SCADA	8
Controlador lógico programable.....	9
Panorama general	10
Estructura.....	10
Tipos	11
Variador de frecuencia.....	11
Funcionamiento.....	11
Modbus	13
Modelo OSI para el protocolo Modbus.....	13
Modbus TCP	14
Principio Cliente-Servidor.....	14
Modbus RTU.....	15
Principio Maestro- Esclavo	15
Aplicaciones Web	16
Diseño de aplicaciones web	17
El backend	17
Python.....	17

El frontend.....	17
Latencia.....	18
Causas.....	18
Reducción de la latencia.....	19
CAPÍTULO 3: APLICACIÓN PYTHON.....	20
Control de usuarios y acceso al sistema.....	21
Proceso de registro de usuario.....	21
Proceso de editar perfil.....	24
Diseño del sistema SCADA.....	25
Barras de navegación y Pie de pagina.....	25
Proceso de acceso al sistema y ventana de bienvenida al usuario	26
Ventanas de control del proceso industrial.	27
Ventanas de supervisión.....	30
Funciones adicionales	33
Ayuda al usuario.....	33
Acceso a documentos	40
Servicio de soporte técnico.....	40
Ejemplo del proceso de reporte de falla.....	43
Avisos y enlaces	44
Ventanas en dispositivos móviles.....	45
Restricciones de acceso y seguridad.....	45
CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA Y CONCLUSIONES.....	46
Implementación del sistema SCADA y operación del proceso.....	47
Operación del proceso de forma local.....	48
Operación del proceso de forma inalámbrica.....	65
Operación del proceso de forma remota	67
Conclusiones.....	76
Propuestas de mejora (Escalabilidad)	79
BIBLIOGRAFÍA	81
APÉNDICE	84
Apéndice A	85
Apéndice B.....	89
Apéndice C.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Arquitectura básica de un sistema SCADA.	9
Figura 2.2: Conversión de la señal de AC.	12
Figura 2.3: Señal de DC suavizada.	12
Figura 2.4: Inversión de DC a AC.	13
Figura 2.5: Principio Cliente-Servidor.	15
Figura 2.6: Principio Cliente-Servidor, modo de difusión.	15
Figura 3.1: Formulario de inicio de sesión.	21
Figura 3.2: Formulario de registro de usuarios.	21
Figura 3.3: Ejemplo de datos requeridos para el registro.	22
Figura 3.4: Advertencia sobre cuenta existente.	22
Figura 3.5: Advertencia sobre campo vacío.	22
Figura 3.6: Advertencia sobre correo electrónico incorrecto.	23
Figura 3.7: Advertencia sobre registro exitoso.	23
Figura 3.8: Ventana de aprobación de usuarios.	23
Figura 3.9: Sección para editar los datos del perfil de usuario.	24
Figura 3.10: Formulario para la edición del perfil.	24
Figura 3.11: Ejemplo de actualización de datos.	24
Figura 3.12: Sección de administración del perfil con nuevas claves de inicio de sesión. ..	25
Figura 3.13: Barras de navegación del perfil administrador.	25
Figura 3.14: Ventana de bienvenida para el usuario tipo administrador.	26
Figura 3.15: Ventana de bienvenida para los usuarios tipo operador.	27
Figura 3.16: Control del estado operativo para el perfil administrador.	28
Figura 3.17: Control del estado operativo para el perfil operador.	28
Figura 3.18: Control de la frecuencia de operación del variador.	29
Figura 3.19: Control del comando de falla.	29
Figura 3.20: Supervisión y activación de todos los estados posibles del VFD.	30
Figura 3.21: Supervisión de los estados de error del variador de frecuencia y el motor.	31
Figura 3.22: Supervisión del estado del proceso.	32
Figura 3.23: Supervisión de los bloques de instrucción Modbus.	33
Figura 3.24: Sección de ayuda al usuario.	34
Figura 3.25: Ventana “Sobre este sitio” del perfil tipo administrador.	34

Figura 3.26: Ventana “Sobre este sitio” del perfil tipo administrador (continuación).	35
Figura 3.27: Ventana “Sobre este sitio” del perfil tipo administrador (continuación).	35
Figura 3.28: Ventana “Sobre este sitio” del perfil tipo administrador (continuación).	36
Figura 3.29: Ventana “Sobre este sitio” del perfil tipo administrador (continuación).	36
Figura 3.30: Ventana “Sobre este sitio” del perfil tipo administrador (continuación).	36
Figura 3.31: Ventana “Sobre este sitio” del perfil tipo administrador (continuación).	37
Figura 3.32: Ventana “Sobre este sitio” del perfil tipo administrador (continuación).	37
Figura 3.33: Ventana “Sobre este sitio” del perfil tipo administrador (continuación).	37
Figura 3.34: Ventana “Sobre este sitio” del perfil tipo operador.	38
Figura 3.35: Ventana “Sobre este sitio” del perfil tipo operador (continuación).	38
Figura 3.36: Ventana “Sobre este sitio” del perfil tipo operador (continuación).	39
Figura 3.37: Ventana “Sobre este sitio” del perfil tipo operador (continuación).	39
Figura 3.38: Ventana “Sobre este sitio” del perfil tipo operador (continuación).	40
Figura 3.39: Acceso al manual de usuario del variador de frecuencia, desde la interfaz del sistema SCADA.....	40
Figura 3.40: Ventana para el usuario tipo administrador.	41
Figura 3.41: Ventana para el usuario tipo operador.	41
Figura 3.42: Formulario para reporte de falla.	42
Figura 3.43: Formulario (continuación).	42
Figura 3.44: Formulario, opción: Falla en página web.	42
Figura 3.45: Formulario, opción: Otros.	42
Figura 3.46: Ejemplo: caso de uso.....	43
Figura 3.47: Ejemplo del funcionamiento del formulario.	44
Figura 4.1: Diagrama a bloques del sistema y configuración de la red industrial a implementar.	47
Figura 4.2: Implementación del sistema.	48
Figura 4.3: Inicio de sesión en el sistema SCADA.	49
Figura 4.4: Inicio de operación del proceso (motor gira hacia adelante.)	49
Figura 4.5: Activación de los estados de supervisión.....	50
Figura 4.6: Supervisión del estado de error.	50
Figura 4.7: Supervisión del estado lógico.	51
Figura 4.8: Supervisión de los bloques de instrucción.	51
Figura 4.9: Cambio de la frecuencia de operación.	52

Figura 4.10: Supervisión del cambio en la frecuencia de operación.....	52
Figura 4.11: Inversión del sentido de giro hacia atrás.....	52
Figura 4.12: Nuevo acceso al sistema SCADA desde el “Cliente 3”, conectado de forma simultánea al servidor.....	53
Figura 4.13: Supervisión de los cambios realizados al proceso desde el “Cliente 3”.....	53
Figura 4.14: Inversión de giro hacia adelante.....	54
Figura 4.15: Supervisión del cambio en el sentido de giro.	54
Figura 4.16: Integración a la red e inicio de sesión en el “Cliente 4”.....	55
Figura 4.17: Supervisión de la ventana “Activar/Desactivar” (izquierda). Supervisión de la ventana “Estado de error” (derecha).....	55
Figura 4.18: Supervisión del estado del proceso desde el “Cliente 4”.....	56
Figura 4.19: Cambio de frecuencia en el “Cliente 4”.....	56
Figura 4.20: Frecuencia actualizada.....	57
Figura 4.21: Supervisión del cambio de frecuencia (100 Hz).....	57
Figura 4.22: Simulación de la falla.....	58
Figura 4.23: Supervisión de la falla en el campo “Estado de error”.....	58
Figura 4.24: Variador de frecuencia en estado de falla.....	59
Figura 4.25 Supervisión del estado de error desde la ventana “Estado del VFD” (Servidor).	59
Figura 4.26: Supervisión del estado de error desde la ventana “Frecuencia del VFD” (Servidor).....	60
Figura 4.27: Supervisión del estado de error desde la ventana “Activar/Desactivar” (Servidor).....	60
Figura 4.28: Supervisión del estado de error desde la ventana “Estado lógico” (Servidor).	61
Figura 4.29: Supervisión del estado de error desde la ventana “Bloques de instrucción” (Servidor).....	61
Figura 4.30: Supervisión del estado de error desde la ventana “Estado del VFD” (Cliente 3).	62
Figura 4.31: Supervisión del estado de error desde la ventana “Activar/Desactivar” (Cliente 3).....	62
Figura 4.32: Supervisión del estado de error desde la ventana “Estado de error” (Cliente 3).	63
Figura 4.33: Estado de error correspondiente a “Falla externa” (Cliente 3).....	63

Figura 4.34: Supervisión del estado de error desde la ventana “Estado lógico” (Cliente 3).	63
Figura 4.35: Supervisión del estado de error desde la ventana “Activar/Desactivar” (Cliente 4).	64
Figura 4.36: Restablecimiento de la falla desde el sistema SCADA.....	64
Figura 4.37: Acceso al sistema utilizando una conexión inalámbrica (WLAN).	65
Figura 4.38: Proceso industrial en marcha.	65
Figura 4.39: Supervisión del estado del proceso desde el dispositivo “Cliente 5”.	66
Figura 4.40: Acceso al sistema SCADA de forma remota.	67
Figura 4.41: Demostración del acceso al sistema SCADA.	67
Figura 4.42: Perspectiva del “Cliente 2”.	68
Figura 4.43: Estado del proceso industrial.	68
Figura 4.44: Supervisión del “Estado lógico” de forma remota.	69
Figura 4.45: Proceso industrial supervisado en paro.	69
Figura 4.46: Supervisión del cambio en el estado de operación del proceso.	70
Figura 4.47: Ventana “Activar/Desactivar” en el “Cliente 2”.	70
Figura 4.48: Proceso industrial en operación.	71
Figura 4.49: Disminución en la frecuencia de operación.	71
Figura 4.50: Disminución en la velocidad del motor ejecutado correctamente.	72
Figura 4.51: Supervisión de la disminución en la velocidad de operación en el “Cliente 2”.	72
Figura 4.52: Restricción y supervisión de forma remota.....	73
Figura 4.53: Interfaz del servidor restringida.	73
Figura 4.54: Supervisión del control para usuarios tipo operador.....	74
Figura 4.55: Activación del comando de operación para los perfiles tipo operador.	74
Figura 4.56: Cambio en el estado operativo del proceso desde el “Cliente 3”.	75
Figura 4.57: Supervisión de forma remota del cambio realizado por el “Cliente 3”.	75
Figura A1: Ventana para inicio de sesión.....	85
Figura A2: Ventana para registro de usuarios.	85
Figura A3: Ventana para administrar perfiles de usuarios tipo operador.	86
Figura A4: Ventana para administrar el perfil de usuario.	86
Figura A5: Ventana para actualización de datos.	87
Figura A6: Acceso a la ficha de datos del PLC, desde la interfaz del sistema SCADA.	87

Figura A7: Acceso al manual de sistema del PLC, desde la interfaz del sistema SCADA..	88
Figura A8: Acceso al manual de producto del PLC, desde la interfaz del sistema SCADA.	88
Figura A9: Acceso al manual de usuario del motor trifásico, desde la interfaz del sistema SCADA.....	89
Figura A10: Contenido de ejemplo de la ventana “Términos de uso”. ¹	89
Figura A11: Contenido de ejemplo de la ventana “Términos de uso” (continuación).	90
Figura A12: Contenido de ejemplo de la ventana “Términos de uso” (continuación).	90
Figura A13: Contenido de ejemplo de la ventana “Términos de uso” (continuación).	91
Figura A14: Contenido de ejemplo de la ventana “Términos de uso” (continuación).	91
Figura A15: Contenido de ejemplo de la ventana “Políticas de privacidad”.	92
Figura A16: Contenido de ejemplo de la ventana “Políticas de privacidad” (continuación).	92
Figura A17: Contenido de ejemplo de la ventana “Políticas de privacidad” (continuación).	93
Figura A18: Contenido de ejemplo de la ventana “Políticas de privacidad” (continuación).	93
Figura A19: Contenido de ejemplo de la ventana “Políticas de privacidad” (continuación).	94
Figura A20: Contenido de ejemplo de la ventana “Políticas de privacidad” (continuación).	94
Figura A21: Contenido de ejemplo de la ventana “Avisos legales”.....	95
Figura A22: Contenido de ejemplo de la ventana “Avisos legales” (Continuación).	95
Figura A23: Contenido de ejemplo de la ventana “Avisos legales” (Continuación).	96
Figura A24: Contenido de ejemplo de la ventana “Avisos legales” (Continuación).	96
Figura A25: Ejemplo de implementación de la función “enlaces a recursos externos”.	96
Figura A26: Ventana de inicio de sesión (izquierda). Ventana de registro de usuarios (derecha).	97
Figura A27: Ventana de bienvenida (izquierda). Ventana de aprobación de usuarios (derecha).	98
Figura A28: Ventana de administración del perfil (Izquierda). Ventana de actualización de datos (derecha).	99

Figura A29: Ventana “Contacto soporte técnico” (izquierda). Ventana “Sobre este sitio” (derecha).....	100
Figura A30: Venta “Estado del VFD” (izquierda). Ventana “Frecuencia del VFD” (derecha).....	101
Figura A31: Ventana “Comando de falla” (izquierda). Ventana “Activar/Desactivar” (derecha).....	102
Figura A32: Ventana “Estado de error” (izquierda). Ventana “Estado lógico” (derecha).	103
Figura A33: Ventana "Bloques de instrucción".....	104

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN

Introducción

La industria 4.0 siendo el futuro de la automatización industrial, plantea entre sus objetivos aumentar el grado de automatización de los procesos industriales, reducir costos y tiempos de producción utilizando controladores lógicos programables (PLC). Esto implica el desarrollo de nuevos métodos que admitan la integración de herramientas como la inteligencia artificial y la nube a dichos sistemas de producción y procesos.

Con la integración de estas herramientas en el campo de la industria, se busca reducir el tiempo que el programador dedica a la programación necesaria para llevar a cabo la automatización de un proceso, para que pueda enfocarse en realizar mejoras en dichos procesos o comenzar la automatización de áreas o procesos adicionales.

La necesidad de conseguir tal nivel de automatización conlleva a la búsqueda o implementación de nuevas herramientas como, por ejemplo, el desarrollo de software, que sea fácil e intuitivo de utilizar, considerando costos accesibles; lo anterior se conoce como sistemas SCADA.

De acuerdo con la National Institute of Standards and Technology (2023), un sistema SCADA por sus siglas en inglés Supervisory Control and Data Acquisition, permite la adquisición de datos que serán enviados a una computadora para su control y supervisión en tiempo real, estos sistemas integran hardware y software para tal control de los procesos industriales, que en muchas ocasiones es necesario realizarlo a distancia.

Al implementar sistemas SCADA se debe considerar el uso de redes y protocolos de comunicación de acceso libre adecuados a las necesidades industriales en áreas fundamentales como la adquisición, almacenamiento, monitoreo e interpretación de datos.

En este sentido, la tesis que a continuación se presenta, está enfocada en el diseño de un sistema SCADA para la automatización de un proceso industrial logrando reducciones de tiempo y costos en la implementación y supervisión de los procesos.

Justificación

Actualmente la industria valora las aplicaciones elaboradas en conjunto con una interfaz de usuario que sea amigable con el operador. Otro factor para tomar en cuenta es el aumento de la demanda, que exige un avance tecnológico para su modernización, como se comentaba anteriormente. No es fácil para algunas empresas afrontar los costos que implica modernizar sus líneas de producción, por lo que es posible encontrarse con dispositivos, software, estándares y protocolos antiguos pero que aún son eficientes.

El elemento más utilizado en la industria para ejecutar interfaces de usuario son los dispositivos tipo HMI (por su traducción al español, interfaz humano-maquina). El costo de los equipos HMI puede ser bastante elevado incluso si se adquiere un equipo usado o de bajas prestaciones, es necesario darle mantenimiento y adquirir el software con el cual programar el dispositivo. En muchas ocasiones la herramienta necesaria para programar dispositivos HMI se vende por separado del software de ingeniería principal.

Dado lo anterior, la justificación de este proyecto es desarrollar un método para modernizar un proceso industrial, reduciendo costos al diseñar una página web adaptada a las necesidades del proceso.

Objetivos

General:

Diseñar un sistema SCADA para un proceso industrial controlado por un PLC S7-1200 mediante una página web de acceso remoto diseñada en Python, utilizando software de código abierto (open source) para la reducción de tiempos en la supervisión de datos y configuración de elementos, también para la reducción de costos en mano de obra, mantenimiento de equipo y uso de licencias.

Específicos:

1. Programar un PLC S7-1215C DC/DC/RLY para establecer comunicaciones tipo Cliente-Servidor y Maestro-Esclavo.
2. Configurar un variador de frecuencia Delta-EL para establecer comunicación Maestro-Esclavo, utilizando el protocolo de comunicación industrial Modbus RTU.
3. Implementar una red de comunicación industrial entre un PLC S7-1215C DC/DC/RLY y un variador de frecuencia Delta-EL, utilizando el protocolo de comunicación industrial Modbus RTU.
4. Programar un código en Python 3 para enviar datos de control y recibir datos para la supervisión de un proceso industrial, estableciendo comunicación Servidor-Cliente.
5. Implementar una red de comunicación industrial entre un PLC S7-1215C DC/DC/RLY y un código Python 3 utilizando el protocolo de comunicación industrial Modbus TCP.
6. Programar una aplicación web en HTML desarrollada en Python 3, integrando el código de control y adquisición de datos para el control y supervisión de un proceso industrial.
7. Diseñar un sistema SCADA para controlar y monitorear un proceso industrial mediante una página web desarrollada en Python 3, utilizando comunicaciones industriales, un PLC S7-1215C DC/DC/RLY y un variador de frecuencia Delta-EL.
8. Proporcionar un modelo de ayuda al usuario.
9. Implementar el sistema SCADA utilizando diferentes dispositivos conectados simultáneamente a la red de comunicación industrial.
10. Implementar el sistema SCADA mediante acceso remoto.

Alcance

Recordando que el objetivo general de este proyecto es el diseño de un sistema SCADA para el control un proceso industrial con enfoque en la reducción de tiempos y costos, el área de aplicación del proyecto se enfoca en la gestión de procesos industriales de pequeñas y medianas empresas. El sistema SCADA fue desarrollado para controlar y supervisar un motor trifásico a través de un variador de frecuencia, el cual a su vez es controlado por un PLC S7-1200.

Si bien la implementación del proyecto se ejemplifica con un proceso industrial que consiste en el control y supervisión de un motor trifásico haciendo uso de equipo industrial, es importante mencionar que por las características de diseño del sistema SCADA, este tiene la capacidad de adaptación y escalabilidad para ser aplicado en diversos procesos industriales. Ya sea modificando el sistema de acuerdo con las necesidades del nuevo proceso o integrando el nuevo proceso al sistema sin necesidad de perder o separar los procesos industriales existentes.

Se abordarán brevemente los conceptos técnicos, procedimientos y configuraciones más importantes que son necesarias para comprender la metodología a seguir. En este sentido, la implementación de redes industriales conlleva a aplicar técnicas para su protección, así como contar con esquemas y/o sistemas de protección redundantes, sin embargo, para este proyecto tales características no se tomarán en cuenta.

Ventajas

1. Fácil control y supervisión del proceso industrial, debido a la interfaz de usuario intuitiva lo que evita configuraciones desde TIA Portal.
2. Simplifica el monitoreo del proceso industrial al presentar los datos en una tabla, lo que permite una supervisión efectiva de todos los posibles estados.
3. Fácil e intuitivo de utilizar, lo que representa un mínimo período de capacitación.
4. La gestión de usuarios integrada permite la restricción de funciones a usuarios no autorizados.
5. Al estar desarrollado sobre HTML posibilita:
 - a. El acceso al sistema SCADA desde cualquier navegador lo que permite acceder desde una amplia variedad de dispositivos sin importar su sistema operativo.
 - b. La implementación de herramientas como formularios y fácil acceso a los manuales de los dispositivos industriales relacionados al proceso industrial, lo cual no es posible lograr con HMIs convencionales.
 - c. La integración con diversas tecnologías como, por ejemplo, diversos lenguajes de programación.

6. Permite la supervisión simultánea de los estados, como el estado de error y el estado lógico, al simplemente abrir ventanas de navegador lado a lado, a diferencia de una interfaz HMI tradicional.
7. Al estar basado en Python posibilita un alto grado de escalabilidad y oportunidades de mejora, por ejemplo, el análisis matemático, representación de gráficos en tiempo real, entre otros.
8. Al estar basado en software de código abierto los costos de licenciamiento son bajos.
9. Soporta el acceso al sistema SCADA desde múltiples dispositivos de forma simultánea, ya sea a través de conexiones alámbricas o inalámbricas.
10. La capacidad de acceso remoto de dispositivo a dispositivo permite ofrecer soporte técnico remoto para dar solución a errores rápidamente.
11. Si se experimentara una interrupción en la conectividad remota y/o la comunicación inalámbrica el proceso industrial puede mantenerse bajo control y supervisión mediante la conexión alámbrica.

Desventajas

1. Para garantizar el óptimo funcionamiento del sistema SCADA se requiere de un dispositivo, que funcionará como servidor, permanezca encendido. Además, se sugiere que este dispositivo se encuentre físicamente en un área restringida.
2. El diseño actual para supervisar el proceso o procesos se basa en una tabla donde en una columna se encuentran todos los posibles estados y en otra columna un valor numérico que varía entre 0 y 1 para indicar la validez del estado correspondiente. Esta forma de supervisar el proceso es eficiente pero poco amigable con el usuario. Podría mejorar significativamente; por ejemplo, mediante la presentación de gráficos en tiempo real o animaciones que representen el proceso en curso de manera dinámica.
3. Para establecer la conectividad remota es necesaria una conexión a internet estable, preferiblemente de alta velocidad.
4. Para proveer los servicios de soporte técnico remoto y acceso remoto es necesario el uso de software de terceros.

CAPÍTULO 2:

MARCO TEÓRICO

Sistemas SCADA

De acuerdo con Penin (2012) un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) se refiere a un software que posibilita la supervisión y adquisición de datos de forma remota de cualquier proceso industrial. Además, debe posibilitar el control de dicho proceso.

Al diseñar un sistema SCADA se deben considerar factores como, economía, accesibilidad, mantenimiento, gestión, flexibilidad y conectividad principalmente, estas características permitirán al sistema:

- La adquisición y posterior representación de datos en tiempo real.
- La supervisión del proceso industrial para la toma de decisiones como, por ejemplo, mantenimiento predictivo.
- Modificar el control establecido.
- Reconocimiento de eventos para efectuar métodos correctivos y preventivos.
- Alerta visual y sonora en caso de falla.
- Un sistema de recetas en caso de acciones de control repetitivas.
- Garantizar la correcta recepción y transmisión de datos aplicando métodos de prevención contra interferencias.
- Garantizar la seguridad de acceso al sistema restringiendo características de configuración, control y supervisión a usuarios no autorizados, incluso de ser necesario a salas de control.

Un sistema SCADA debe ser escalable para garantizar un correcto funcionamiento a pesar de posibles variaciones. Por ejemplo, un único servidor puede soportar todas las funciones, como SCADA, archivo, alarmas y comunicaciones. Sin embargo, si el volumen de datos aumenta, se pueden presentar problemas ya que todo el tráfico de datos pasa por un único punto.

Por razones como en el ejemplo anterior es importante diseñar correctamente el sistema, desde la elección de los dispositivos que se utilizarán hasta las herramientas de software seleccionadas para desarrollar o implementar el sistema SCADA. De lo contrario cualquier modificación podría resultar en costos elevados, tiempos de implementación elevados y posiblemente errores inesperados.

Componentes de un sistema SCADA

La interfaz con la cual el usuario operador interactúa con el proceso industrial se compone de algunos módulos básicos que deben ser considerados para su diseño los cuales son:

- **Configuración:** Define el entorno y las necesidades del proceso.

- **Interfaz gráfica:** Representa las múltiples pantallas de control y supervisión del proceso mediante múltiples imágenes y/o textos.
- **Tendencias:** Permiten representar la evolución y cambios en las variables de supervisión del sistema.
- **Alarmas y Eventos:** Ante eventos inesperados como errores o interrupciones de comunicación, permiten alertar al usuario operador.
- **Registro y Archivado:** Comprende funciones de almacenamiento temporal de los datos de supervisión y control del proceso.
- **Comunicaciones:** Corresponde al software encargado de gestionar y controlar las comunicaciones entre los dispositivos involucrados en el sistema.

Arquitectura y funcionamiento general de un sistema SCADA

Un sistema SCADA comienza con la adquisición de los datos del proceso mediante dispositivos sensores, los cuales no tienen la capacidad de transmitir los datos recopilados, por lo tanto, suelen estar conectados o integrados en unidades terminales remotas, por sus siglas en inglés (RTU) que obtienen las señales a través de dichos sensores o de tarjetas convertidoras apropiadas. Posteriormente establecen comunicación con los elementos de control como PLC, mediante los protocolos de comunicación adecuados.

El PLC contiene todas las secuencias de control que identifican, procesan y organizan los datos recibidos.

Finalmente, mediante protocolos de comunican industrial el PLC envía los datos procesados a un computador que recibe el nombre de servidor, el cual se encargará de gestionar la información.

Por motivos de seguridad, el dispositivo servidor, deberá encontrarse en una sala de control con acceso restringido y alejada de la sala donde se encuentre el proceso industrial. Por otra parte, se deberá contar con dispositivos de control y supervisión o interfaces de usuario para mostrar la información al operador para la toma de decisiones y acciones de control adecuadas. De igual forma, las interfaces deberán encontrarse alejadas del proceso industrial.

Posteriormente de acuerdo con las decisiones de control del operador el sistema SCADA emitirá señales de control para efectuar cambios operativos o de configuración específicos hacia el PLC que nuevamente identificará, procesará, organizará y enviará los datos de control al o a los dispositivos RTU.

Con relación al funcionamiento general anterior y como afirma Penin (2012) la arquitectura general de un sistema SCADA se compone de tres partes:

- 1) Software de adquisición de datos y control (SCADA).
- 2) Sistemas de adquisición y mando (sensores y actuadores).
- 3) Sistema de interconexión (comunicaciones).

Esta arquitectura se representa en el diagrama a bloques de la figura 2.1:

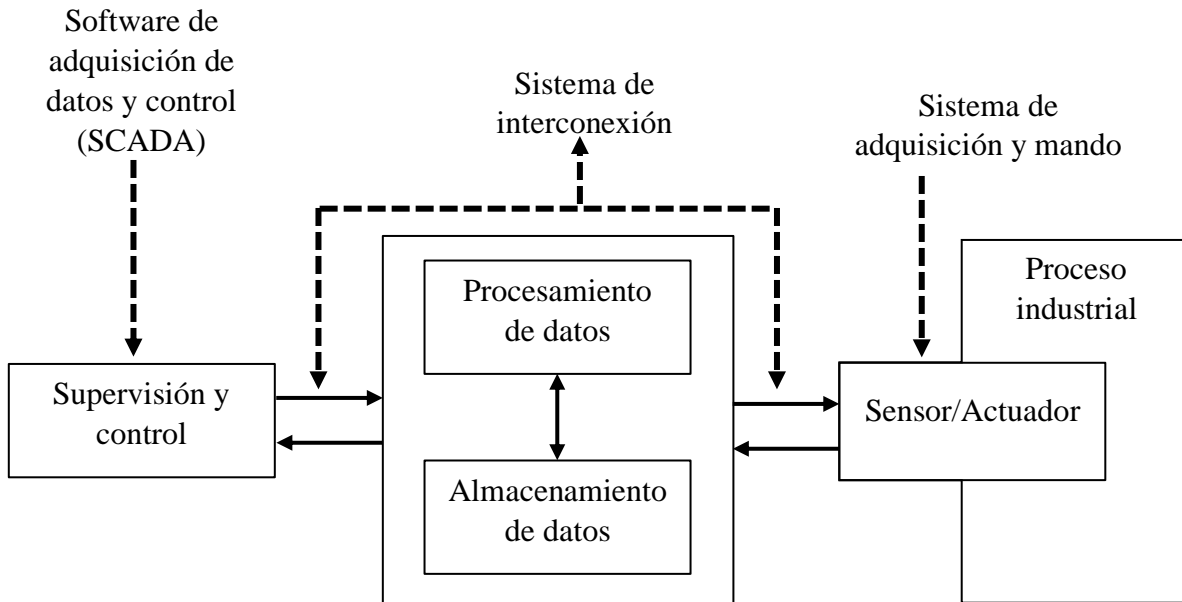


Figura 2.1: Arquitectura básica de un sistema SCADA.

Dentro de la arquitectura básica, los sistemas se forman por tres tipos de hardware principales:

- 1) **Human Machine Interface (HMI):** Por sus siglas en inglés (HMI) la interfaz humano-máquina es una interfaz de usuario o panel que conecta a una persona con una máquina, sistema o dispositivo. Si bien el término puede aplicarse técnicamente a cualquier pantalla que permita a un usuario interactuar con un dispositivo, la HMI se usa más comúnmente en el contexto de un proceso industrial.
- 2) **Master Terminal Unit (MTU):** Por sus siglas en inglés (MTU) la unidad terminal maestra controla el software de comunicación y cumple además con la administración y almacenamiento de datos.
- 3) **Remote Terminal Unit (RTU):** Por sus siglas en inglés (RTU) la unidad terminal remota se encarga de controlar y obtener datos del proceso industrial, generalmente se ubican alejados del SCADA.

Controlador lógico programable

Actualmente no existe una definición oficial para el concepto de controlador lógico programable o por sus siglas en inglés, PLC (Programmable Logic Controller), sin embargo, diversas organizaciones y autores coinciden en una definición reconocida y aceptada en la industria de la automatización.

Por ejemplo, Babel (2022) define al PLC como un dispositivo utilizado para el control de una máquina o sistema, con propiedades como una alta capacidad de configuración y programación libre, comunicación con sensores y actuadores, principalmente.

Panorama general

Algunas ventajas principales que representa el uso de PLC en la industria son:

- **Costos:** Dado que un PLC no requiere de mantenimiento frecuente, al implementar la automatización de procesos industriales con estos dispositivos representa el funcionamiento constante del proceso, por lo tanto, se espera un retorno de inversión a corto o mediano plazo.
- **Espacio:** Al tratarse de equipos con amplias capacidades de control es posible el uso de equipo industrial sofisticado y eficiente para el control de las variables del proceso.
- **Reutilización:** Al contar con la capacidad de reprogramación es posible reutilizar los equipos para diferentes procesos.

Algunas desventajas principales son:

- Requiere de personal calificado para su programación.
- Un entorno de producción y/o tareas sencillas no justifica el costo del equipo.

Estructura

Un controlador lógico programable se estructura en cinco partes generales.

- 1) **CPU:** Un microprocesador que sustituye el control por relevadores, temporizadores y contadores externos.

Controla el tiempo de ejecución del programa, actualiza el estado de las salidas en función del ciclo de ejecución del programa de usuario.

El microprocesador cuenta con memoria ROM que gestiona el sistema operativo, controladores y programas de aplicación, memoria RAM que gestiona el almacenamiento de programas y datos.

Un PLC puede incorporar dos tipos de procesadores como el procesador de un bit, utilizado para el procesamiento de funciones lógicas y el procesador de palabra, utilizado para el procesamiento de texto y datos numéricos.

- 2) **Fuente de voltaje:** Proporciona energía eléctrica al PLC, dependiendo del fabricante y modelo la fuente puede ser integrada o externa. Es posible utilizarla para alimentar algunos dispositivos de control.
- 3) **Módulo de entradas:** Proporciona la capacidad de conexión con dispositivos de control y sensores para el reconocimiento de señales entrantes. Posteriormente dependiendo del tipo de entrada (discreta o analógica) se encarga de convertir las señales discretas en niveles lógicos (bit).
- 4) **Módulo de salidas:** Posibilita la comunicación y control de dispositivos actuadores. De igual forma que el módulo de entradas convierte las señales en niveles lógicos.

Dependiendo del modelo es posible contar con salidas tipo relevador de interruptor seco.

- 5) **Interfaz de comunicación:** Posibilita la comunicación y programación desde dispositivos externos como ordenadores y programadores especializados mediante protocolos de comunicación industrial.

Tipos

Los controladores lógicos programables se clasifican en dos tipos principales.

- **Compactos:** Integra la fuente de voltaje, el CPU con capacidades limitadas, módulos de entrada y salida limitados y la interfaz de comunicación en un solo dispositivo con un tamaño reducido.
- **Modulares:** Como su nombre lo sugiere, los PLC del tipo modular cuentan con cada una de las 5 partes descritas anteriormente en módulos independientes estructurados con un rack principal para la conexión, teniendo la capacidad de conectar más de un módulo de entradas, salidas e interfases de comunicación.

Variador de frecuencia

Como se expone en [8] un variador de frecuencia, también conocido por sus siglas en inglés VFD (Variable Frequency Drive), es un regulador de velocidad de motores eléctricos que tiene la capacidad de cambiar su frecuencia de operación en función de las necesidades del proceso.

Este dispositivo se coloca entre la alimentación eléctrica y el motor, permitiendo que el consumo energético del motor sea solo el necesario. Esta característica proporciona beneficios como:

- Control sobre el proceso industrial implicado.
- Reducción de tiempo de inactividad al prevenir paros inesperados.
- Ahorro de energía entre 20% y 70%, lo que implica reducciones de costos de implementación y operación.
- Mayor vida útil tanto del motor como del variador de frecuencia.

Funcionamiento

El funcionamiento de un variador de frecuencia consiste en tres etapas.

- 1) **Conversión de corriente alterna en corriente directa:** El VFD es alimentado por corriente alterna trifásica, posteriormente un rectificador se encarga de transformar la

señal de la corriente alterna (AC) a corriente directa (DC). Este principio de funcionamiento se muestra de forma gráfica en el ejemplo de la figura 2.2.

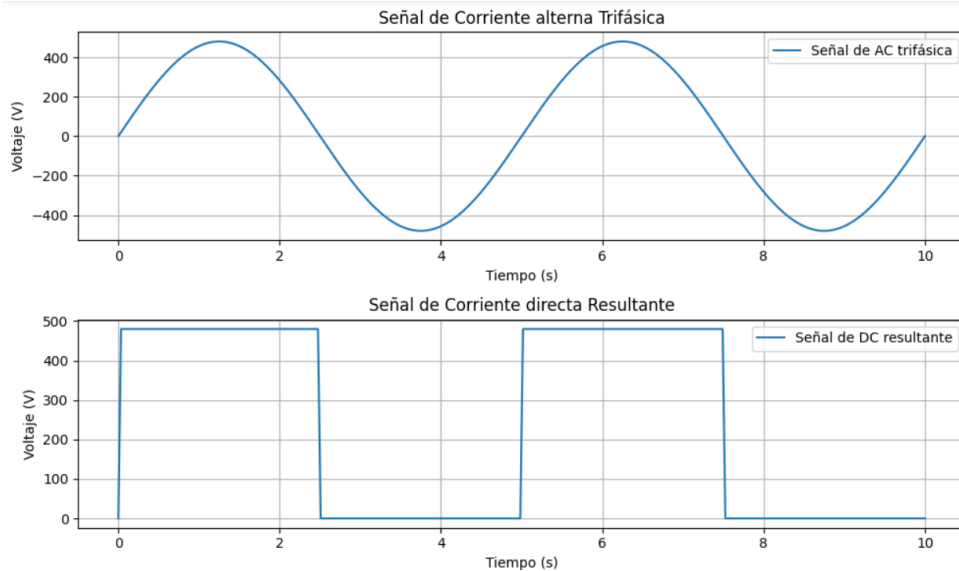


Figura 2.2: Conversión de la señal de AC.

- 2) **Filtro de la señal:** Posteriormente la señal de DC convertida pasará por un capacitor que suavizará la forma de la onda, como en el ejemplo que se muestra en la figura 2.3.

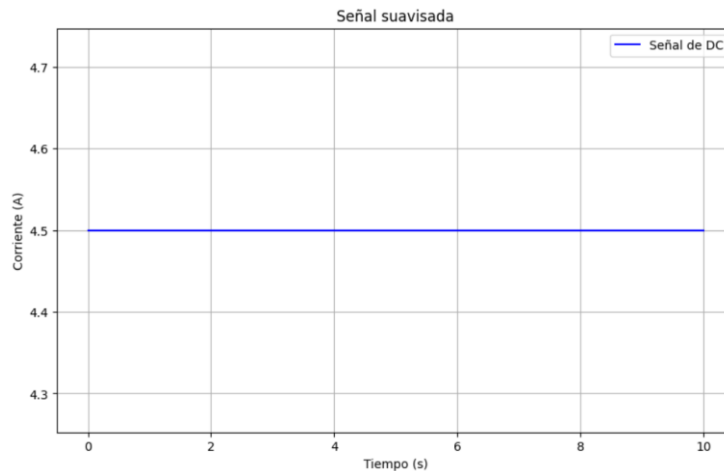


Figura 2.3: Señal de DC suavizada.

- 3) **Inversión de corriente directa a corriente alterna:** El variador se encarga de calcular la potencia necesaria para que el motor opere a una velocidad constante, con los valores calculados un inversor convierte la corriente directa nuevamente en corriente alterna y mediante modulación por ancho de pulsos entrega la corriente al motor, este funcionamiento se ejemplifica en la figura 2.4.

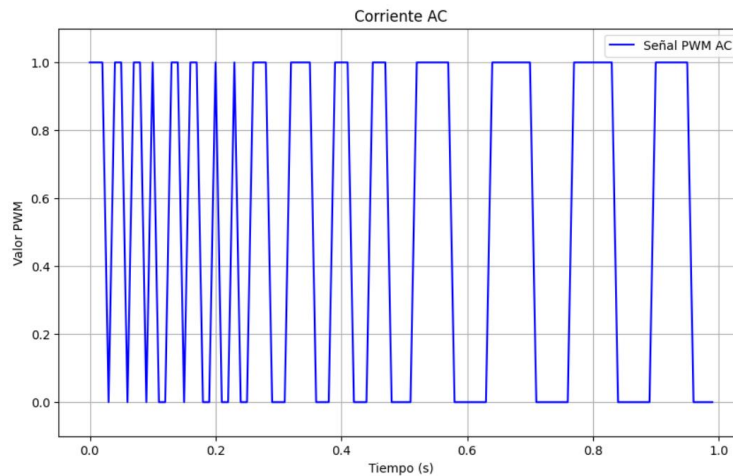


Figura 2.4: Inversión de DC a AC.

Modbus

Modbus es un protocolo de comunicación industrial de código abierto basado en el principio Maestro-Esclavo o Cliente-Servidor dependiendo de la versión del protocolo. Babel (2022) menciona que el protocolo Modbus fue estandarizado por la International Organization for Standardization (ISO).

Modelo OSI para el protocolo Modbus

Open System Interconnection (OSI) definido por la International Organization for Standardization (ISO) en 1983 de acuerdo con lo expuesto en [9].

El modelo de interconexión de sistemas abiertos divide y/o agrupa funciones de comunicación en siete niveles o capas. A continuación, con el propósito de determinar un panorama general, se ordena y describe brevemente cada una de las capas.

- 1) **Capa Física:** Esta capa recibe datos desde la capa de enlace para posteriormente convertirlos en señales de nivel lógico (0 y 1) que serán transmitidas por un medio como aire, cobre, vacío, entre otros.
- 2) **Capa de Enlace:** Establece la comunicación entre dispositivos deseados que se encuentren disponibles en la red de área local (LAN) a través de la conversión de datos en tramas y utilizando las direcciones físicas del hardware involucrado.
- 3) **Capa de Red:** Define las direcciones lógicas y de hardware para determinar la ruta de envío de paquetes de un dispositivo a otro, evitando que los paquetes se reciban en un dispositivo no deseado.
- 4) **Capa de Transporte:** Segmenta y empaqueta los datos para que la capa de sesión pueda trabajar con los datos, definiendo el puerto de red que se empleará.

- 5) **Capa de Sesión:** Para que la transmisión de datos pueda realizarse es necesario definir sesiones, donde se inicia la sesión para comenzar la transmisión de los datos y cuando los datos han sido recibidos la sesión finaliza, esta capa se encarga del control de inicio y fin de dichas sesiones.
- 6) **Capa de Presentación:** En relación con la capa de sesión, la capa de presentación identifica, encripta y presenta los datos para posteriormente definirlos como sesiones.
- 7) **Capa de Aplicación:** Proporciona funciones y establece comunicaciones con las capas anteriores para definir los servicios que necesitará el dispositivo que recibirá finalmente los datos (usuario final) para poder utilizarlos, en otras palabras, define la aplicación del principio de comunicación según lo requiera el usuario final.

Dado el anterior panorama general del modelo OSI, Modbus pertenece a la capa 7 del modelo, mientras que las capas 5 y 6 no son aplicables para Modbus.

El protocolo Modbus cuenta con dos versiones más utilizadas:

Modbus TCP

Por sus siglas en inglés Transmission Control Protocol (TCP), de acuerdo con lo expuesto en [11] Modbus TCP es un protocolo de comunicación estandarizado por la International Electrotechnical Commission (IEC) que utiliza paquetes TCP/IP y establece comunicaciones bajo el principio Cliente-Servidor o también conocido como Maestro-Esclavo, mediante el puerto el 502 de acuerdo con el standard está reservado para Modbus (capa 4).

Además, Modbus TCP utiliza cables ethernet industrial para la conexión, que de acuerdo con [14], ethernet el estándar de red de área local (LAN) que define la capa física (capa 1) y de enlace (capa 2) a medios cableados para comunicar múltiples dispositivos.

Por lo tanto, ethernet industrial es el estándar ethernet, pero adaptado al entorno industrial, en donde se requieren conectores y cables más resistentes a por ejemplo torciones, ruido interferencias y temperaturas elevadas.

Principio Cliente-Servidor

Este principio se basa en que solo los dispositivos tipo Cliente inician la comunicación y realiza peticiones de datos al dispositivo tipo Servidor (funcionamiento activo), limitado en Modbus hasta treinta y un dispositivos cliente y un dispositivo servidor conectado a la vez en la misma red.

El Servidor recibe y procesa las peticiones del o los clientes (funcionamiento pasivo) para emitir respuesta a la petición realizada al dispositivo correspondiente utilizando su dirección específica (capa 3). De acuerdo con [15], esta forma de funcionamiento también es nombrada “unidifusión o solicitud-respuesta”, la cual se ejemplifica en la figura 2.5.

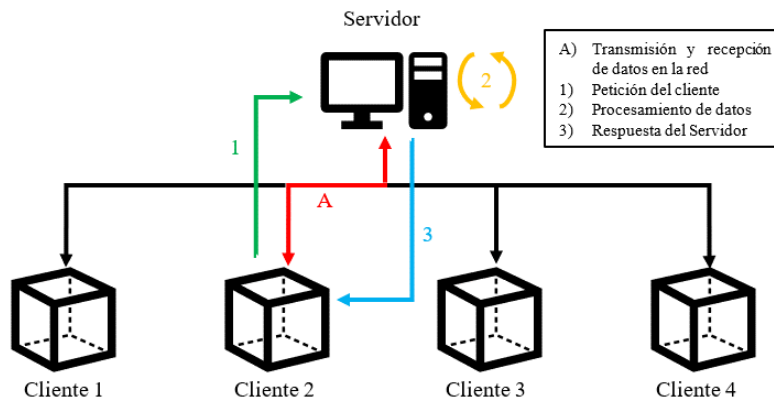


Figura 2.5: Principio Cliente-Servidor.

Modbus RTU

Por siglas en ingles Remote Terminal Unit (RTU), de acuerdo con lo expuesto en [11] es un protocolo de comunicación que transmite datos bajo el principio Maestro-Esclavo mediante conexión eléctrica RS232 o RS485 (capa 1).

Principio Maestro- Esclavo

El principio Cliente-Servidor también se conoce como Maestro-Esclavo debido a la comodidad para nombrar los dispositivos en una red dependiendo el protocolo o modo de comunicación que se utilizará, por ejemplo, en la figura 2.5 se ejemplificó el funcionamiento del modo de unidifusión donde el principio se nombra como Cliente-Servidor, en Modbus RTU además del modo de unidifusión el principio puede funcionar bajo el modo de difusión donde, el dispositivo maestro puede enviar datos a todos los dispositivos esclavo que se encuentren en la misma red, para lograrlo en lugar de utilizar la dirección específica de cada dispositivo, el maestro envía los datos a la dirección 0, de esta forma todos los esclavos reciben los datos.

Este modo nombrado como difusión como se expone en [15], el maestro controla las acciones de los dispositivos esclavos, envía y recibe datos sin que exista una solicitud de algún dispositivo esclavo. Este modo de funcionamiento se ejemplifica en la figura 2.6.

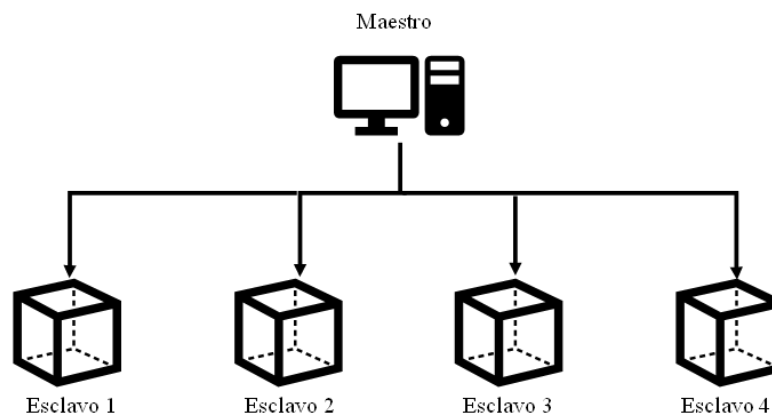


Figura 2.6: Principio Cliente-Servidor, modo de difusión.

Es importante recordar que, como se plantea en el alcance de este proyecto, se abordan los conceptos necesarios para comprender la metodología a seguir sin profundizar en ellos. Con esto en consideración, Modbus RTU utiliza comunicaciones por puerto serial, lo que implica conceptos como trama, formato, direccionamiento de datos, modos de comunicación, como, por ejemplo, síncrono o asíncrono, velocidad de transmisión, entre otros.

Dado lo anterior, el formato de datos en Modbus RTU resulta importante para los propósitos del proyecto. Por lo tanto, a continuación, se define el concepto de formato de datos.

Formato de datos: El formato de datos representa la configuración de paquetes de datos dentro de la trama donde el formato de Modbus RTU generalmente se compone por un número, una letra y un segundo número cuyo significado y asignación es:

- A) **Bits de datos:** El primer número del formato hace referencia a la cantidad de bits a transmitir, en Modbus los datos se transmiten en paquetes de 8 bits cada uno, por lo tanto, el primer número del formato en Modbus RTU es (8).
- B) **Bit de paridad:** La letra del formato hace referencia al bit de paridad: El bit de paridad se utiliza para detectar errores en la transmisión de datos de la siguiente forma:
 - **E (Paridad par):** Por sus siglas en inglés (Even). Si la cantidad de bits de datos a transmitir corresponde a un número impar, el bit de paridad se coloca en (1) para generar una cantidad de bits par.
 - **O (Paridad impar):** Por sus siglas en inglés (Odd). Si la cantidad de bits de datos a transmitir corresponde un número par, el bit de paridad se coloca en (0) para generar una cantidad de bits impar.
 - **N (Sin paridad):** Por sus siglas en inglés (Not parity). Indica que dentro del formato no se considera la existencia del bit de paridad.
- C) **Bit de parada:** El segundo número del formato hace referencia al bit de parada que indica el fin del dato dentro de la trama que se transmite, puede ser (1) bit o (2) bits.

Aplicaciones Web

La característica principal de una aplicación web está en que, se trata de un software que se ejecuta en un navegador web [16] para la interacción del usuario con la interfaz que mediante botones y menús envía instrucciones a un dispositivo servidor a diferencia de una web estática que solo está diseñada para mostrar información al usuario, por lo tanto, las aplicaciones web manejan la arquitectura del principio servidor-cliente.

Lo anterior proporciona algunas ventajas como:

- Acceso simultaneo a la aplicación desde diferentes navegadores sin importar el tipo de dispositivo y el sistema operativo.
- El desarrollo de la mayoría de las aplicaciones es rentable para particulares y organizaciones, por lo tanto, el retorno de la inversión justifica su implementación. Al

contar con una curva de aprendizaje poco elevada los desarrolladores pueden realizar modificaciones en un corto periodo de tiempo y la aplicación al ejecutarse en la mayoría de los navegadores y dispositivos se generaliza el desarrollo evitando ejecución para plataformas específicas.

- Alto grado de escalabilidad buscando facilidad de uso.

Diseño de aplicaciones web

El diseño de aplicaciones web se divide en dos partes, frontend y backend.

El backend

Se refiere al diseño y codificación de la aplicación que se ejecuta en dispositivos servidores, se encarga de hacer posibles las funciones designadas. Por ejemplo, en el caso de este proyecto se utiliza el lenguaje de programación Python, por mencionar algunas funciones, se encarga del envío, procesamiento y solicitud de los datos, se encarga de la gestión de los datos de los usuarios en base a interacción y comunicación con una base de datos, gestiona las funciones del servicio de soporte técnico.

Python

Python es un lenguaje de programación de alto nivel orientado a objetos que por sus características se utiliza para diseñar elementos y aplicaciones web, desarrollar software, la ciencia de datos y machine learning, además de ser gratuito. Por estas razones existe amplia documentación, librerías para diversas aplicaciones y resoluciones de problemas, además de contar con gran variedad de distribuciones o intérpretes.

El frontend

Se refiere al diseño de la interfaz de usuario que se ejecuta en un navegador web para que dicho usuario pueda interactuar con la aplicación que se ejecuta en el servidor. Para realizar el frontend de la aplicación web del proyecto fue necesario el uso de herramientas como HTML, CSS y JavaScript.

- **HTML:** Por sus siglas en inglés, HyperText Markup Language que como su nombre lo indica es un lenguaje de etiquetas y no un lenguaje de programación que se encarga de organizar y estructurar el contenido de la interfaz de usuario.
- **CSS:** Por sus siglas en inglés, Cascading Style Sheets, se encarga del diseño, estilos y apariencia de la interfaz de usuario, por ejemplo, en este proyecto fue utilizado para especificar los colores de fondo de las ventanas del sistema SCADA, la apariencia de los botones, tipo y tamaño de fuente.
- **JavaScript:** Que al ser el único lenguaje de programación que se ejecuta de forma nativa en navegadores web es utilizado para dar funcionalidad al diseño realizado con HTML y

CSS. Por ejemplo, para este proyecto fue utilizado para realizar el cambio de ventanas al momento en que el usuario selecciona la ventana de su elección.

Latencia

Como se menciona en [21] y [22] la latencia es una medida para el retraso en la comunicación de un sistema según el tiempo que toman los datos para evitarse de punto a punto a través de la red de dicho sistema.

Una alta latencia indica tiempos de carga, respuesta y envío de paquetes de datos lentos, en consecuencia, pueden ocurrir deficiencias principalmente en la productividad, mala experiencia para el usuario, errores inesperados en equipos y sistemas e incremento innecesario en costos siendo esto una importante desventaja.

Las industrias cuyos procesos y/o aplicaciones automatizadas que dependen de la obtención de datos en tiempo real provenientes de, por ejemplo, bases de datos, sensores, control y supervisión remota, buscan mantener una baja latencia para obtener tiempos de respuesta óptimos, esencialmente en el contexto de la industria 4.0, lo que implica inversiones en equipo que permita establecer redes de comunicación industrial eficientes y confiables.

Causas

Como se ha mencionado las aplicaciones Web utilizan el principio cliente-servidor y como lo indica el modelo OSI los datos viajan a través de múltiples dispositivos y medios desde su punto de origen hasta su punto destino. Por lo tanto, varios factores en este viaje afectan el tiempo en que los datos son recibidos. Fuentes como [21] y [22] coinciden que los factores más comunes son:

- **Medio de transmisión:** La correcta elección del medio donde tendrá lugar la capa física, capa 1 del modelo OSI, es importante tomando en cuenta el protocolo de comunicación que se utilizará, la cantidad de datos a transmitir y las condiciones del entorno industrial que deberá soportar el medio ya que a medida que los datos viajan y pasan, por ejemplo, de un cable de cobre a otro cable de cobre implica milisegundos adicionales al tiempo total de transmisión aumentando la latencia.
- **Gran cantidad de saltos de red:** Un salto de red se refiere a cuando los datos pasan de un dispositivo a otro dentro de la misma red. Si los datos, posterior al inicio de su transmisión deben pasar por diversos dispositivos (además de los medios) para llegar al cliente aumentará la latencia. En otras palabras, a mayor número de saltos, mayor latencia.
- **Distancia:** Si la ubicación geográfica del dispositivo servidor es bastante distante del dispositivo cliente aumentará la latencia en función de importantes milisegundos, independientemente si el medio de transmisión fue seleccionado correctamente.
- **Volumen de datos y congestión de la red:** Si el volumen de datos a enviar es grande y además existen múltiples clientes conectados a la red simultáneamente la latencia se verá

aumentada. Adicionalmente si el volumen de datos supera la capacidad de la infraestructura de la red se presentarán cuellos de botella.

- **Rendimiento de la infraestructura:** En relación con la causa anterior, una infraestructura de red mal planeada, un medio incorrecto, un protocolo de comunicación industrial no apto para el volumen de datos a transmitir y un hardware de bajas prestaciones utilizado como servidor provocará latencia de disco (retraso en la lectura y almacenamiento de datos) y latencia operativa (retraso en la interpretación y ejecución de instrucciones), lo que ocasiona carga de ventanas, velocidad de descarga y rendimiento lento.
- **Construcción de la aplicación web:** Un código fuente no optimizado, funciones innecesarias programadas, mala gestión de direcciones web, porciones de código no utilizadas, resultaran en recursos y tiempos de procesamiento elevados e innecesarios lo que favorece el aumento en la latencia.
- **Factores del usuario:** Situaciones como computadores de bajas prestaciones, calidad de la conexión a internet deficientes, multitarea, entre otros por parte del usuario provocaran aumento en la latencia.

Reducción de la latencia

Algunas opciones sencillas para reducir la latencia es dar solución a las causas mencionadas anteriormente, como:

- **Salto de red y distancia de red:** Al ubicar geográficamente el dispositivo servidor más cerca de los dispositivos cliente, se reduce tanto el número de saltos que los datos deben dar como la distancia, por lo tanto, la latencia disminuirá. Una opción para lograrlo se conoce como el Edge computing, que busca procesar y analizar los datos cerca del punto donde se generan optimizando la asignación de recursos y la ubicación de la carga de trabajo.
- **Métodos de modelado del tráfico:** El modelado de tráfico de datos se refiere a priorizar el envío de paquetes de datos en función de su tipo.
- **Actualización de la infraestructura de red:** Utilizar dispositivos y protocolos adecuados para los propósitos de la red es fundamental para mantener una infraestructura capaz y actualizada. Como se mencionó con anterioridad, al implementar sistemas SCADA, la elección del hardware involucrado en la red también debe tomarse considerando en la característica de escalabilidad de la infraestructura, de lo contrario podrían presentarse costos inesperados.
- **Mejorar la construcción de la aplicación web:** Optimizando el código.

CAPÍTULO 3:

APLICACIÓN PYTHON

Como se ha mencionado anteriormente, los sistemas SCADA supervisan, controlan y permiten la adquisición de datos proporcionados por procesos industriales, ya sea de forma local o remota. Para implementar el sistema SCADA surge la necesidad de contar con una interfaz de usuario.

Para llevar a cabo lo anterior, a continuación, se describen los resultados obtenidos y algunas herramientas utilizadas.

Control de usuarios y acceso al sistema

Como una medida de control y seguridad, se han implementado diversas funciones que limitan tanto el acceso al sistema como a sus funciones. Para ello se ha diseñado un sistema de registro y acceso de dos tipos de perfil de usuarios con distintos privilegios, un perfil de tipo administrador que podrá acceder a todas las funciones de control y supervisión del proceso industrial y más de un perfil de usuarios de tipo operador que podrán acceder a algunas funciones limitadas de control y supervisión.

Proceso de registro de usuario

Los perfiles de tipo operador tendrán que registrarse mediante un formulario conforme a los siguientes pasos:

- A) Al entrar al sistema SCADA se podrá observar la ventana que se muestra en la figura 3.1, posteriormente se deberá dar clic en “Regístrate aquí”.
- B) A continuación, se mostrará el formulario de registro, como se puede observar en la figura 3.2.
- C) El usuario deberá registrarse proporcionando los siguientes datos: Nombre de usuario, ID o matrícula, Correo electrónico, Contraseña. Como se muestra a en la figura 3.3.

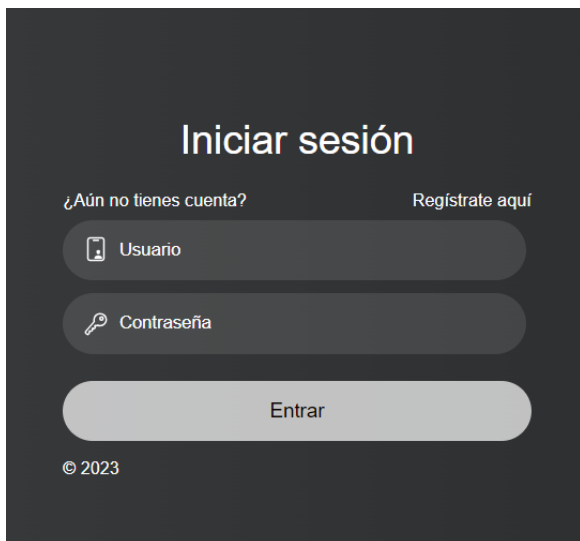


Figura 3.1: Formulario de inicio de sesión.

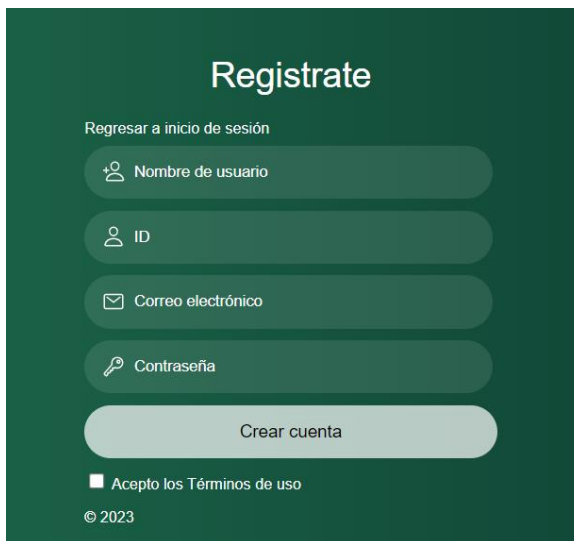


Figura 3.2: Formulario de registro de usuarios.

Figura 3.3: Ejemplo de datos requeridos para el registro.

- D) Para proporcionarle retroalimentación al usuario, la página muestra distintos mensajes dependiendo de las acciones del usuario. Si se ingresa un nombre de usuario ya existente, se muestra el mensaje de la figura 3.4; si un campo no es completado, se muestra el mensaje de la figura 3.5; si el correo electrónico se ingresa de forma errónea, se muestra el mensaje de la figura 3.6; si el usuario ingresa todos los datos de forma correcta, se muestra el mensaje que se puede apreciar en la figura 3.7.

Figura 3.4: Advertencia sobre cuenta existente.

Figura 3.5: Advertencia sobre campo vacío.

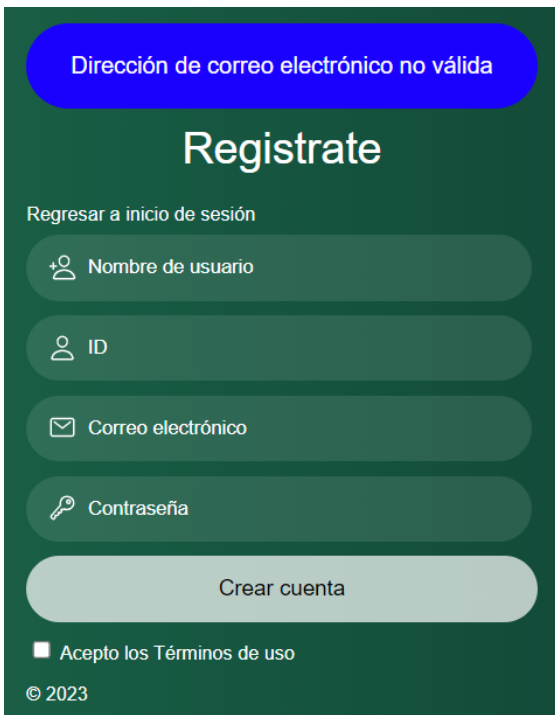


Figura 3.6: Advertencia sobre correo electrónico incorrecto.

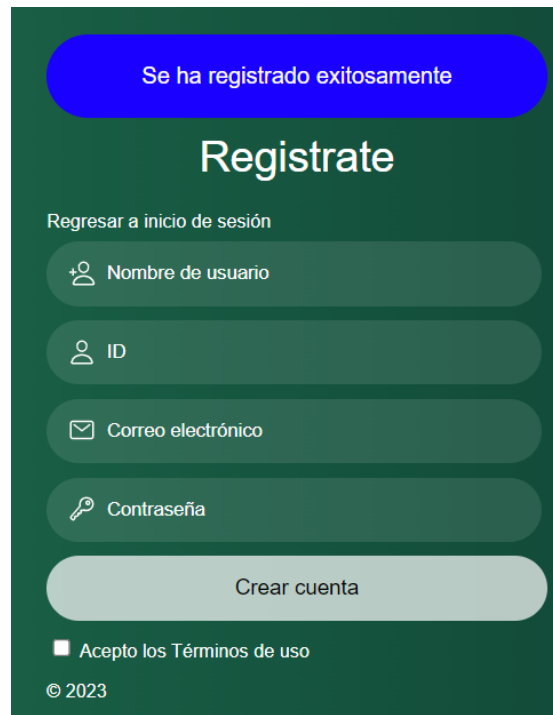


Figura 3.7: Advertencia sobre registro exitoso.

E) Estos datos serán almacenados en una base de datos relacional. El perfil de administrador ha sido creado directamente en la base de datos y no es necesario su registro, ya que este perfil tendrá que aprobar o denegar el acceso a los perfiles de tipo operador en una ventana nombrada como “Administrar perfiles de usuarios”, como se muestra en la figura 3.8. Si el administrador no aprueba al nuevo usuario podrá borrar el perfil cuyos datos también serán borrados de la base de datos.

ID	Correo electrónico	Opciones
AB123	correo@empresa.com	Borrar
CD456	correodos@empresa.com	Borrar
EF789	correotres@empresa.com	Borrar
GH1011	correocuatro@empresa.com	Aprobar Borrar

Figura 3.8: Ventana de aprobación de usuarios.

Se ha limitado la base de datos a cincuenta usuarios que pueden registrarse, en caso de ser necesario es posible reducir o aumentar este número.

Proceso de editar perfil

En caso de ser necesario el sistema SCADA cuenta con una sección nombrada como “Administrar perfil” como se muestra en la figura 3.9, para editar el perfil del usuario tanto para el perfil de tipo administrador como para el perfil de tipo operador.



Figura 3.9: Sección para editar los datos del perfil de usuario.

El procedimiento para la edición del perfil se debe realizar conforme a los siguientes pasos:

- Al dar clic en el botón “Editar” que se muestra en la figura 3.9, se mostrara la ventana que puede observarse en la figura 3.10.
- El usuario deberá ingresar los nuevos datos en el campo correspondiente y deberá dar clic en el botón “Actualizar” como se muestra en la figura 3.11.

Actualiza tus datos

Regresar a Administrar mi perfil

© 2023

Figura 3.10: Formulario para la edición del perfil.

Actualiza tus datos

Regresar a Administrar mi perfil

© 2023

Figura 3.11: Ejemplo de actualización de datos.

- Posteriormente, se mostrará la sección de administración del perfil con los datos actualizados como se muestra en la figura 3.12.

D) El usuario tendrá que iniciar sesión nuevamente con la nueva información de inicio de sesión en el formulario que se mostró en la figura 3.1.



Figura 3.12: Sección de administración del perfil con nuevas claves de inicio de sesión.

Para ofrecer una mejor perspectiva del contenido de las figuras 3.1 a 3.12, en el apéndice A se muestra el contenido completo de estas ventanas.

Diseño del sistema SCADA

Como ya se ha mencionado, cada tipo de perfil cuenta con distintos privilegios de acceso. El perfil de administrador puede acceder a todas las funciones del sistema SCADA, además de contar con la función adicional para controlar y gestionar los perfiles que tienen acceso al sistema. Los perfiles de tipo operador pueden acceder solo a algunas funciones de control y supervisión. Para el caso de las funciones extra, pueden acceder a ellas, pero cuentan con opciones limitadas a diferencia del perfil tipo administrador.

A continuación, se presentan las ventanas del sistema SCADA y se definen las diferencias de opciones disponibles para cada tipo de usuario.

Barras de navegación y Pie de pagina

Al iniciar sesión como se muestra en la figura 3.13, se pueden observar dos barras de navegación, la primera de ellas en color blanco que posibilita el acceso a las funciones “Estado de error” directamente en la barra de navegación, “Contacto soporte técnico”, la cual se describe más adelante en la sección “Funciones adicionales” y a la opción nombrada como “Cuenta” donde es posible acceder a las secciones “Administrar perfil”, “Administrar perfiles” y a la opción “Salir” para cerrar la sesión del usuario. Debido a las limitaciones entre los dos tipos de usuario la sección “Administrar perfiles” solo está disponible desde el perfil administrador.

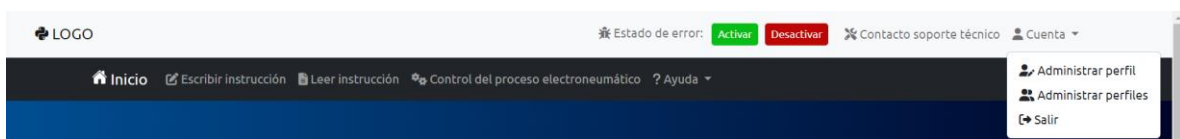


Figura 3.13: Barras de navegación del perfil administrador.

La segunda barra de navegación permite acceder a las opciones de control y supervisión del proceso industrial, así como a la sección “Ayuda”, la cual se describe más adelante.

Como se muestra en la figura 3.14, en todas las ventanas que a continuación se describen está disponible una sección comúnmente conocida como “pie de página” que proporciona información relacionada al sistema SCADA, datos de contacto y otras funciones que se describen más adelante en “Funciones adicionales”.

Proceso de acceso al sistema y ventana de bienvenida al usuario

Para acceder al sistema SCADA, solo es necesario completar los campos del formulario de inicio de sesión que se mostró en la figura 3.1. La ventana de bienvenida mostrará el nombre de usuario del perfil que inició la sesión e información introductoria al sistema SCADA para el usuario tipo administrador como se muestra en la figura 3.14.

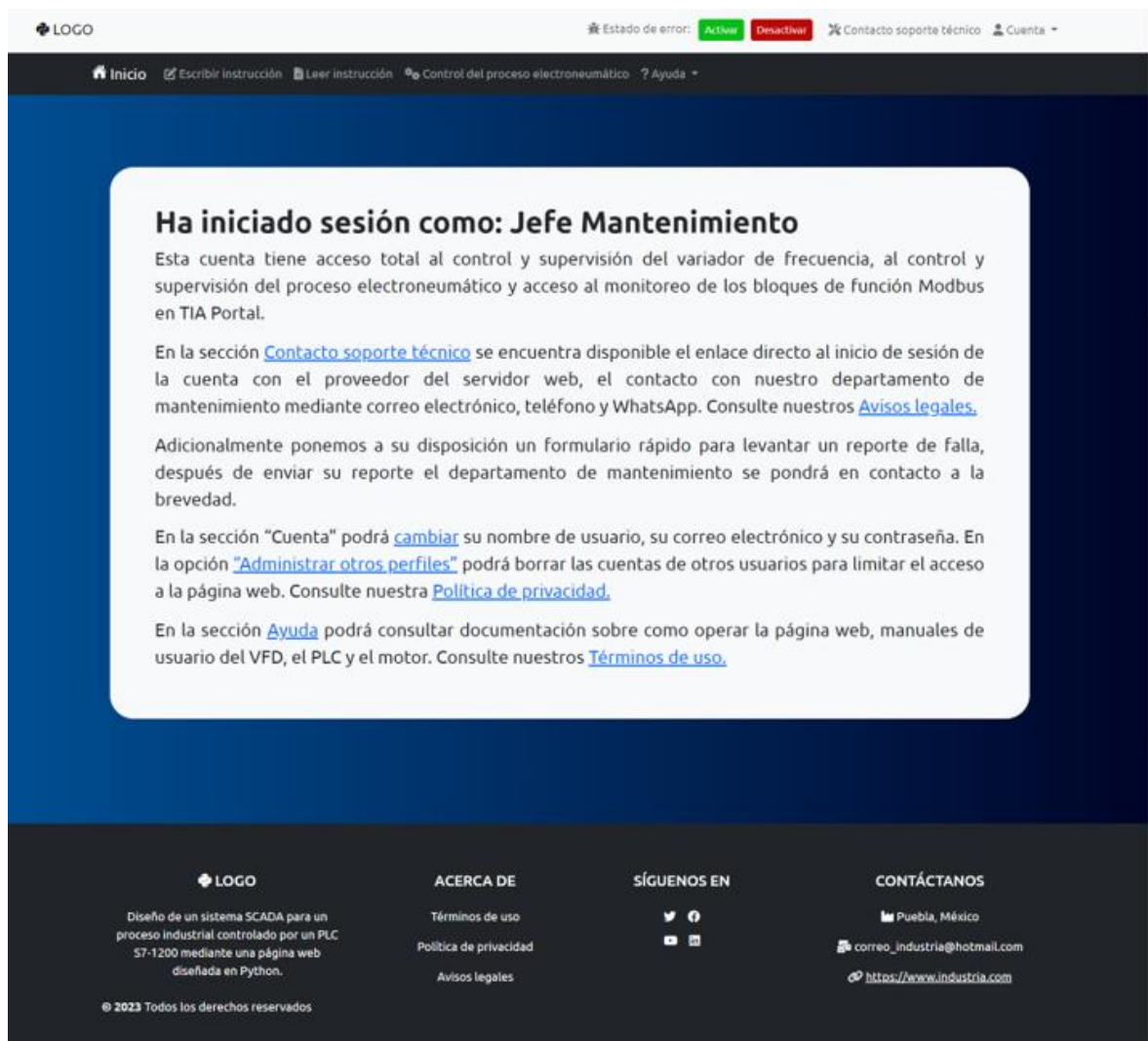


Figura 3.14: Ventana de bienvenida para el usuario tipo administrador.

La figura 3.15 muestra la ventana de bienvenida para los usuarios tipo operador, como es posible apreciar debido a los privilegios de los tipos de usuario la información y funciones de las ventanas son distintas para cada tipo de perfil.

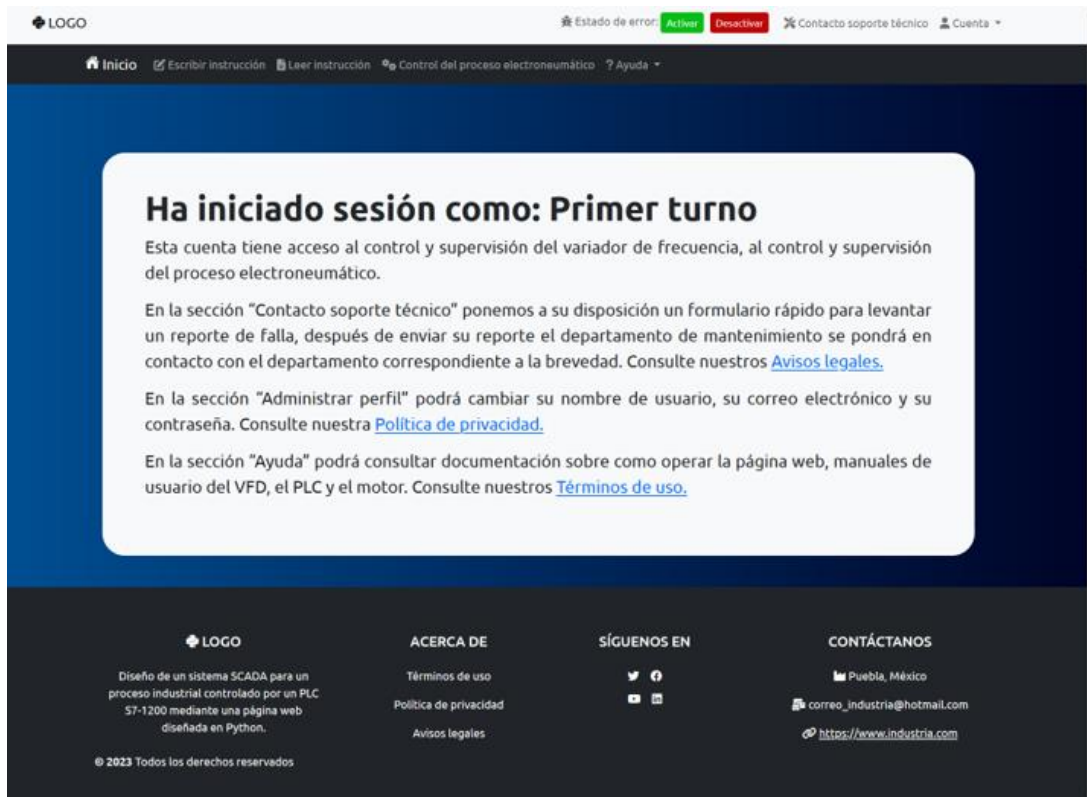


Figura 3.15: Ventana de bienvenida para los usuarios tipo operador.

Ventanas de control del proceso industrial.

Al dar clic en la opción “Escribir instrucción” de la segunda barra de navegación es posible acceder a las funciones del control del proceso industrial. La primera ventana “Estado VFD” permite el control del estado operativo, cambio del sentido de giro del motor, marcha, paro y cambio del sentido de giro del motor con un valor de rampa de aceleración y desaceleración distinta, además del control del proceso mediante el comando Jog o “Avance paso a paso + iniciar”, este comando permite iniciar el giro del motor cargando los parámetros de operación previamente configurados directamente en el variador de frecuencia lentamente.

La figura 3.16 muestra todas las opciones para el perfil administrador, es posible observar que cuenta con una función denominada “Activar control para usuarios”. Esta función permite controlar si los usuarios con perfil tipo operador pueden o no operar el proceso industrial.

Funciona de la siguiente manera, al pulsar el botón “Activar” los operadores pueden controlar el proceso industrial pero el perfil tipo administrador perderá control de este.

Al pulsar el botón “Desactivar” las opciones de control de la ventana "Estado del VFD" que observan los operadores se deshabilitarán y el perfil tipo administrador recuperará el control del proceso industrial.

Para monitorear cual es el estado de esta sección de control, se muestra el texto “El estado del control es:”, según sea la elección del usuario con perfil tipo administrador, debajo aparecerá un texto indicador, mostrando “Activado” o “Desactivado”.

Este control permite que solo un usuario tome control del proceso industrial, el sistema SCADA ha sido configurado de esta forma para evitar posibles daños al motor trifásico.

Si el control para los usuarios con perfil tipo operador ha sido activado y desde el perfil tipo administrador es pulsado algún botón de control de la ventana "Estado del VFD", el control de ambos tipos de cuenta se desactivará. Para recupera el control del proceso industrial el botón “Desactivar” debe ser pulsado. Como es posible observar, para orientar al usuario, esta información se presenta debajo de las funciones de control.

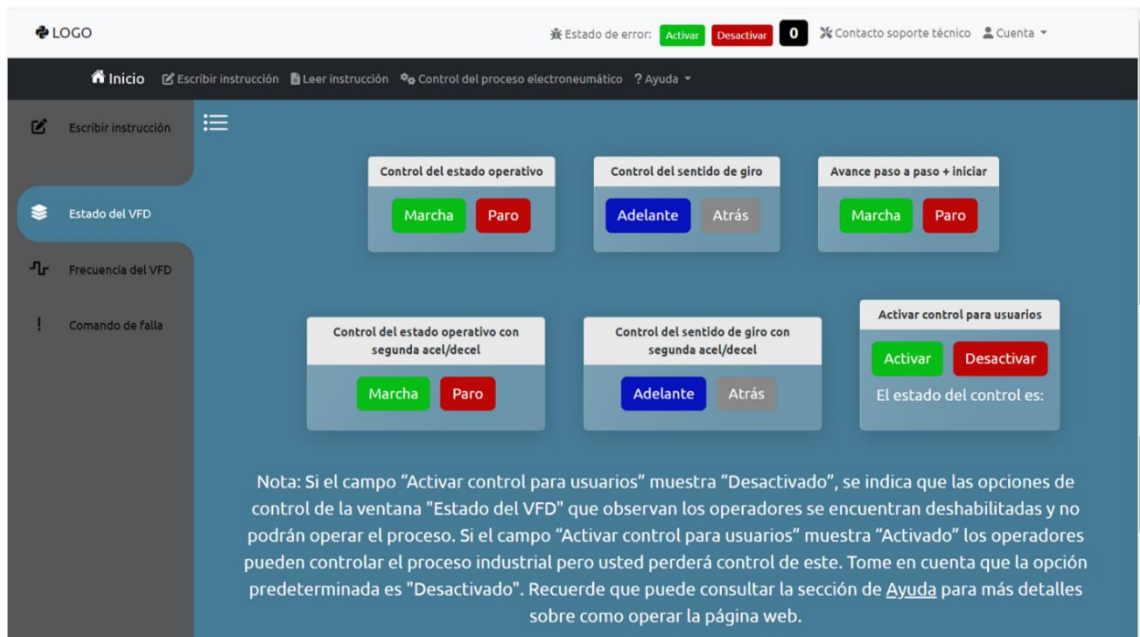


Figura 3.16: Control del estado operativo para el perfil administrador.

La figura 3.17 muestra las opciones disponibles para el perfil operador, como se puede observar, la función “Avance paso a paso + iniciar” no está disponible en este perfil de usuario.



Figura 3.17: Control del estado operativo para el perfil operador.

La figura 3.18 muestra la ventana “Frecuencia del VFD” para controlar la frecuencia de operación del variador de frecuencia.

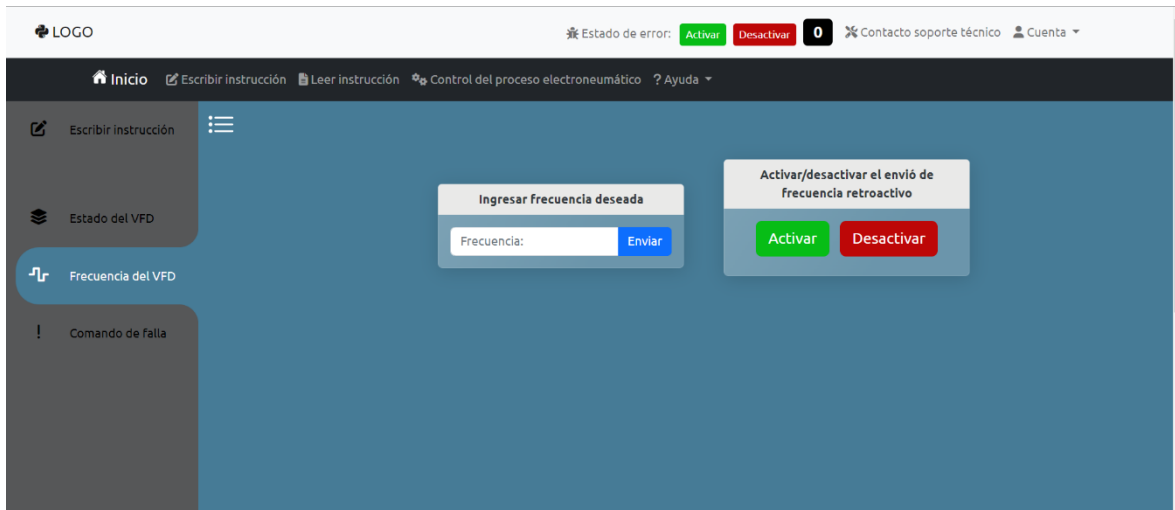


Figura 3.18: Control de la frecuencia de operación del variador.

En el campo “Ingresar frecuencia” se debe ingresar el valor deseado multiplicado por 100, ejemplo: Valor deseado: 60 Hz, entonces $(60)(100) = 6000$. Valor introducido: 6000. Posteriormente, se deberán pulsar los botones “Enviar” y “Activar” para cambiar la frecuencia de operación del variador. Si se desea evitar que la frecuencia sea modificada nuevamente, se debe pulsar el botón “Desactivar”.

Esta sección de control solo está disponible en el perfil tipo administrador.

La figura 3.19 muestra la ventana “Comando de Falla”, esta sección permite simular una falla de alimentación en el variador de frecuencia. Para ello se debe activar el comando en el campo correspondiente, para restablecer la falla se deben pulsar los dos botones “Restablecer”.

Esta sección de control solo está disponible en el perfil tipo administrador.



Figura 3.19: Control del comando de falla.

Como podemos notar, a la izquierda de la página web se dispone de una columna de navegación desde donde es posible acceder a todas las ventanas de control, esta forma de navegación también está disponible para las ventanas de supervisión del proceso.

Ventanas de supervisión

Al dar clic en la opción “Leer instrucción” de la segunda barra de navegación, es posible acceder a las funciones de supervisión del proceso industrial.

La primera ventana, nombrada como “Activar/Desactivar”, permite supervisar nueve de diez señales y estados de operación.

Al activar el estado que se desea supervisar, se mostrará un código en formato hexadecimal en tiempo real del estado o señal, con excepción de la supervisión del estado actual de la frecuencia, que en lugar de mostrar un valor numérico con formato hexadecimal muestra el valor de la frecuencia actual del variador en tiempo real en Hertz (Hz), como se muestra en la figura 3.20.

Si se desactiva la supervisión de algún estado, el campo correspondiente mostrará el último código obtenido antes de la desactivación; por lo tanto, el valor mostrado no corresponderá al valor actual.

Como es posible notar en la figura 3.20, todos los estados de supervisión indican un código (0), este es el estado inicial de todas las ventanas de supervisión, dado que aún no se ha enviado la instrucción para activar la supervisión de los procesos.

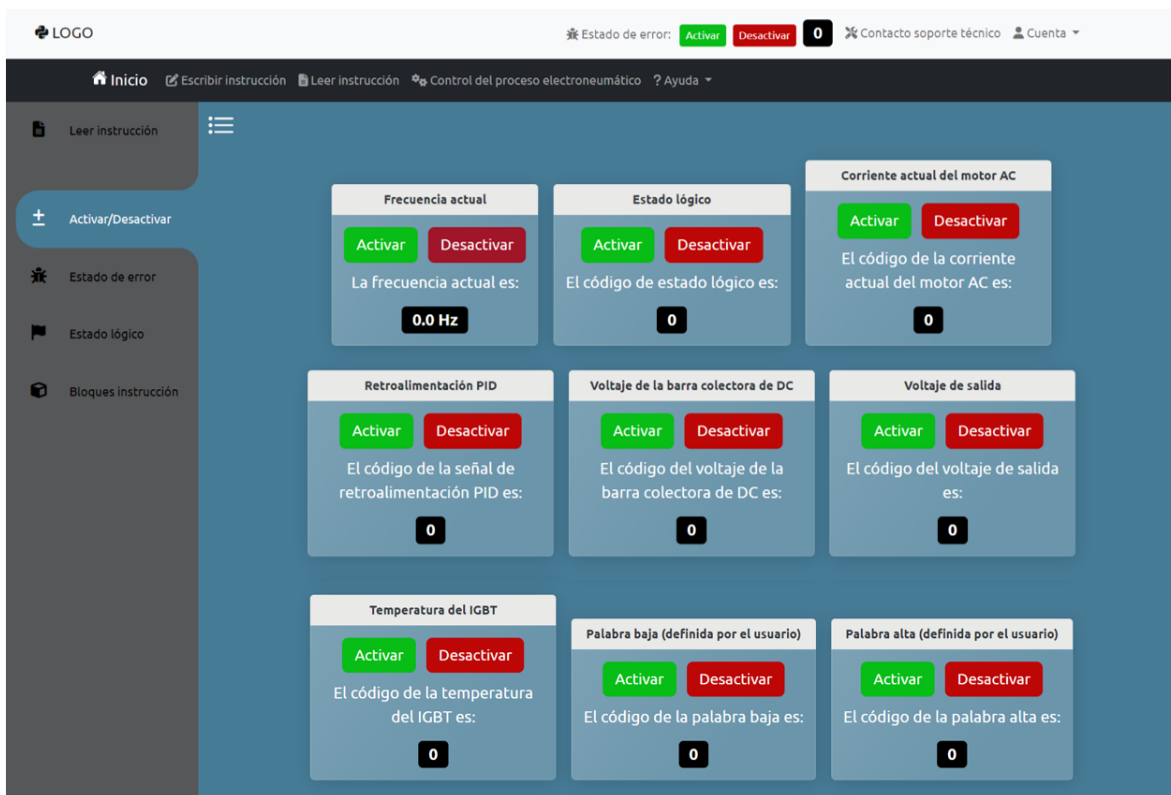


Figura 3.20: Supervisión y activación de todos los estados posibles del VFD.

El décimo estado de operación se encuentra en la primera barra de navegación y corresponde a la supervisión del “Estado de error” como se ha mostrado desde la figura 3.13 hasta la figura 3.20, su funcionamiento es similar a los nueve estados y señales anteriores con la excepción que, al pulsar “Activar” o “Desactivar” además de realizar la opción seleccionada, redirigirá al usuario a la ventana de supervisión “Activar/Desactivar” permitiendo supervisar o no el resto de los estados del variador.

La supervisión del “Estado de error” se implementa de esta forma en el sistema SCADA con el propósito de supervisar el estado de error en las ventanas que el usuario visualizará por más tiempo, por lo tanto, el código en formato hexadecimal no se muestra en las ventanas “Contacto soporte técnico”, “Administrar perfil”, “Administrar perfiles”, “Inicio” y en las ventanas “Sobre este sitio”, “Términos de uso”, “Política de privacidad” y “Avisos legales”, las cuales se detallan más adelante.

La segunda ventana, nombrada como “Estado de error”, permite supervisar todos los estados de error posibles tanto del variador de frecuencia como del motor como se muestra en la figura 3.21.

Tipo de error	Estado del error	Tipo de error	Estado del error	Tipo de error	Estado del error
Sin fallas	0	Error de señal ACI (AErr)	0	Falla de ESCRITURA en el CPU del panel de alimentación eléctrica (cF1.0)	0
Exceso de corriente (oc)	0	Error de la fase-U (cF3.0)	0	Falla de LECTURA en el CPU del panel de alimentación eléctrica (cF2.0)	0
Exceso de voltaje (ov)	0	Error de la fase-V (cF3.1)	0	Error de la barra colectora de CC (cF3.3)	0
Sobrecalentamiento IGBT (oH1)	0	Error de la fase-W (cF3.2)	0	Perdida de alimentación trifásica en VFD	0
Sobrecarga (oL)	0	Sobrecalentamiento IGBT (cF3.4)	0	Falla de acel/desacel automática (cFA)	0
Sobrecarga 1 (oL1)	0	Protección contra el sobrecalentamiento del PTC del motor (PcC1)	0	Falla de la protección del hardware CC, OC (HPF1)	0
Sobrecarga 2 (oL2)	0	La corriente excede en 2 veces la corriente nominal durante la aceleración (ocA)	0	Falla de la protección del hardware contra voltajes excesivos (HPF2)	0
Sobrecarga 2 (oL2)	0	La corriente excede en 2 veces la corriente nominal durante la aceleración (ocA)	0	Falla de la protección del hardware contra voltajes excesivos (HPF2)	0
Falla externa (FE)	0	La corriente excede en 2 veces la corriente nominal durante la desaceleración (ocd)	0	Falla de la protección del hardware GFF (HPF3)	0
Falla de la puesta a tierra	0	La corriente excede en 2 veces la corriente nominal durante el funcionamiento estable (ocn)	0	Falla de la protección del hardware OC (MPF4)	0
PHL (Pérdida de fase)	0	Protección para el software activada (codE)	0		

Nota: Si el “Estado de error” se muestra en “0” se indica que el error no es válido, si se muestra un valor distinto de “0” el error esta activo. Recuerde que puede consultar la sección de [Ayuda](#) para más detalles sobre como operar la página web.

Figura 3.21: Supervisión de los estados de error del variador de frecuencia y el motor.

Para que la supervisión de errores sea eficiente, se diseñó esta ventana de tal forma que, los estados de error posibles se presenten a la vista del operador, evitando la manipulación de la ventana para la supervisión. Los estados de error posibles se presentan en una tabla con seis columnas, tres columnas presentan la información esencial sobre el tipo de error y a la derecha de cada una el “Estado del error”.

Como se puede observar en la figura 3.21, debajo de la tabla se presenta una nota que indica la nomenclatura y método de supervisión del proceso. Si el estado de error se muestra en “0” el estado de error no es válido, si el estado de error muestra un código en formato hexadecimal distinto de “0”, el error ha ocurrido y se encuentra activo. Además, se presenta una opción de acceso directo a una sección de “Ayuda”, donde se encuentran todas las funciones e información necesaria para operar el sistema SCADA, la cual se expone más adelante en “Funciones adicionales”.

Es importante destacar que, el método de supervisión será el mismo para todas las ventanas de supervisión del sistema SCADA, así como la nota informativa se encuentra disponible al pie de tabla de cada ventana de supervisión.

Como se ha mencionado, para que la supervisión de errores sea eficiente, solo se presenta la información esencial. Si se requiere más información sobre los tipos de error, se recomienda consultar previamente el manual de usuario del variador de frecuencia. Más adelante en la sección “Funciones adicionales” se presenta una sección del sistema SCADA que posibilita el acceso a este y otros documentos.

La tercera ventana, nombrada como “Estado lógico”, permite supervisar todos los estados de operación posibles tanto del variador de frecuencia como del motor, como se muestra en la figura 3.22. De igual manera que en la ventana de supervisión anterior, solo se presenta la información esencial sobre los estados de operación. Si se desea obtener más información, antes de operar el sistema se recomienda consultar el manual de usuario del variador de frecuencia.

Estado lógico	Valor	Estado lógico	Valor	Estado lógico	Valor
El motor está detenido	1	Marcha hacia delante	1	Comando JOG (avance paso a paso)	0
El motor desacelera hasta detenerse	0	El motor cesa de retroceder y comienza a avanzar	0	"Frecuencia maestra controlada por la interfaz de comunicación"	0
El motor se encuentra en modo de espera	0	El motor cesa de avanzar y comienza a retroceder	0	Frecuencia maestra controlada por la señal analógica	0
El motor se encuentra operando	0	Marcha hacia atrás	0	Comando para función controlado por la comunicación de interfase	0

Nota: Si el "Valor" se muestra en "0" se indica que el estado no es válido, si se encuentra en "1" el estado esta activo. Recuerde que puede consultar la sección de [Ayuda](#) para más detalles sobre como operar la página web.

Figura 3.22: Supervisión del estado del proceso.

La cuarta ventana, nombrada como “Bloques de instrucción”, que se muestra en la figura 3.23, permite supervisar el estado en que se encuentre cada bloque de instrucción Modbus en la programación escalera del PLC. Esto con el fin de proporcionar un panorama adicional del funcionamiento del proceso y la transmisión de los datos involucrada.

El funcionamiento de esta ventana de supervisión es similar a las dos anteriores. debajo de la tabla se presenta una nota que indica la nomenclatura y método de supervisión del proceso. Si el estado del bloque se muestra en “No energizado” indica que el bloque de

instrucciones Modbus no se encuentra operando, si se indica “Energizado” el bloque de instrucción esta activo, por lo tanto, el bloque de instrucción se encuentra activo.

Esta ventana de supervisión solo se encuentra disponible en el perfil tipo administrador.

Bloque MB	Estado del bloque	Bloque MB	Estado del bloque	Bloque MB	Estado del bloque
Prueba establecer comunicación	Energizado	Prueba Inicio segundo valor aceleración/desaceleración	No energizado	Prueba Reconocimiento de falla externa	No energizado
Prueba Activar variables de acción	Energizado	Prueba Paro segundo valor aceleración/desaceleración	No energizado	Prueba Falla externa	No energizado
Prueba Inicio	No energizado	Prueba Adelante segundo valor aceleración/desaceleración	No energizado	Prueba Reset	No energizado
Prueba Paro	No energizado	Prueba Atrás segundo valor aceleración/desaceleración	No energizado	Prueba Desactivar código de error	No energizado
Prueba Marcha hacia delante	No energizado	Prueba Retroalimentación o monitoreo de frecuencia	No energizado	Prueba Voltaje de salida	No energizado
Prueba Marcha hacia atrás	No energizado	Prueba Estado lógico	No energizado	Prueba Temperatura IGBT	No energizado
Prueba Jog + Run	No energizado	Prueba Supervisión de corriente	No energizado	Prueba Palabra baja	No energizado
Prueba Envío de frecuencia	No energizado	Prueba Retroalimentación de PID	No energizado	Prueba Palabra alta	No energizado
Prueba Supervisión de errores	No energizado	Prueba Voltaje bus DC	No energizado		

Nota: Si el “Estado del bloque” se muestra en “No energizado” se indica que el bloque de instrucciones Modbus no se encuentra operando, si se indica “Energizado” el bloque de instrucción esta activo. Recuerde que puede consultar la sección de [Ayuda](#) para más detalles sobre como operar la página web.

Figura 3.23: Supervisión de los bloques de instrucción Modbus.

Funciones adicionales

Como se ha expuesto anteriormente, el sistema SCADA cuenta con algunas funciones adicionales relacionadas con el proceso industrial y que mejoran la experiencia de uso, a continuación, se definen estas funciones.

Ayuda al usuario

En la segunda barra de navegación del sistema se encuentra una sección denominada “Ayuda”. Al acceder a esta sección se muestra un menú, como se puede observar en la figura 3.24, con algunas opciones que proporcionan ayuda al usuario sobre el sistema SCADA y sobre el Hardware involucrados en el proceso industrial.

La primera de estas opciones denominada “Sobre este sitio”, como se muestra en la figura 3.24, proporciona información sobre el funcionamiento del sistema, de cómo operar y supervisar el proceso industrial. Esta ventana también es accesible desde la ventana de

bienvenida al usuario (figuras 3.14 y 3.15) y desde las ventanas de supervisión (figuras 3.21 a 3.23).

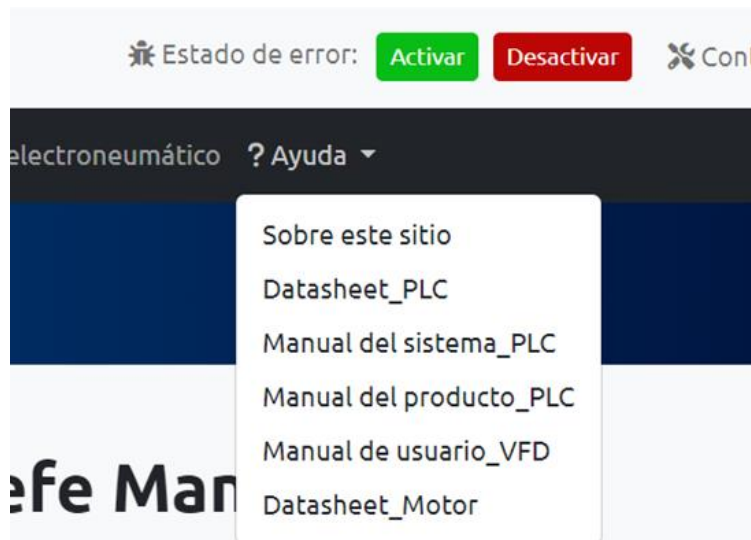


Figura 3.24: Sección de ayuda al usuario.

El contenido de la ventana de ayuda se muestra en las figuras 3.25 a 3.33.

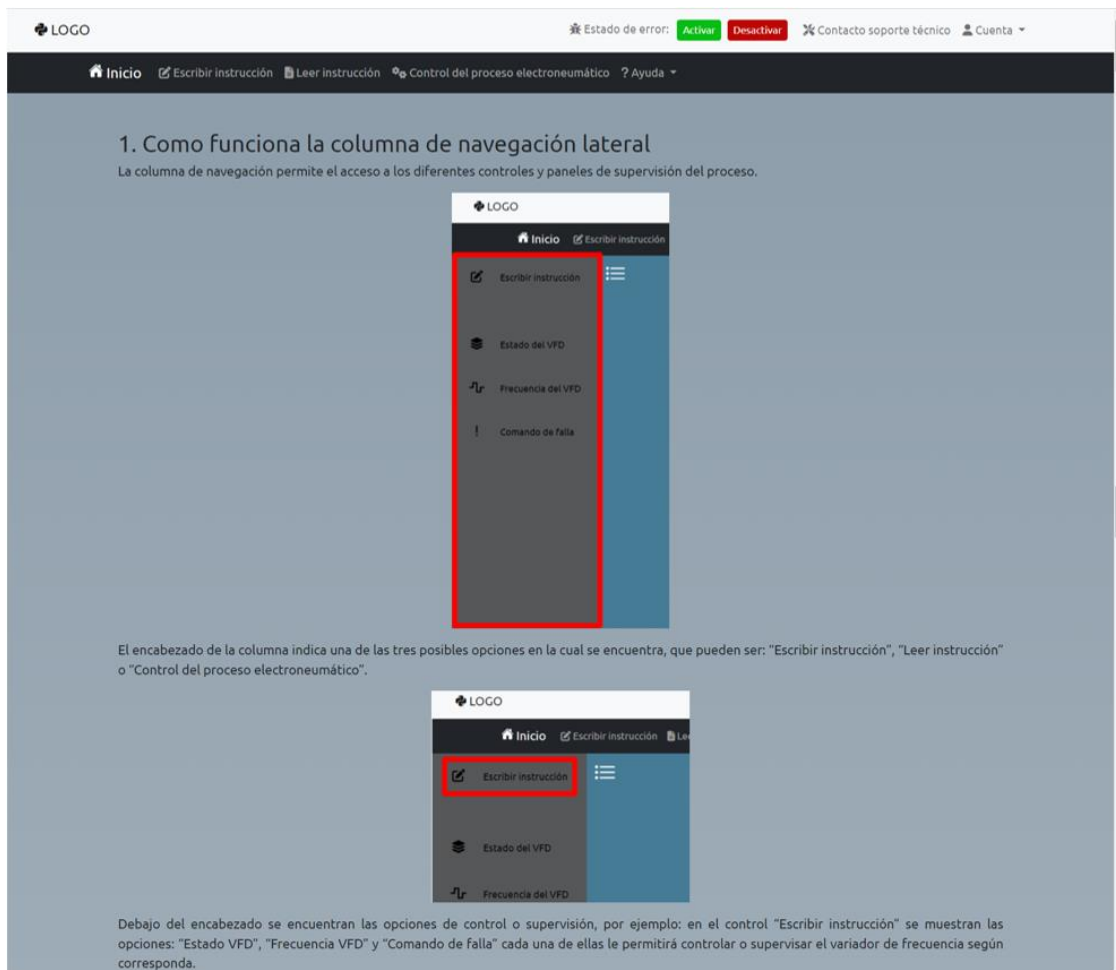


Figura 3.25: Ventana "Sobre este sitio" del perfil tipo administrador.

Al sobreponer el cursor sobre alguna de las opciones disponibles en la columna de navegación, es posible apreciar que el color debajo de la opción cambia en función del contenido del resto de la ventana, esto indica una preselección de opción, al dar clic, podrá acceder al control correspondiente.



Para una mejor visualización, es posible ocultar el contenido de la columna de navegación al dar clic sobre los tres puntos que se muestran en la esquina inferior izquierda de la ventana de control.



Figura 3.26: Ventana "Sobre este sitio" del perfil tipo administrador (continuación).

2. Como operar el motor mediante el variador de frecuencia

2.1 Sobre el Estado del VFD

Esta opción permite controlar el estado operativo del variador de frecuencia en donde se pueden observar las siguientes 5 opciones:

2.1.1 Control del estado operativo: En esta sección se encuentran los controles para dar marcha y detener el motor mediante los botones "Marcha" y "Paro" correspondientemente. Al pulsar "Marcha" el variador pasará del estado "STOP" al estado "RUN" sin embargo, el motor no se pondrá en marcha, para que el motor comience a operar es necesario configurar previamente la frecuencia de operación deseada (Consulte el inciso 2.2).

Posteriormente, con la frecuencia de operación confirmada en el variador de frecuencia al pulsar "Marcha" el variador pasará del estado "STOP" al estado "RUN" y por defecto el motor comenzará a girar en el sentido de las manecillas del reloj (Adelante) aumentando la frecuencia hasta alcanzar el valor configurado con los valores del tiempo de aceleración y desaceleración previamente programados mediante el teclado integrado en el VFD.

2.1.2 Control del sentido de giro: En esta sección se encuentran los controles para cambiar el sentido de giro del motor mediante los botones "Adelante" y "Atrás". Con el motor en estado operativo con sentido de giro hacia "Adelante" para cambiar el sentido de giro al contrario de las manecillas del reloj (Atrás) se debe pulsar el botón "Atrás".

Si se desea que el motor inicie el estado operativo con sentido de giro hacia "Atrás" basta con pulsar el botón correspondiente en la sección "Control del sentido de giro" antes de pulsar el botón "Marcha" en la sección "Control del estado operativo".

2.1.3 Avance paso a paso + iniciar: Esta sección solo es accesible con la cuenta "Jefe Mantenimiento".

Se diferencia de la sección "Control del estado operativo" ya que permite dar marcha y detener el motor mediante los botones "Marcha" y "Paro" correspondientemente con valores de frecuencia y tiempo de aceleración y desaceleración previamente programados mediante el teclado integrado en el VFD que pueden ser diferentes de los valores configurados y programados en la sección "Control del estado operativo".

Figura 3.27: Ventana "Sobre este sitio" del perfil tipo administrador (continuación).

Es importante mencionar que los valores con los que operara el motor mediante esta opción de control solo pueden ser modificados mediante el teclado integrado en el VFD, no es posible realizar modificaciones a dichos valores desde esta página web.

2.1.4 Control del estado operativo con segunda acel/decel: Esta sección se comporta similarmente a la sección "Control del estado operativo" (2.1.1) con la única diferencia que los valores del tiempo de aceleración y desaceleración con los que iniciará el variador serán diferentes, dependerán de la programación previamente realizada mediante el teclado integrado en el VFD.

2.1.5 Control del sentido de giro con segunda acel/decel: Esta sección se comporta similarmente a la sección "Control del sentido de giro" (2.1.2) con la única diferencia que corresponde al control realizado con la sección "Control del estado operativo con segunda acel/decel". Es importante realizar el cambio de sentido de giro con esta sección ya que, si se realiza con los botones de la sección "Control del sentido de giro", podrían producirse fallas en el proceso y daños al equipo.

2.1.6 Activar control para usuarios: Esta sección permite controlar si los usuarios con cuenta tipo "Operador" pueden o no operar el proceso industrial, por lo tanto, esta sección solo es accesible con la cuenta "Jefe Mantenimiento".

Al pulsar el botón "Activar" los operadores pueden controlar el proceso industrial pero la cuenta "Jefe Mantenimiento" perderá control del mismo.

Al pulsar el botón "Desactivar" las opciones de control de la ventana "Estado del VFD" que observan los operadores se deshabilitaran y la cuenta "Jefe Mantenimiento" recuperara el control del proceso industrial.

Para monitorear cual es el estado de esta sección de control, se muestra el texto "El estado del control es:" y debajo aparecerá un texto indicador, mostrando "Activado" o "Desactivado" según sea la elección del usuario con cuenta "Jefe Mantenimiento".

Tome en cuenta lo siguiente:

Figura 3.28: Ventana "Sobre este sitio" del perfil tipo administrador (continuación).

A.- Solo un usuario podrá tomar control del proceso industrial, El sistema SCADA ha sido configurado de esta forma para evitar posibles daños al motor trifásico.

B.- Si el control para los usuarios con cuenta tipo "Operador" ha sido activado y desde la cuenta "Jefe Mantenimiento" es pulsado algún botón de control de la ventana "Estado del VFD", por seguridad y para evitar daños al equipo, el control de ambos tipos de cuenta se desactivará. Para recupera el control del proceso industrial el botón "Desactivar" debe ser pulsado.

C.- La opción predeterminada es "Desactivar", sin embargo, es necesario seleccionar alguna de las dos opciones disponibles para que el texto indicador se muestre.

2.2 Sobre la Frecuencia

Esta opción solo es accesible con la cuenta "Jefe Mantenimiento".

Permite controlar la frecuencia de operación del variador de frecuencia en donde se pueden observar las siguientes 2 opciones:

2.2.1 Ingresar frecuencia deseada: En esta sección se encuentran los controles para cambiar la frecuencia de operación. El valor debe ser ingresado con el siguiente formato: (Frecuencia deseada en Hz X 10), posteriormente el botón "Enviar" deberá ser pulsado, de lo contrario el variador no recibirá el valor.

2.2.2 Activar/desactivar el envío de frecuencia retroactivo: Después de pulsar el botón "Enviar" para que el variador pueda recibir la frecuencia deseada se debe pulsar el botón "Activar".

En el momento que se desee, el botón "Desactivar" puede ser pulsado para desactivar la recepción de la frecuencia en el variador. Esto evitará que el variador reciba cambios de frecuencia inesperados.

Alternativamente es posible pulsar el botón "Activar" antes de enviar la frecuencia deseada, pero tome en cuenta que, de realizar el envío de esta forma la frecuencia cambiara de forma inmediata al pulsar el botón "Enviar".

Figura 3.29: Ventana "Sobre este sitio" del perfil tipo administrador (continuación).

2.3 Sobre el comando de falla

Esta opción solo es accesible con la cuenta "Jefe Mantenimiento".

Permite simular una falla externa en el variador de frecuencia, para ello se debe proceder de la siguiente forma:

2.3.1 Activar/desactivar el comando para el reconocimiento de falla: Como el nombre de la sección lo indica, primero deberá pulsar el botón "Activar" para que el variador pueda recibir la instrucción para simular la falla.

2.3.2 Activar falla externa y restablecer: Como el nombre de la sección lo indica, para simular la falla deberá pulsar el botón "Falla". Posteriormente el valor de frecuencia entrará en estado de falla externa, si el motor se encuentra en estado de operación al momento de simular la falla, este se detendrá en el tiempo de desaceleración configurado según el control que se estaba ejecutando (2.1.1, 2.1.3 o 2.1.4).

Para borrar el estado de falla del variador pulse "Restablecer", en ese momento si el motor se encontraba en estado de operación girara nuevamente.

2.3.3 Restablecer el código de instrucciones: Dado que la simulación de falla externa fue activada se debe restablecer el código de instrucciones para evitar un mal funcionamiento en el proceso.

3. Como supervisar el motor y el variador de frecuencia

3.1 Sobre los comandos Activar/Desactivar

En esta sección se encuentran 9 secciones de control, cada una de ellas permite si se desea o no supervisar los distintos estados del variador, mediante los botones "Activar o Desactivar" correspondientemente. Además, en cada una de las secciones se mostrará el código en formato hexadecimal correspondiente a cada estado, siempre y cuando el botón "Activar" haya sido pulsado.

Figura 3.30: Ventana "Sobre este sitio" del perfil tipo administrador (continuación).

Si se desactiva la supervisión de algún o algunos estados debe tener en cuenta que se mostrará el último código obtenido hasta que la supervisión sea reactivada.

3.1.1 Comando Activar/Desactivar para el Estado de error: Esta sección de control se encuentra fuera de la ventana de supervisión "Activar/Desactivar" con el propósito de supervisar el estado de error en casi todas las ventanas y se ubica en la barra de menú superior a la izquierda de la opción "Contacto soporte técnico".

Funciona de la misma forma que las 9 secciones de control anteriores con la excepción que, al pulsar "Activar" o "Desactivar" además de realizar la opción seleccionada, redirigirá al usuario a la ventana de supervisión "Activar/Desactivar" permitiendo supervisar o no el resto de los estados del variador.

Tome en cuenta que el código en formato hexadecimal no se muestra en las ventanas "Contacto soporte técnico", "Administrar perfil", "Administrar perfiles", "Inicio", "Sobre este sitio", "Términos de uso", "Política de privacidad" y "Avisos legales".

3.2 Sobre el Estado de error

Esta sección resume en una tabla los posibles estados de error en los que pueda entrar tanto el motor como el VFD. Si el "Estado de error" se encuentra en "0" se indica que no hay error, si se encuentra en "1" el error está activo. La visualización de los estados depende de si fue activado el control correspondiente en la sección 3.1.

3.3 Sobre el estado lógico

Esta sección se comporta similarmente a la sección 3.2, resume en una tabla los posibles estados lógicos en los que pueda entrar el variador de frecuencia. Si el "Valor" se encuentra en "0" se indica que el estado lógico está inactivo, si se encuentra en "1" el estado lógico está activo.

La visualización de los estados depende de si fue activado el control correspondiente en la sección 3.1.

Figura 3.31: Ventana "Sobre este sitio" del perfil tipo administrador (continuación).

3.4 Sobre los bloques de instrucción

Esta sección solo es accesible con la cuenta "Jefe Mantenimiento".

Se comporta similarmente a la sección 3.2, en esta sección de supervisión es posible visualizar si los bloques de instrucción del PLC en la programación TIA Portal se encuentran "energizados" o "activos". Si el "Estado" se encuentra en "0" se indica que el bloque de instrucción está inactivo, si se encuentra en "1" el estado lógico está activo.

La visualización de los estados siempre está activa y no depende de ninguna otra acción.

Esta sección se tiene el propósito de supervisar el correcto funcionamiento de la transferencia de datos en el proyecto TIA Portal. Por ejemplo, si se esperaba que algún bloque se encuentre activo pero la tabla se muestra lo contrario es posible diferenciar si el error se encuentra en la comunicación o en el dispositivo.

4. Como operar y supervisar el proceso electroneumático

4.1 Sobre el comando Activar/Desactivar

Esta sección permite activar o desactivar el control del proceso electroneumático. Al pulsar "Activar" se habilitará la secuencia en el PLC, con esta acción realizada si el botón pulsador de marcha del tablero eléctrico que controla el proceso es presionado la secuencia dará inicio. Si el pulsador de marcha o alguno de los botones involucrados en el proceso es presionado antes de activar el control en la página web el proceso electroneumático no realizará la acción esperada.

Figura 3.32: Ventana "Sobre este sitio" del perfil tipo administrador (continuación).

4.2 Sobre la supervisión del proceso

Esta sección muestra el estado actual del proceso electroneumático en 13 niveles de supervisión.

- El primer nivel muestra el estado de Marcha o Paro del proceso.
- El segundo nivel muestra si el proceso se está ejecutando o si el paro de emergencia ha sido activado.
- Importante: Si el paro de emergencia es activado se mostrará una ventana emergente de alerta, esto solo sucede en esta sección, la ventana emergente no se mostrará en otras secciones de la página web.
- Los niveles 3 a 6 muestran el estado de activación de los sensores, mientras que los niveles 7 a 10 muestran el estado de activación de las electroválvulas.
- Los niveles 11 a 13 muestran el estado de activación de las lámparas indicadoras.

Figura 3.33: Ventana "Sobre este sitio" del perfil tipo administrador (continuación).

Debido a que las funciones para ambos tipos de usuarios son diferentes, la información proporcionada en esta sección cambiará en función de cada tipo de usuario. En las figuras 3.25 a 3.33, se ejemplifica el contenido de esta ventana con la información disponible para el perfil tipo administrador. Sin embargo, los perfiles tipo operador cuentan con imágenes distintas e incisos limitados, en las figuras 3.34 a 3.38. Se muestra la información disponible para el perfil tipo operador.

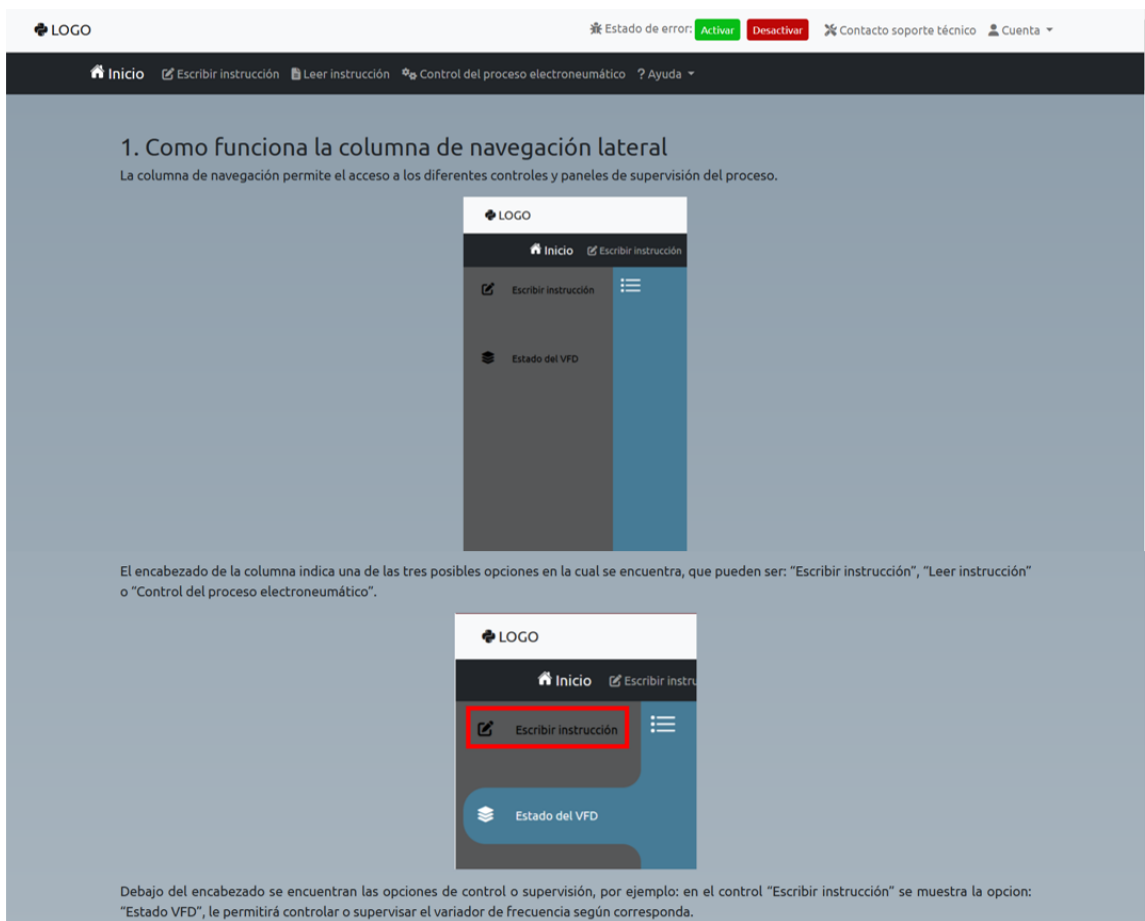


Figura 3.34: Ventana "Sobre este sitio" del perfil tipo operador.

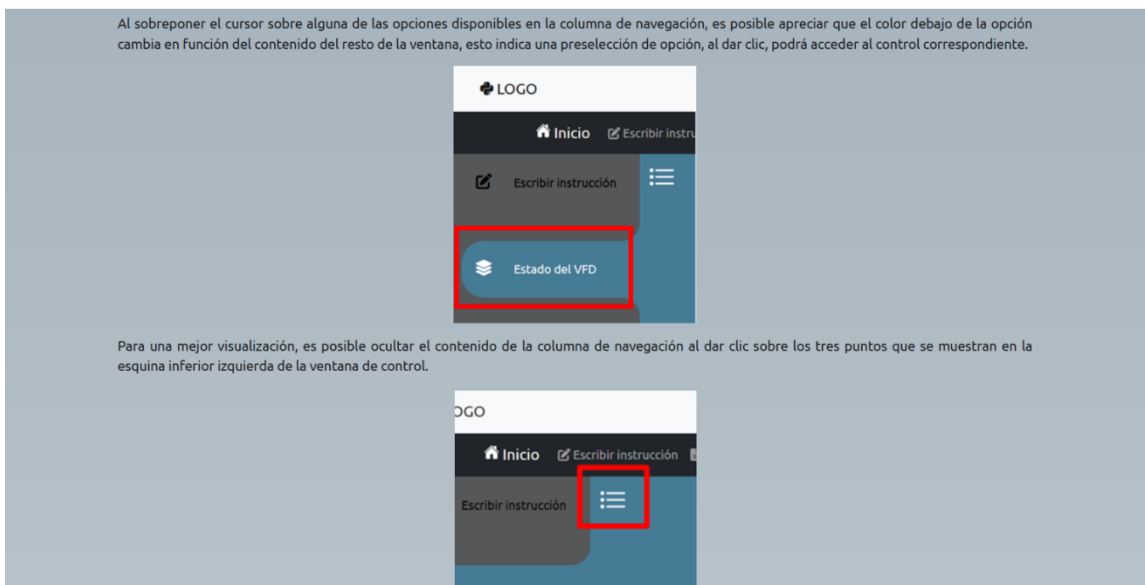


Figura 3.35: Ventana "Sobre este sitio" del perfil tipo operador (continuación).



2. Como operar el motor mediante el variador de frecuencia

2.1 Sobre el Estado del VFD

Esta opción permite controlar el estado operativo del variador de frecuencia en donde se pueden observar las siguientes 5 opciones:

2.1.1 Control del estado operativo: En esta sección se encuentran los controles para dar marcha y detener el motor mediante los botones "Marcha" y "Paro" correspondientemente. Al pulsar "Marcha" el variador pasará del estado "STOP" al estado "RUN" sin embargo, el motor no se pondrá en marcha, para que el motor comience a operar es necesario configurar previamente la frecuencia de operación deseada. Consulte con el administrador del sistema SCADA para configurar la frecuencia.

Posteriormente, con la frecuencia de operación confirmada en el variador de frecuencia al pulsar "Marcha" el variador pasará del estado "STOP" al estado "RUN" y por defecto el motor comenzará a girar en el sentido de las manecillas del reloj (Adelante) aumentando la frecuencia hasta alcanzar el valor configurado con los valores del tiempo de aceleración y desaceleración previamente programados mediante el teclado integrado en el VFD.

2.1.2 Control del sentido de giro: En esta sección se encuentran los controles para cambiar el sentido de giro del motor mediante los botones "Adelante" y "Atrás". Con el motor en estado operativo con sentido de giro hacia "Adelante" para cambiar el sentido de giro al contrario de las manecillas del reloj (Atrás) se debe pulsar el botón "Atrás".

Si se desea que el motor inicie el estado operativo con sentido de giro hacia "Atrás" basta con pulsar el botón correspondiente en la sección "Control del sentido de giro" antes de pulsar el botón "Marcha" en la sección "Control del estado operativo".

2.1.3 Control del estado operativo con segunda acel/decel: Esta sección se comporta similarmente a la sección "Control del estado operativo" (2.1.1) con la única diferencia que los valores del tiempo de aceleración y desaceleración con los que iniciará el variador serán diferentes, dependerán de la programación previamente realizada mediante el teclado integrado en el VFD.

Figura 3.36: Ventana "Sobre este sitio" del perfil tipo operador (continuación).

2.1.4 Control del sentido de giro con segunda acel/decel: Esta sección se comporta similarmente a la sección "Control del sentido de giro" (2.1.2) con la única diferencia que corresponde al control realizado con la sección "Control del estado operativo con segunda acel/decel". Es importante realizar el cambio de sentido de giro con esta sección ya que, si se realiza con los botones de la sección "Control del sentido de giro", podrían producirse fallas en el proceso y daños al equipo.

3. Como supervisar el motor y el variador de frecuencia

3.1 Sobre los comandos Activar/Desactivar

En esta sección se encuentran 9 secciones de control, cada una de ellas permite si se desea o no supervisar los distintos estados del variador, mediante los botones "Activar o Desactivar" correspondientemente. Además, en cada una de las secciones se mostrará el código en formato hexadecimal correspondiente a cada estado, siempre y cuando el botón "Activar" haya sido pulsado.

Si se desactiva la supervisión de algún o algunos estados debe tener en cuenta que se mostrará el ultimo código obtenido hasta que la supervisión sea reactivada.

3.1.1 Comando Activar/Desactivar para el Estado de error: Esta sección de control se encuentra fuera de la ventana de supervisión "Activar/Desactivar" con el propósito de supervisar el estado de error en casi todas las ventanas y se ubica en la barra de menú superior a la izquierda de la opción "Contacto soporte técnico".

Funciona de la misma forma que las 9 secciones de control anteriores con la excepción que, al pulsar "Activar" o "Desactivar" además de realizar la opción seleccionada, redirigirá al usuario a la ventana de supervisión "Activar/Desactivar" permitiendo supervisar o no el resto de los estados del variador.

Tome en cuenta que el código en formato hexadecimal no se muestra en las ventanas "Contacto soporte técnico", "Administrar perfil", "Administrar perfiles", "Sobre este sitio", "Términos de uso", "Política de privacidad" y "Avisos legales".

3.2 Sobre el Estado de error

Esta sección resume en una tabla los posibles estados de error en los que pueda entrar tanto el motor como el VFD. Si el "Estado de error" se encuentra en "0" se indica que no hay error, si se encuentra en "1" el error esta activo. La visualización de los estados depende si fue activado el control correspondiente en la sección 3.1.

3.3 Sobre el estado lógico

Esta sección se comporta similarmente a la sección 3.2, resume en una tabla los posibles estados lógicos en los que pueda entrar el variador de frecuencia. Si el "Valor" se encuentra en "0" se indica que el estado lógico esta inactivo, si se encuentra en "1" el estado lógico esta activo.

La visualización de los estados depende si fue activado el control correspondiente en la sección 3.1.

Figura 3.37: Ventana "Sobre este sitio" del perfil tipo operador (continuación).

4. Como operar y supervisar el proceso electroneumático

4.1 Sobre el comando Activar/Desactivar

Esta sección permite activar o desactivar el control del proceso electroneumático. Al pulsar "Activar" se habilitará la secuencia en el PLC, con esta acción realizada si el botón pulsador de marcha del tablero eléctrico que controla el proceso es presionado la secuencia dará inicio. Si el pulsador de marcha o alguno de los botones involucrados en el proceso es presionado antes de activar el control en la página web el proceso electroneumático no realizará la acción esperada.

4.2 Sobre la supervisión del proceso

Esta sección muestra el estado actual del proceso electroneumático en 13 niveles de supervisión.

- El primer nivel muestra el estado de Marcha o Paro del proceso.
- El segundo nivel muestra si el proceso se esta ejecutando o si el paro de emergencia ha sido activado.
- **Importante:** Si el paro de emergencia es activado se mostrará una ventana emergente de alerta, esto solo sucede en esta sección, la ventana emergente no se mostrará en otras secciones de la página web.
- Los niveles 3 a 6 muestran el estado de activación de los sensores, mientras que los niveles 7 a 10 muestran el estado de activación de las electroválvulas
- Los niveles 11 a 13 muestran el estado de activación de las lámparas indicadoras.

Figura 3.38: Ventana "Sobre este sitio" del perfil tipo operador (continuación).

Acceso a documentos

Como se mostró en la figura 3.24, desde la segunda hasta la sexta opción, se posibilita el acceso a los manuales de los dispositivos involucrados en el sistema SCADA, tales como manuales del PLC, del variador de frecuencia y del motor. En la figura 3.39 se ejemplifica el acceso a los documentos con el acceso al manual de usuario del variador de frecuencia utilizado. El acceso al resto de los documentos se encuentra disponible en el apéndice A.



Figura 3.39: Acceso al manual de usuario del variador de frecuencia, desde la interfaz del sistema SCADA.

Servicio de soporte técnico

El sistema SCADA cuenta con una función nombrada como "Contacto soporte técnico" para emitir un reporte de falla como parte de un servicio que brindará soporte técnico en caso de fallas en el sistema SCADA y en la programación realizada al PLC.

La opción para acceder a este servicio dentro del sistema se encuentra en la primera barra de navegación, como se mostró en la figura 3.14.

Es importante mencionar que este servicio solo atiende a mantenimiento, fallas relacionadas al sistema SCADA y a la programación realizada al PLC. El servicio de soporte técnico no cubre mantenimiento y/o solución de fallas a los dispositivos involucrados en el sistema. Este funcionamiento se muestra en las figuras 3.40 a 3.45.

Debido a la diferencia de funciones de cada tipo de perfil la sección es diferente para cada uno. En la figura 3.40 y 3.41 se muestran las diferencias entre cada ventana, siendo que, el usuario tipo operador solo cuenta con un formulario para emitir el reporte, por otro lado, el usuario tipo administrador, además del formulario, cuenta con una tabla de contactos que permiten comunicarse directamente a un número telefónico o correo electrónico para reportar la falla.



Figura 3.40: Ventana para el usuario tipo administrador.



Figura 3.41: Ventana para el usuario tipo operador.

Reporte de falla

Nombre de la empresa

ID del operador

Especifique la categoría de la falla:

- Falla en software
- Falla en página web
- Otro

Seleccione el tipo de falla:

(Puede seleccionar más de una opción)

- No es posible establecer comunicación con el PLC
- No es posible establecer comunicación con el variador de frecuencia
- No es posible establecer comunicación con el proceso electroneumático
- Otro

Figura 3.42: Formulario para reporte de falla.

Especifique la categoría de la falla:

- Falla en software
- Falla en página web
- Otro

Seleccione el tipo de falla:

(Puede seleccionar más de una opción)

- No es posible establecer comunicación con el PLC
- No es posible establecer comunicación con el variador de frecuencia
- No es posible establecer comunicación con el proceso electroneumático
- Otro

Descripción breve de la falla:

Enviar

© 2023

Figura 3.43: Formulario (continuación).

Especifique la categoría de la falla:

- Falla en software
- Falla en página web
- Otro

Seleccione el tipo de falla:

(Puede seleccionar más de una opción)

- No es posible establecer comunicación con la página web
- El control del variador de frecuencia no responde
- El control del proceso electroneumático no responde
- La página web muestra estados de error erróneos
- La página web muestra estados lógicos erróneos
- La página web muestra estados de los bloques de instrucción erróneos
- Servidor web caído
- Otro

Descripción breve de la falla:

Figura 3.44: Formulario, opción: Falla en página web.

ID del operador

Especifique la categoría de la falla:

- Falla en software
- Falla en página web
- Otro

Si se presentan problemas relacionados al hardware recuerde que en la sección de Ayuda se encuentran disponibles los manuales de usuario de los equipos involucrados para el/los proceso(s) industrial(es). Si requiere mayor asistencia, se recomienda consulte con su proveedor o fabricante correspondiente.

Aviso: (Nombre de la empresa) únicamente posibilita el acceso rápido a los manuales de usuario. Para más información consulte los [Términos de uso](#).

Entendido

Descripción breve de la falla:

Enviar

© 2023

Figura 3.45: Formulario, opción: Otros.

Respecto al formulario para emitir el reporte de falla, no existen diferencias entre ambos tipos de usuario.

Para emitir el reporte, los usuarios deberán ingresar el nombre de la empresa y la ID o matrícula del usuario que emite el reporte, posteriormente deberán seleccionar la categoría de la falla de las dos opciones que cubre el servicio de soporte técnico: Falla en software y Falla en la página web, posteriormente deberán seleccionar la falla o fallas marcando las casillas correspondientes como se muestra en las figuras 3.42 a 3.45. Adicionalmente, se recomienda utilizar el campo “Descripción breve de la falla”, para que el usuario proporcione mayor contexto de la falla o fallas en cuestión y de esta forma brindar una mejor atención.

En cuanto a la opción “Otro”, que se muestra en la figura 3.45, debido a que el servicio de soporte técnico no cubre mantenimiento y/o solución de fallas a los dispositivos involucrados en el sistema, en caso de presentarse alguna falla de este tipo, se ofrece al usuario información de retroalimentación ante este tipo de situaciones. Para obtener más información se recomienda al usuario consultar la sección “Términos de uso”, la cual se presenta en el apéndice B de este documento.

Ejemplo del proceso de reporte de falla

Para ejemplificar el funcionamiento del servicio de soporte técnico se ha simulado el siguiente caso: *La empresa ficticia “AUTO MX” ha presentado una falla en la página web, el operador en turno ha decidido realizar el reporte de la falla haciendo uso del formulario, los datos ingresados por el operador se muestran en la figura 3.46.*

The image shows a screenshot of a web form titled "Reporte de falla" (Report Fault). The form is divided into two main sections. The left section contains input fields for "Nombre de la empresa" (Company Name) with the value "AUTO MX" and "ID del operador" (Operator ID) with the value "AB123". Below these are radio buttons for "Especifique la categoría de la falla:" (Specify the category of the fault), with "Falla en página web" (Web page fault) selected. Underneath is a section for "Seleccione el tipo de falla:" (Select the type of fault), with several checkboxes. The selected options are "La página web muestra estados lógicos erróneos" (The web page shows erroneous logical states) and "Servidor web caído" (Web server down). The right section contains a text area for "Descripción breve de la falla:" (Brief description of the fault) with the text "El VFD se encuentra operando pero la página indica lo contrario" (The VFD is operating but the page indicates the opposite). At the bottom right is an "Enviar" (Send) button and a copyright notice "© 2023".

Figura 3.46: Ejemplo: caso de uso.

El reporte emitido por el operador ha sido recibido en el correo electrónico correspondiente para su posterior atención, como se puede apreciar en la figura 3.47.



Figura 3.47: Ejemplo del funcionamiento del formulario.

Una vez que el reporte ha sido recibido, en función de la información proporcionada por el usuario, personal calificado puede pre evaluar de forma rápida el nivel de criticidad de la falla, para posteriormente determinar la mejor forma para atender la falla, que llevará a la toma de decisiones finales y, en consecuencia, la solución satisfactoria de la falla.

La plataforma utilizada para acceder remotamente al sistema puede ser utilizada para proporcionar asistencia y solucionar la falla de forma remota.

Avisos y enlaces

Para muchas empresas, la información que se obtiene de procesos internos compromete métodos y técnicas poco conocidas o inclusive patentadas, lo que podría afectar a la organización. Por esta razón es buena práctica proteger tal información mediante la concientización y conocimiento de cómo se usa y protege dicha información.

También, es común el uso de servicios y/o productos de terceros, los cuales en muchas ocasiones no es posible garantizarlos.

Por las razones anteriores, se han agregado algunas ventanas adicionales que contienen ejemplos de la información que puede ser colocada en estas ventanas en relación con:

- Términos para el uso del sistema.
- Políticas de privacidad sobre la información procesada sobre proceso industrial y datos personales.
- Avisos legales sobre el uso del sistema, la información obtenida del proceso industrial y uso de los datos personales.
- Enlaces directos a recursos de terceros.

Debido a que estas funciones no forman parte del objetivo del proyecto, la información sobre dicho contenido se encuentra disponible en el apéndice B.

Ventanas en dispositivos móviles

Como se ha mencionado anteriormente en los objetivos de esta tesis, el sistema SCADA fue diseñado para su implementación desde diferentes dispositivos conectados simultáneamente. En función de lo anterior, la implementación se muestra en la sección siguiente “Implementación del sistema SCADA y operación del proceso”. Sin embargo, dado que ya se han mostrado las funciones y diseño del sistema, en el apéndice C se presenta el diseño del sistema SCADA accediendo desde un dispositivo móvil con sistema operativo Android.

Restricciones de acceso y seguridad

Como se menciona en el capítulo 1, la aplicación de técnicas de seguridad para proteger al sistema SCADA no forma parte de los alcances de este proyecto, sin embargo, se ha implementado una característica que no es controlada por el usuario. La característica en cuestión consta de una protección contra accesos no autorizados desde la red local (LAN, WLAN).

Una vez que el usuario tipo operador ha creado su perfil, el perfil tipo administrador lo ha aprobado y el usuario tipo operador ha iniciado sesión, el código del sistema comprueba si tal sesión se encuentra activa antes de cambiar de ventana, de lo contrario, el sistema redirigirá al usuario a la ventana de inicio de sesión bloqueando de esta forma el acceso al sistema y forzando el uso de una cuenta para poder acceder. Tal comprobación de sesión también se realiza para el perfil tipo administrador.

Esta característica evita que, si algún usuario dentro de la red del sistema no está autorizado para acceder, pero conoce las rutas URL del sistema, pueda acceder escribiendo la ruta o rutas deseadas directamente en el navegador. También previene que los usuarios autorizados puedan acceder a las cuentas de otros usuarios.

CAPÍTULO 4:

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA Y CONCLUSIONES

Implementación del sistema SCADA y operación del proceso.

Como primer paso para la implementación del sistema SCADA, es necesario definir la red de comunicación industrial. La figura 4.1 muestra un diagrama a bloques de la configuración de la red.

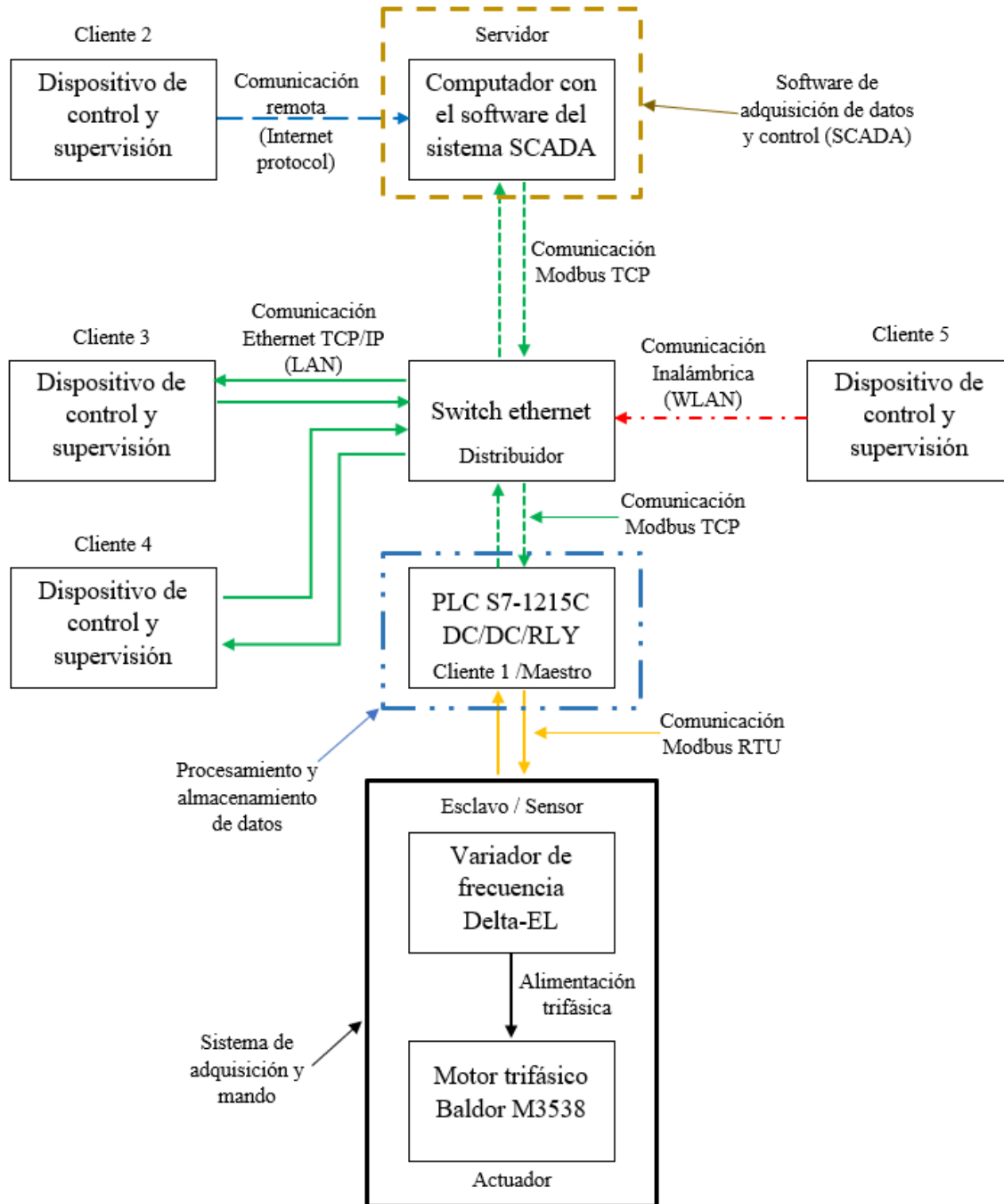


Figura 4.1: Diagrama a bloques del sistema y configuración de la red industrial a implementar.

A partir del diagrama a bloques de la figura 4.1, que guarda relación con la arquitectura básica de un sistema SCADA mostrada en la figura 2.1 y los principios mostrados en las figuras 2.5 y 2.6, es posible implementar el sistema como se muestra en la figura 4.2.

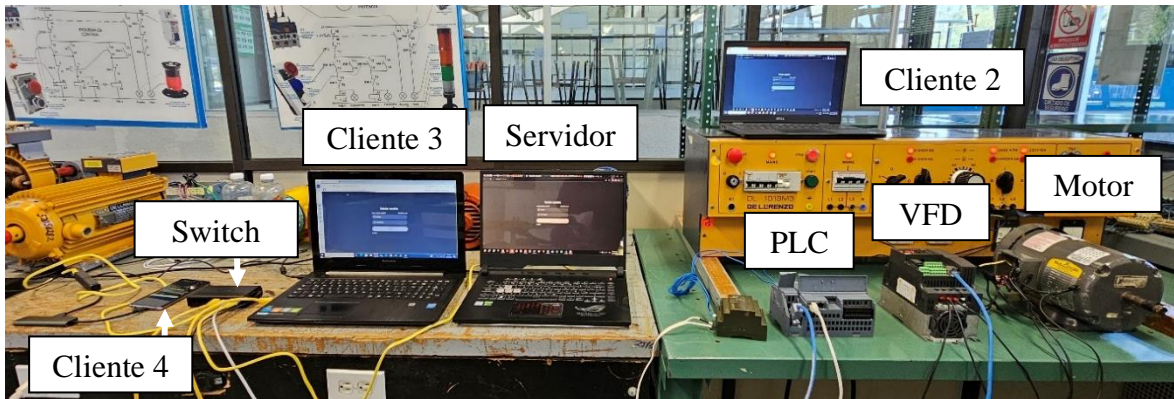


Figura 4.2: Implementación del sistema.

Como se mencionó en la sección “Arquitectura y funcionamiento general de un sistema SCADA” de este documento, tanto el servidor, los dispositivos de control y supervisión (interfaces) y el proceso industrial deben colocarse en ubicaciones distintas entre sí. Sin embargo, debido a limitaciones de espacio y con el propósito de ejemplificar la implementación del sistema y operación del proceso, fueron realizadas con todos los dispositivos involucrados dentro del mismo espacio como se mostró en la figura 4.2.

Dadas las características mencionadas en el manual del usuario, disponible en [24], del variador de frecuencia Delta-EL utilizado para la implementación del proyecto, al utilizar Modbus RTU como el protocolo de comunicación para este dispositivo, se debe utilizar el formato de datos *8NI*. Cuyo significado fue planteado en el capítulo 2.

Operación del proceso de forma local

A continuación, se ejemplifica el funcionamiento del sistema SCADA, utilizando el servidor, los clientes 3,4 y 5 de acuerdo con el diagrama a bloques del sistema (figura 4.1) para controlar y supervisar el proceso.

Como se muestra en la figura 4.3, la ventana de bienvenida indica que se ha iniciado sesión en el sistema utilizando el perfil de usuario tipo administrador bajo el nombre de usuario “Jefe Mantenimiento”.

Posteriormente en la opción “Escribir instrucción” y en la ventana “Estado del VFD”, como se mostró en la figura 3.16, se dio inicio al proceso industrial al pulsar el botón “Marcha” en el campo “Control del estado operativo”, en consecuencia, el motor comenzó a girar en un sentido de giro hacia adelante y con una frecuencia de 20 Hz, como se muestra en la figura 4.4. Tales parámetros fueron configurados previamente.

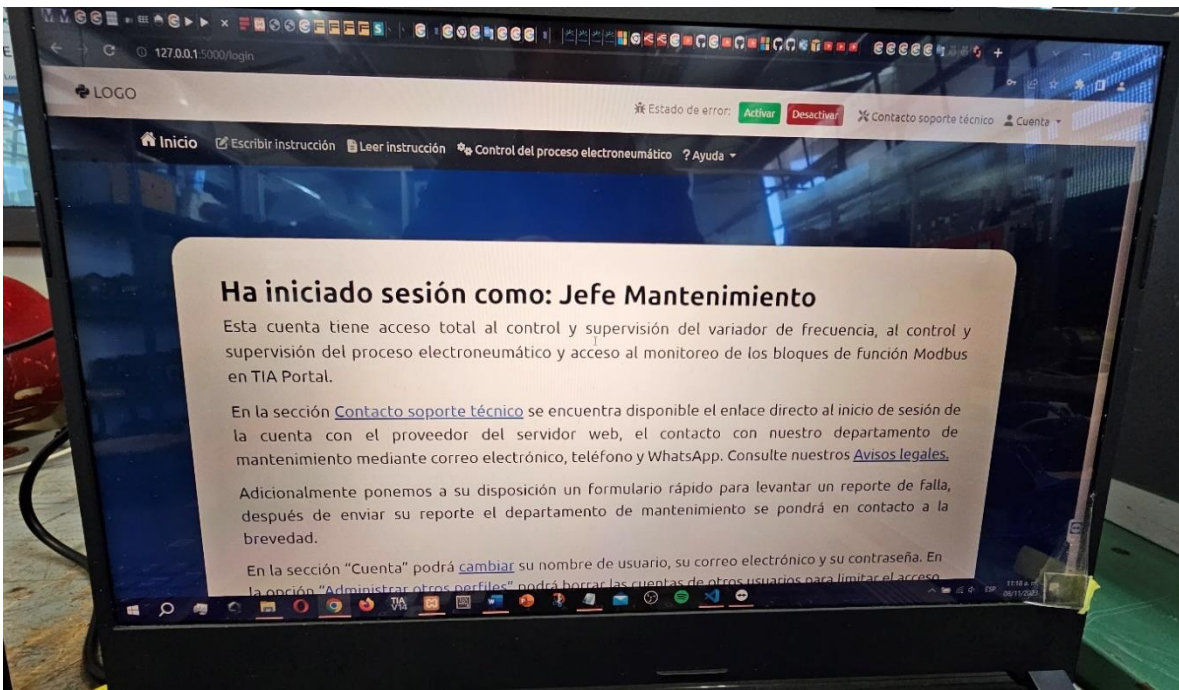


Figura 4.3: Inicio de sesión en el sistema SCADA.

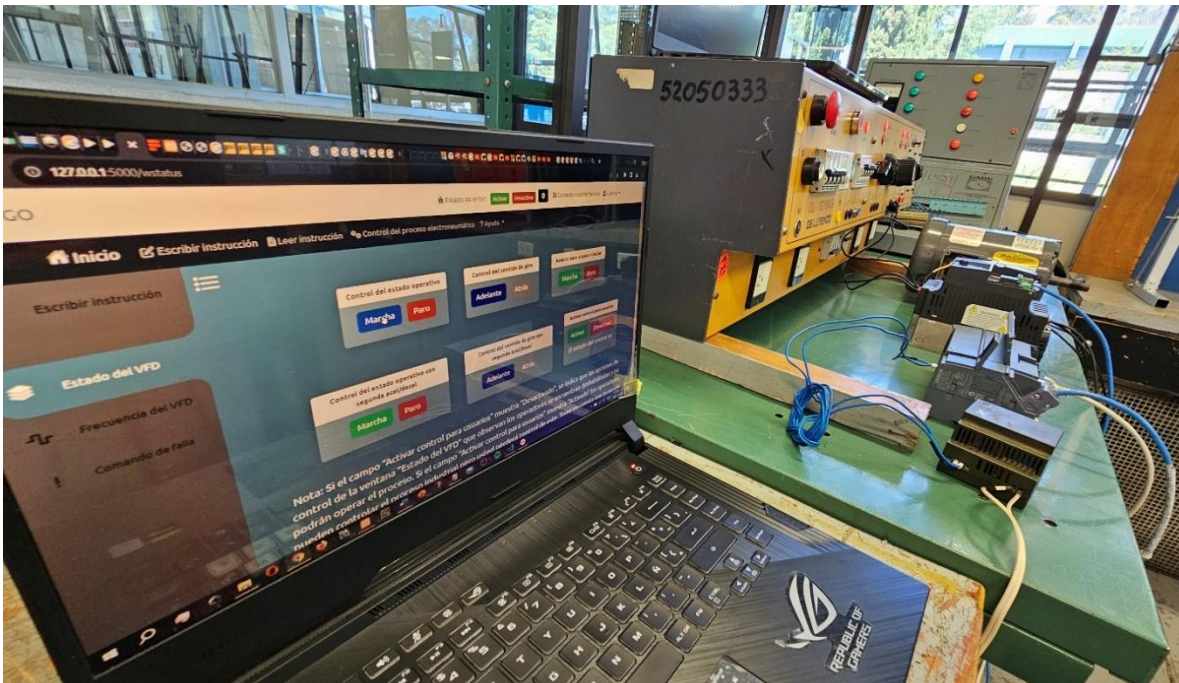


Figura 4.4: Inicio de operación del proceso (motor gira hacia adelante.)

Para supervisar el estado del proceso, como se mostró en la figura 3.20, en la opción “Leer instrucción” y en la ventana “Activar/Desactivar” se activaron todos los estados disponibles, al igual que el estado de error en la primera barra de navegación. A continuación, el sistema comenzó a amostrar los códigos de los estados en formato hexadecimal y la frecuencia esperada (20 Hz) como se muestra en la figura 4.5.

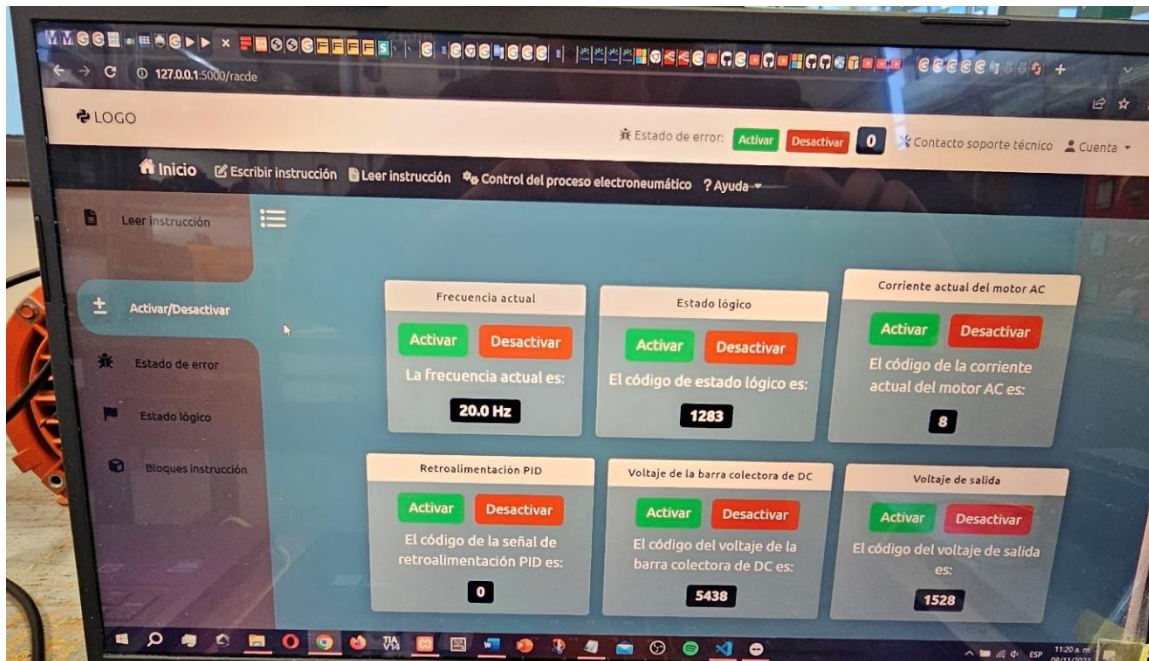


Figura 4.5: Activación de los estados de supervisión.

Dado que los estados de supervisión fueron activados, el sistema muestra la supervisión del estado de error, como se muestra en la figura 4.6, el proceso no presenta ningún error.

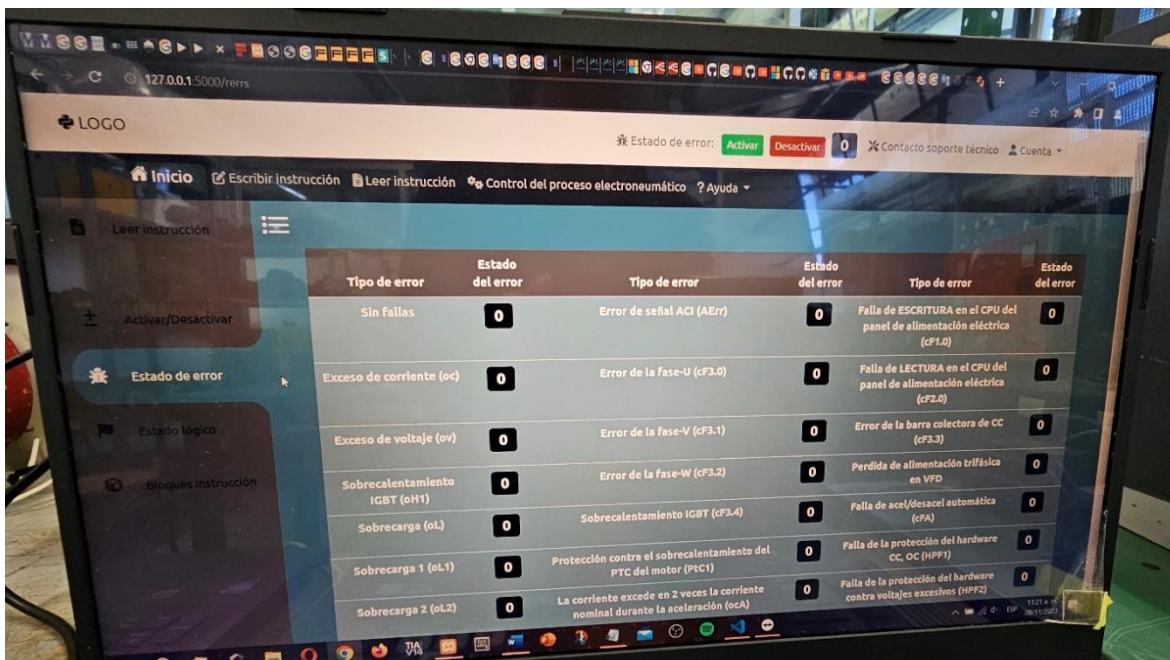


Figura 4.6: Supervisión del estado de error.

Para la supervisión del estado lógico, como se muestra en la figura 4.7, se muestra que el proceso se encuentra operando, el sentido de giro hacia adelante y los comandos de funciones y frecuencia en modo de control por la interfaz o el sistema, tal como es esperado.

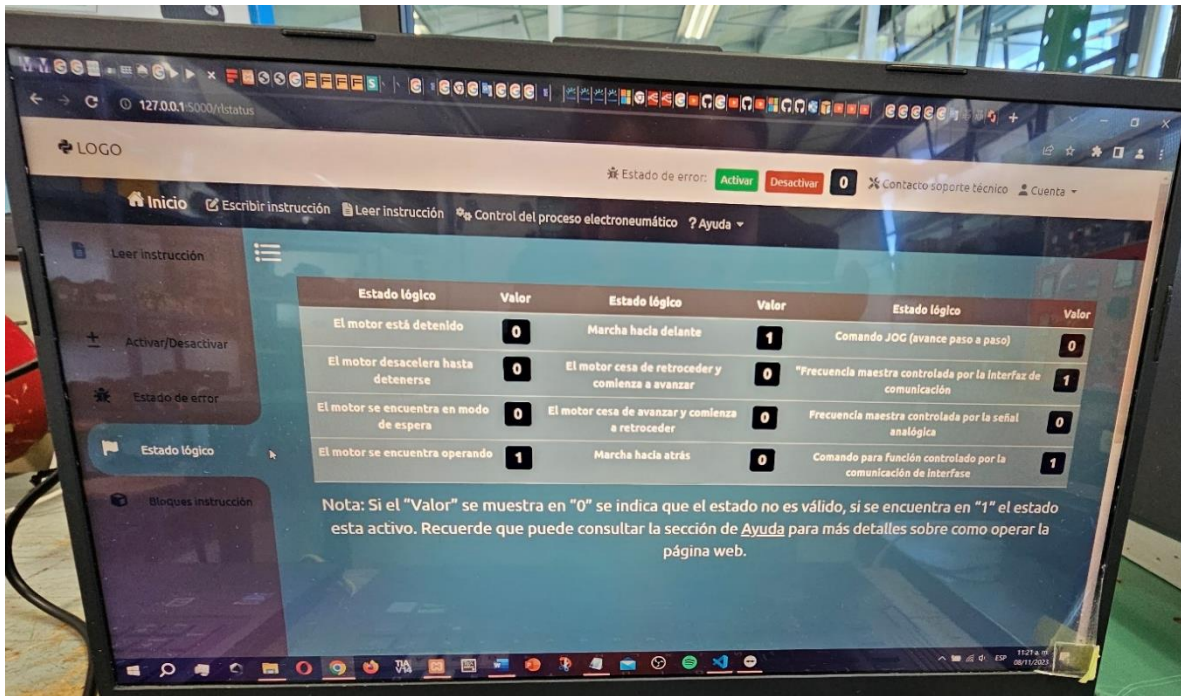


Figura 4.7: Supervisión del estado lógico.

Debido a que el proceso se controla desde un perfil tipo administrador es posible supervisar el estado de los bloques de instrucción Modbus, como se muestra en la figura 4.8.

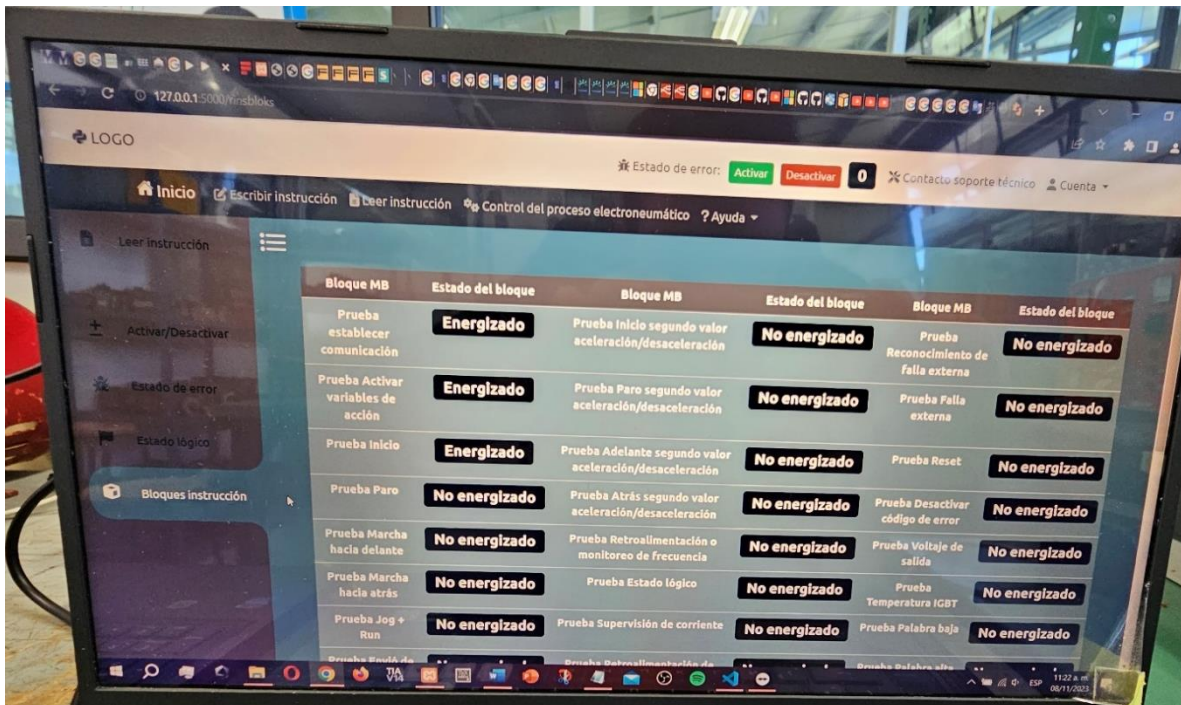


Figura 4.8: Supervisión de los bloques de instrucción.

Como se plantea en la descripción de la figura 3.18, en el campo “Ingresar frecuencia” se debe ingresar el valor deseado multiplicado por 100, en el caso de ejemplo de la figura 4.9, se muestra el cambio de la frecuencia de operación del variador de 20 Hz a 60hz.

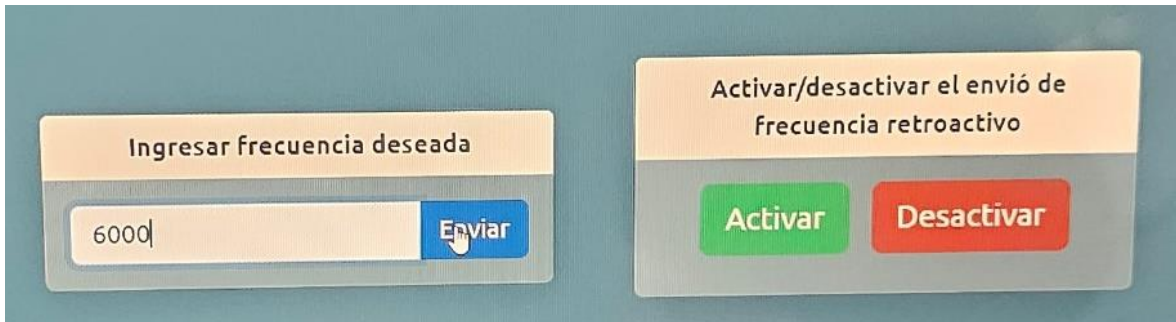


Figura 4.9: Cambio de la frecuencia de operación.

La figura 4.10, muestra el cambio de frecuencia esperado en la ventana “Activar/Desactivar”.

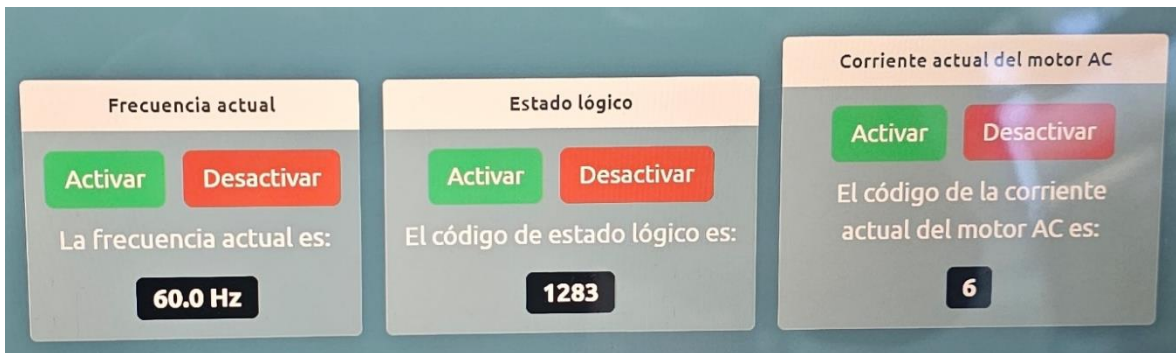


Figura 4.10: Supervisión del cambio en la frecuencia de operación.

En continuación con el control del proceso, se realiza un cambio en el sentido de giro para dar marcha hacia atrás desde la cuenta tipo administrador como se muestra en la figura 4.11.



Figura 4.11: Inversión del sentido de giro hacia atrás.

Ahora, de forma simultánea en el dispositivo designado como “Cliente 3”, se inicia sesión de un perfil tipo operador bajo el nombre de usuario “Primer turno”, como lo indican las diferencias en la ventana de bienvenida que se muestra en la figura 4.12.

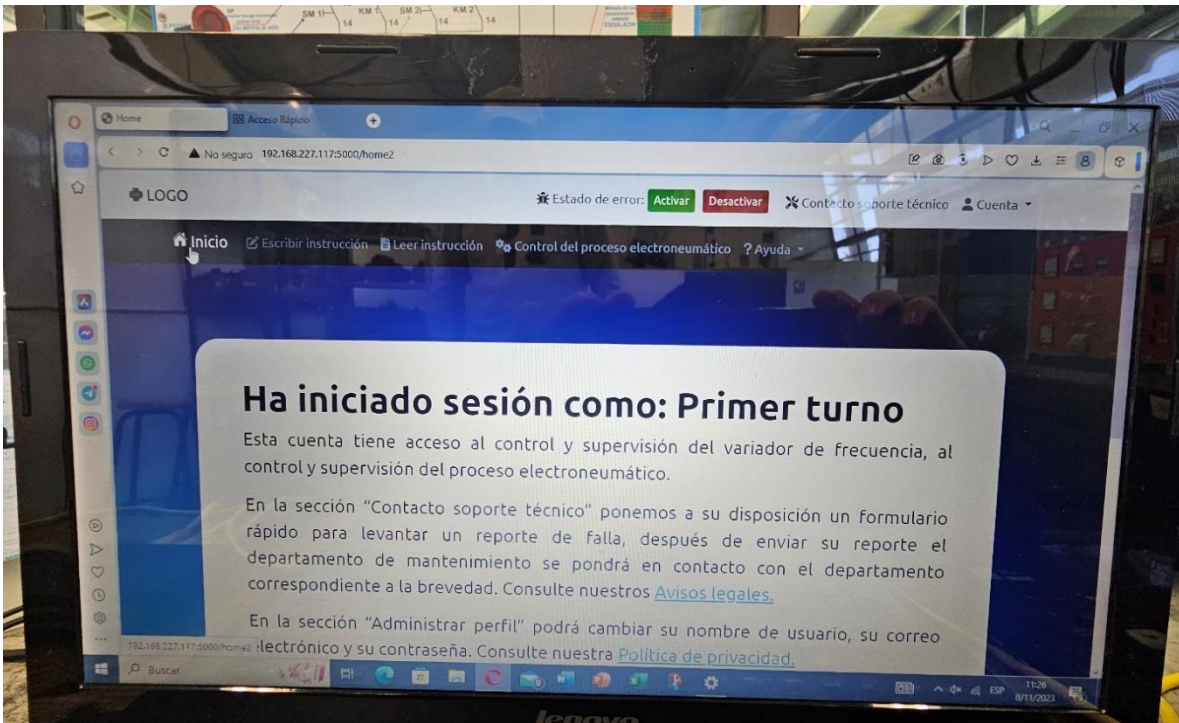


Figura 4.12: Nuevo acceso al sistema SCADA desde el “Cliente 3”, conectado de forma simultánea al servidor.

Como se puede apreciar en la figura 4.13, la ventana de supervisión del estado lógico del perfil tipo operador muestra el cambio realizado desde el perfil tipo administrador (figura 4.11), además del paro del proceso.

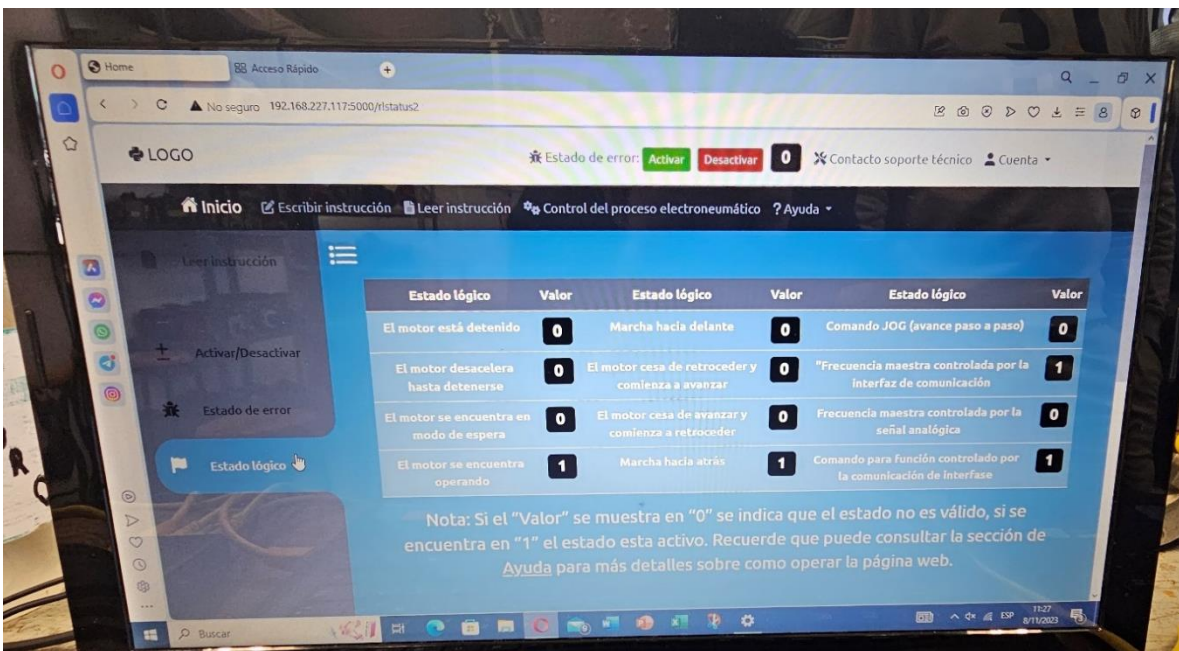


Figura 4.13: Supervisión de los cambios realizados al proceso desde el “Cliente 3”.

Nuevamente se realiza un cambio en el estado del proceso, invirtiendo el giro del motor hacia adelante como se muestra en la figura 4.14 y supervisando este cambio desde el “Cliente 3” como se muestra en la figura 4.15.

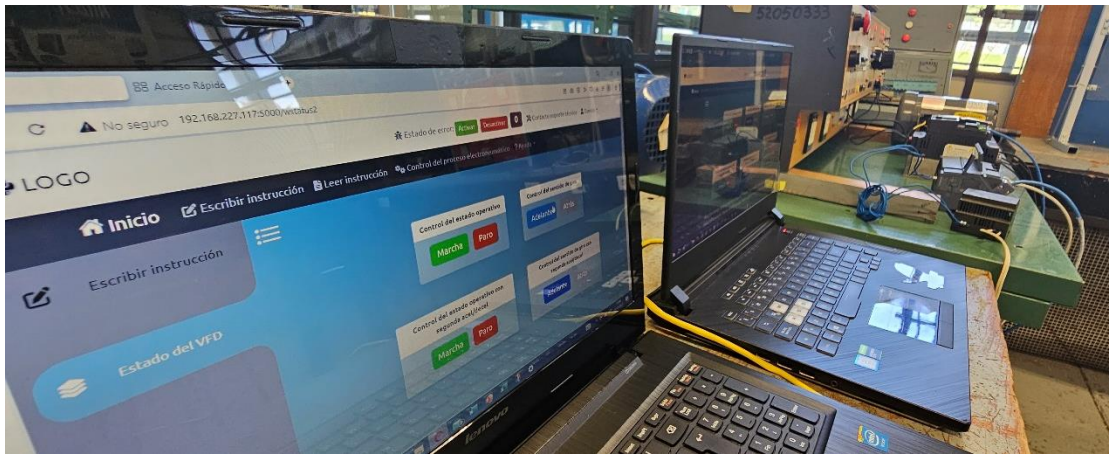


Figura 4.14: Inversión de giro hacia adelante.

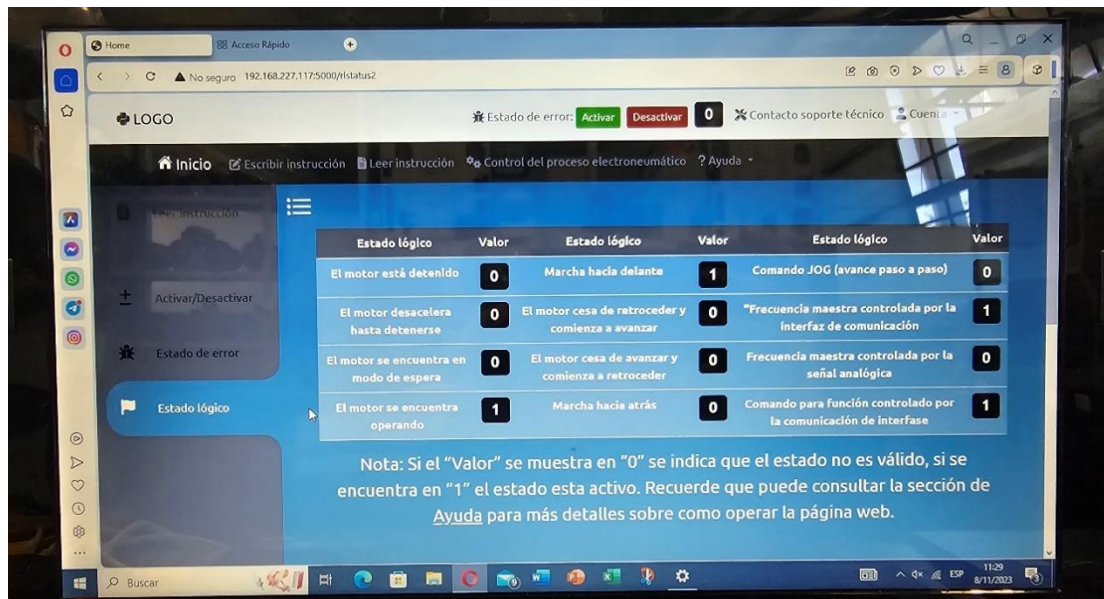


Figura 4.15: Supervisión del cambio en el sentido de giro.

Integrando un nuevo dispositivo a la red, se inicia sesión en el “Cliente 4” con un segundo perfil tipo operador bajo el nombre de usuario “Segundo turno”, como se muestra en la figura 4.16.

Posteriormente, se supervisa el proceso desde este tercer dispositivo. La figura 4.17 muestra la supervisión de las ventanas “Activar/Desactivar” y “Estado de error”, la figura 4.18 muestra la supervisión de la ventana “Estado lógico”.

Al comparar las figuras 4.15 y 4.18, es posible observar que no se han presentado cambios en el proceso, puesto que el sistema muestra de forma simultánea en ambos perfiles de usuario y dispositivos, los estados actuales del proceso al momento de la toma de las fotografías.

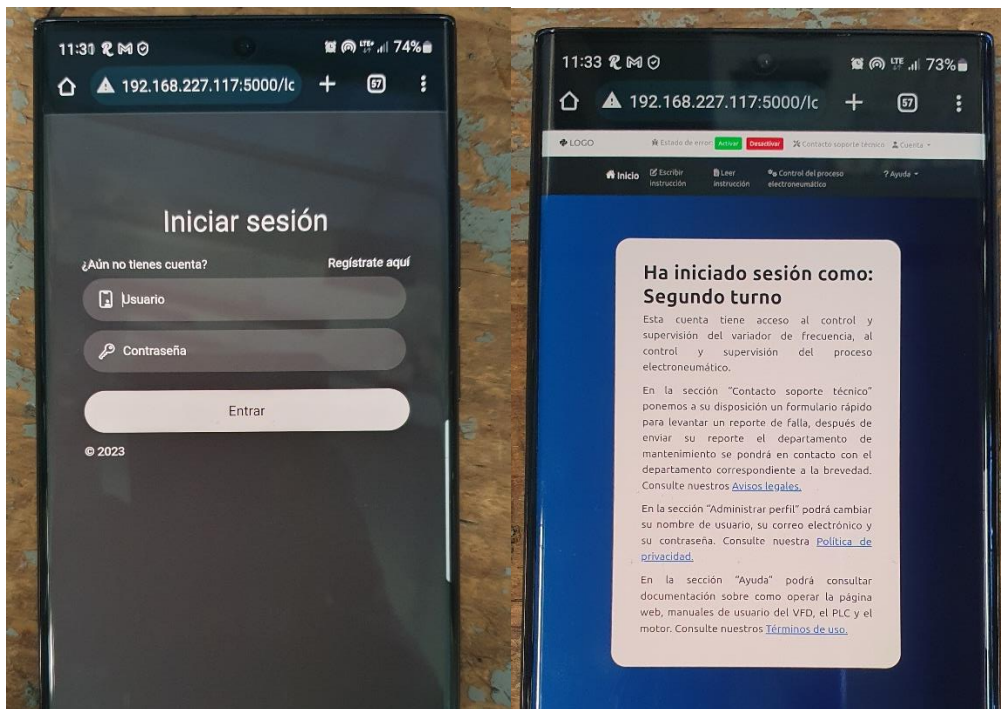


Figura 4.16: Integración a la red e inicio de sesión en el “Cliente 4”.

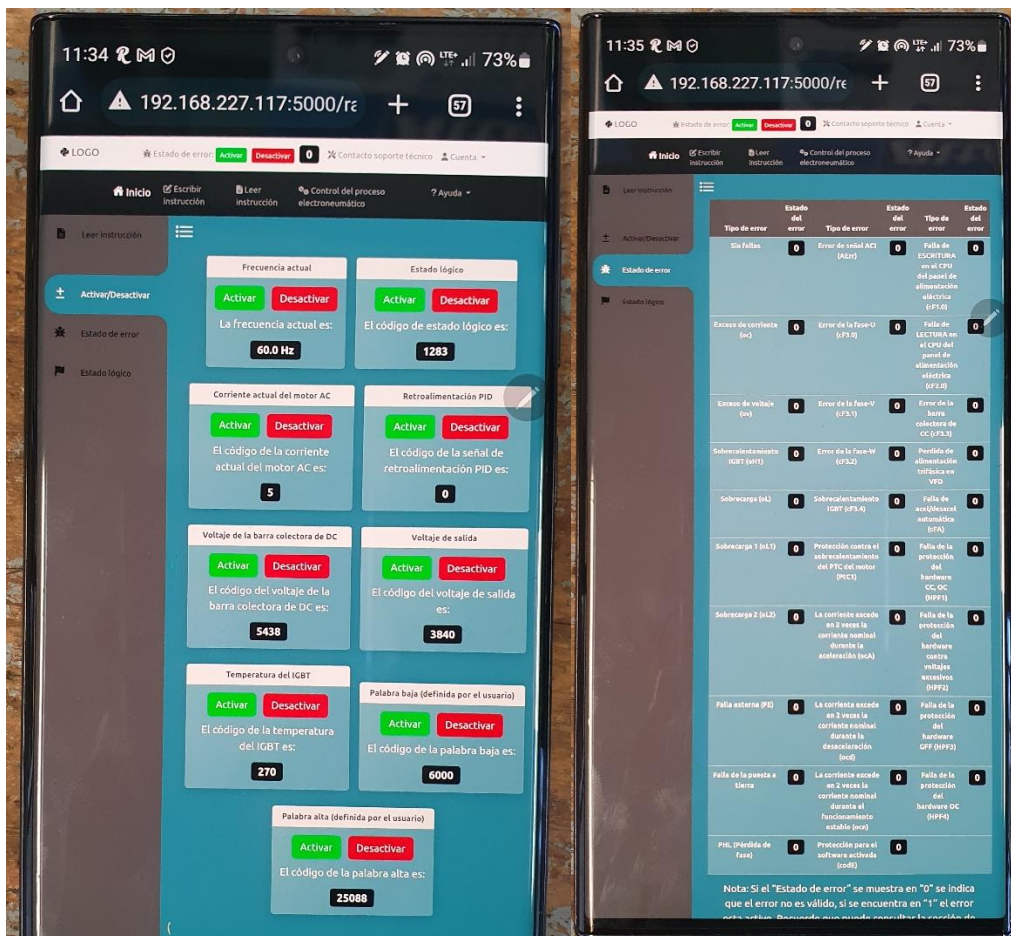


Figura 4.17: Supervisión de la ventana “Activar/Desactivar” (izquierda). Supervisión de la ventana “Estado de error” (derecha).

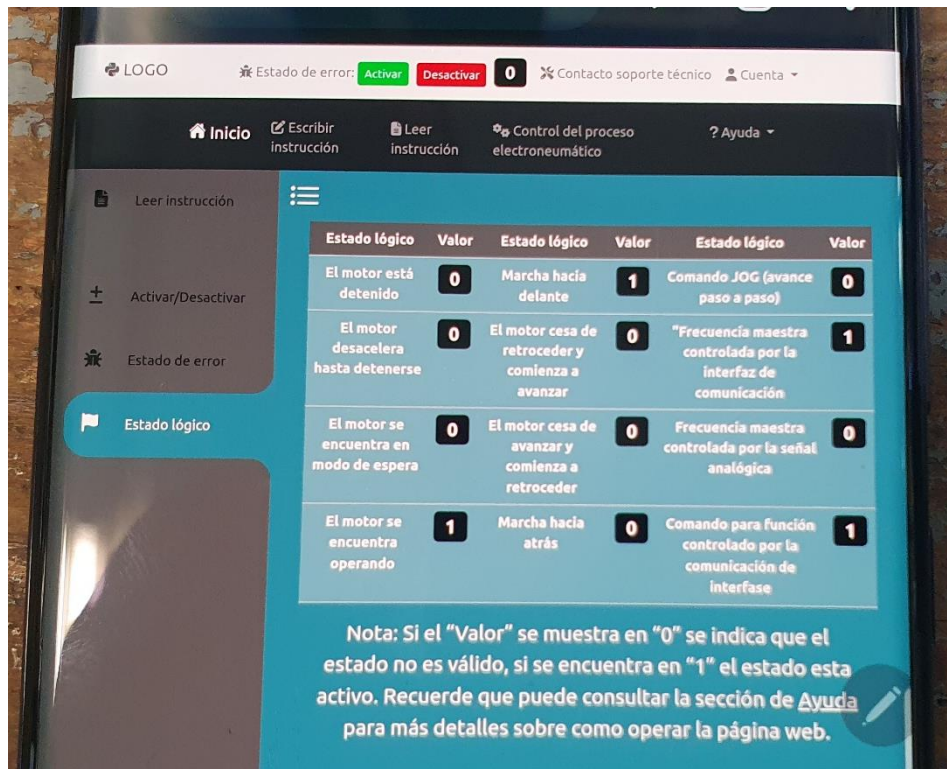


Figura 4.18: Supervisión del estado del proceso desde el "Cliente 4".

Para mostrar las funciones del sistema SCADA desde diferentes dispositivos, en la figura 4.19 se muestra un cambio de frecuencia de 60 Hz a 100 Hz desde el "Servidor" utilizando el perfil tipo administrador.

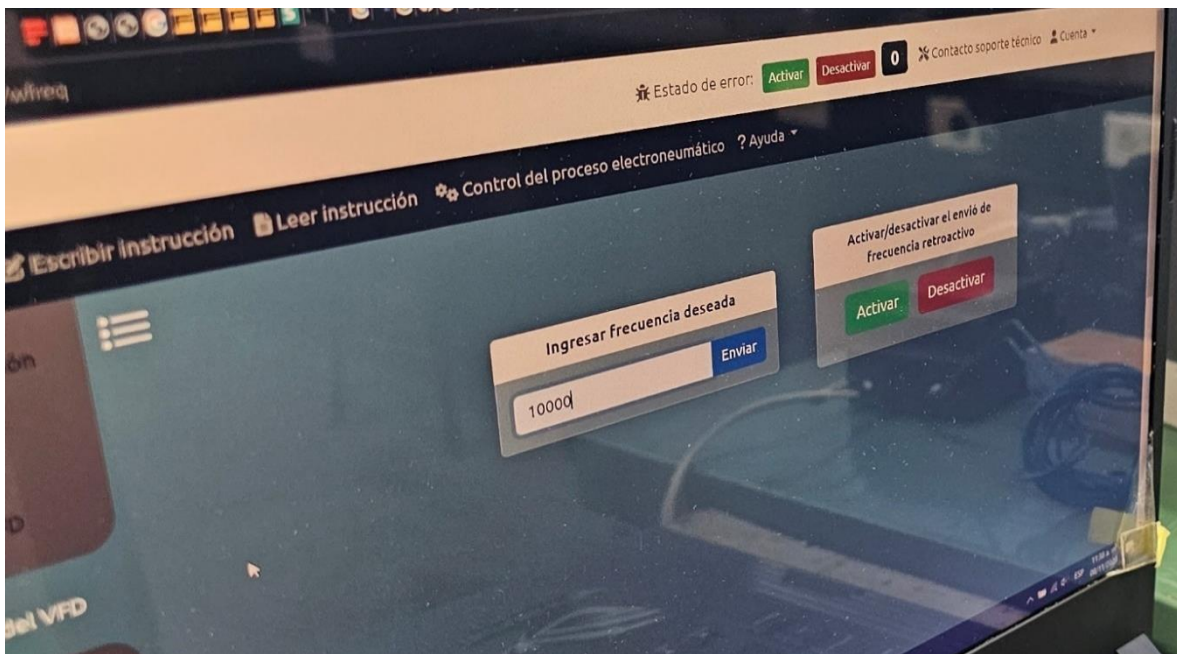


Figura 4.19: Cambio de frecuencia en el "Cliente 4".

En la figura 4.20, se muestra la frecuencia actualizada desde la figura 4.19, en la pantalla de configuración del variador de frecuencia.



Figura 4.20: Frecuencia actualizada.

Posteriormente en la figura 4.21 se muestra la frecuencia actualizada en la ventana “Activar/Desactivar”, al igual que los códigos de estado.

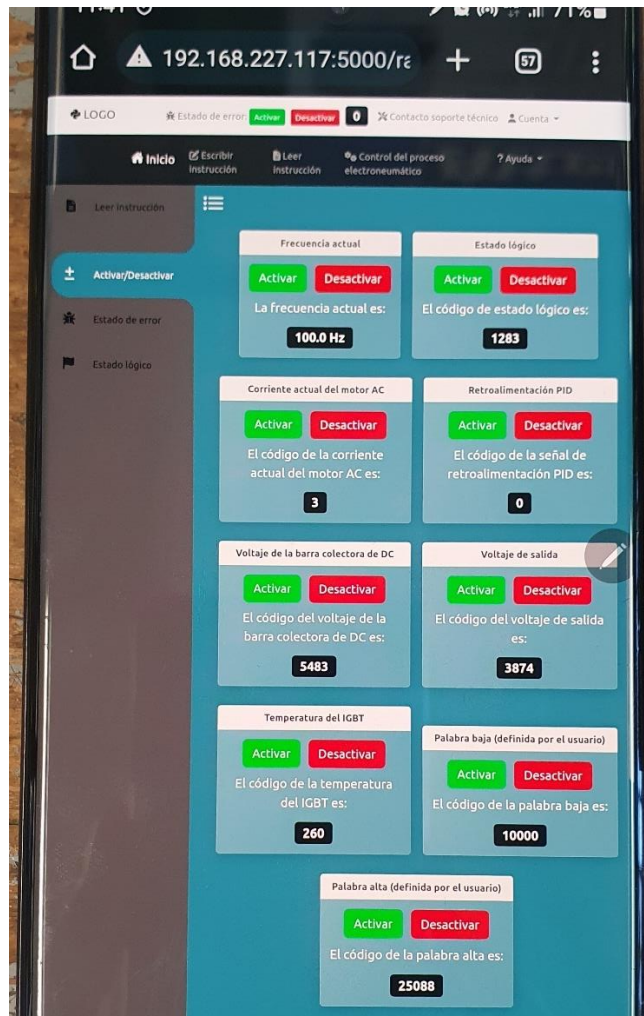


Figura 4.21: Supervisión del cambio de frecuencia (100 Hz).

Con los dispositivos “Servidor”, “Cliente 3” y “Cliente 4” conectados simultáneamente al sistema SCADA, desde el dispositivo “Servidor” se realiza una simulación de falla utilizando la ventana “Comando de falla” para ejemplificar tanto la funcionalidad de este comando como la utilidad de la supervisión del estado de error en todas las ventanas de control y supervisión.

Como se muestra en la figura 4.22 se pulsa el botón “Falla” para iniciar la simulación.

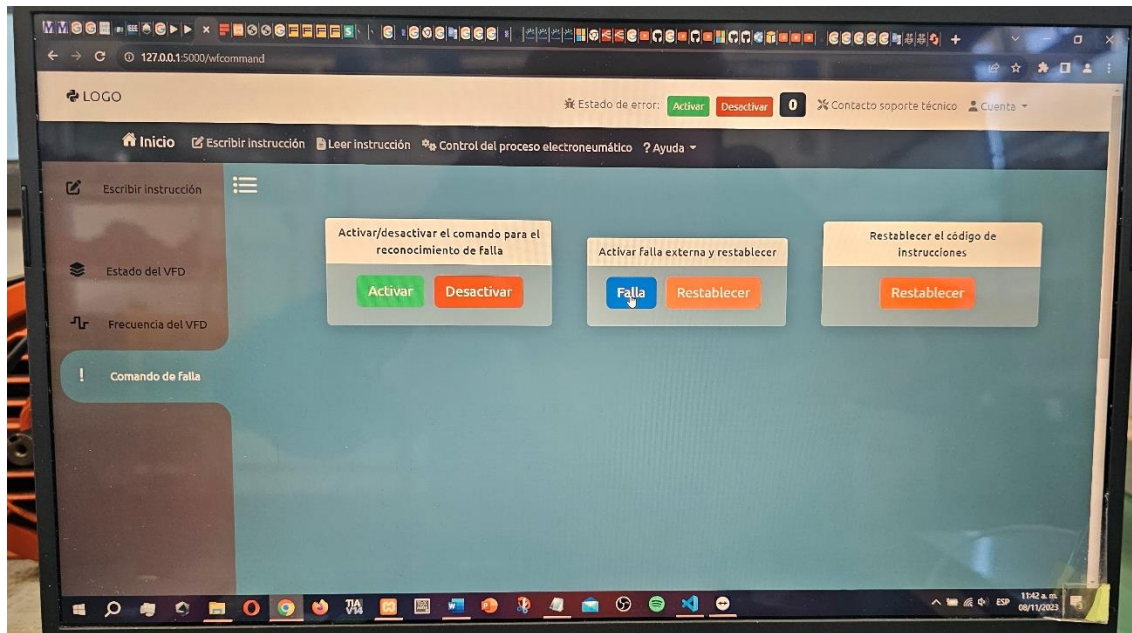


Figura 4.22: Simulación de la falla.

A continuación, se muestra el código de error (8) en formato hexadecimal en el campo “Estado de error” en la primera barra de navegación, como se muestra en la figura 4.23

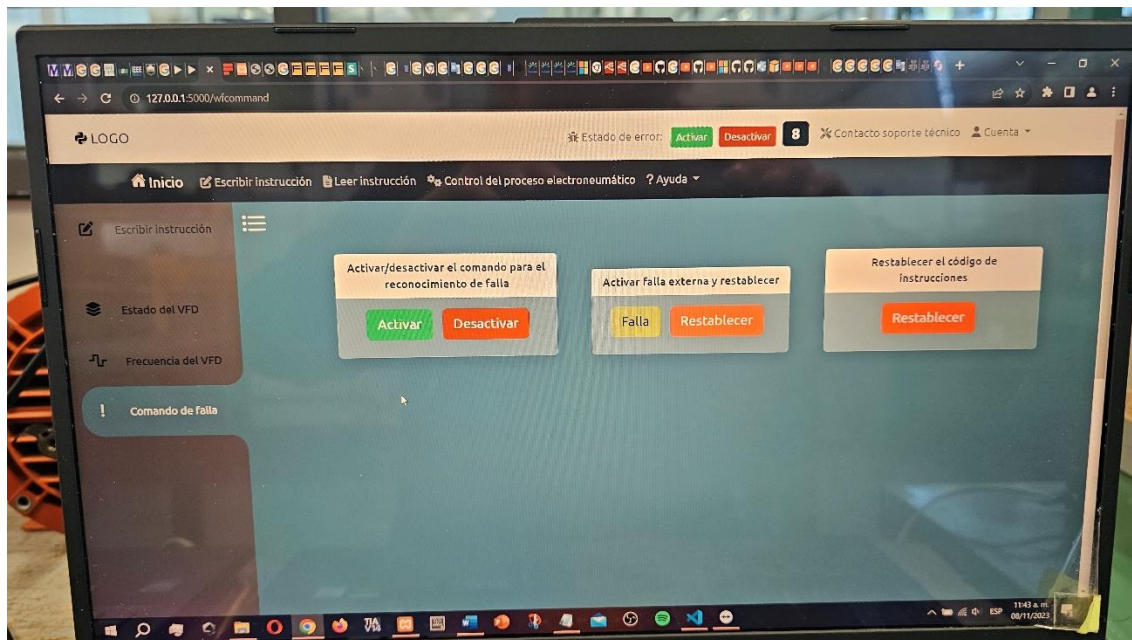


Figura 4.23: Supervisión de la falla en el campo “Estado de error”.

Posteriormente el variador de frecuencia establece el estado de falla correspondiente como se muestra en la figura 4.24.

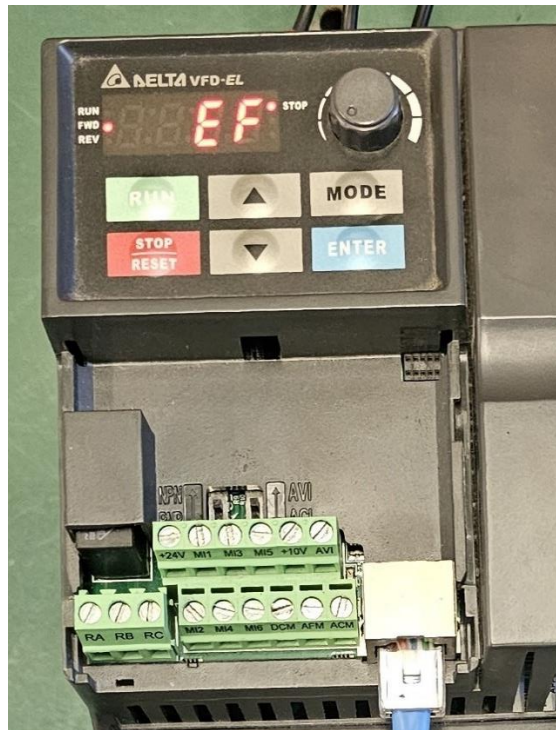


Figura 4.24: Variador de frecuencia en estado de falla.

Como se mencionó en el capítulo 3, esta función permite supervisar el estado de error en las ventanas que el usuario visualizará por más tiempo, por lo tanto, las figuras 4.25 a 4.35 muestran esta característica.

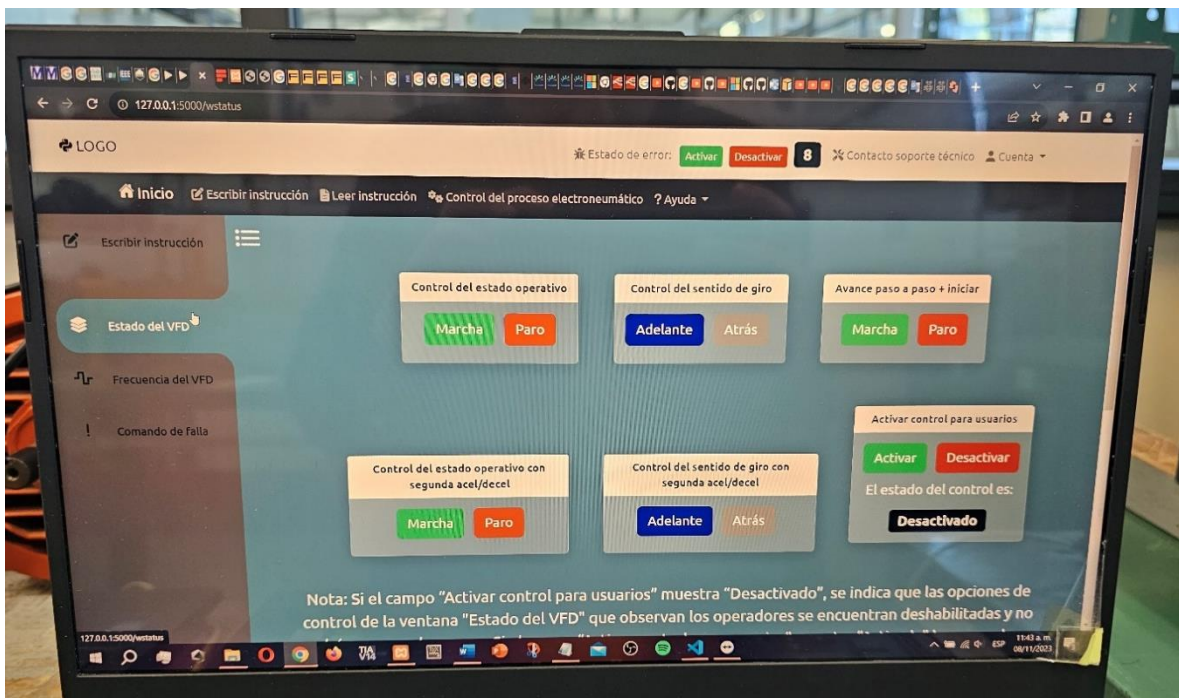


Figura 4.25 Supervisión del estado de error desde la ventana "Estado del VFD" (Servidor).

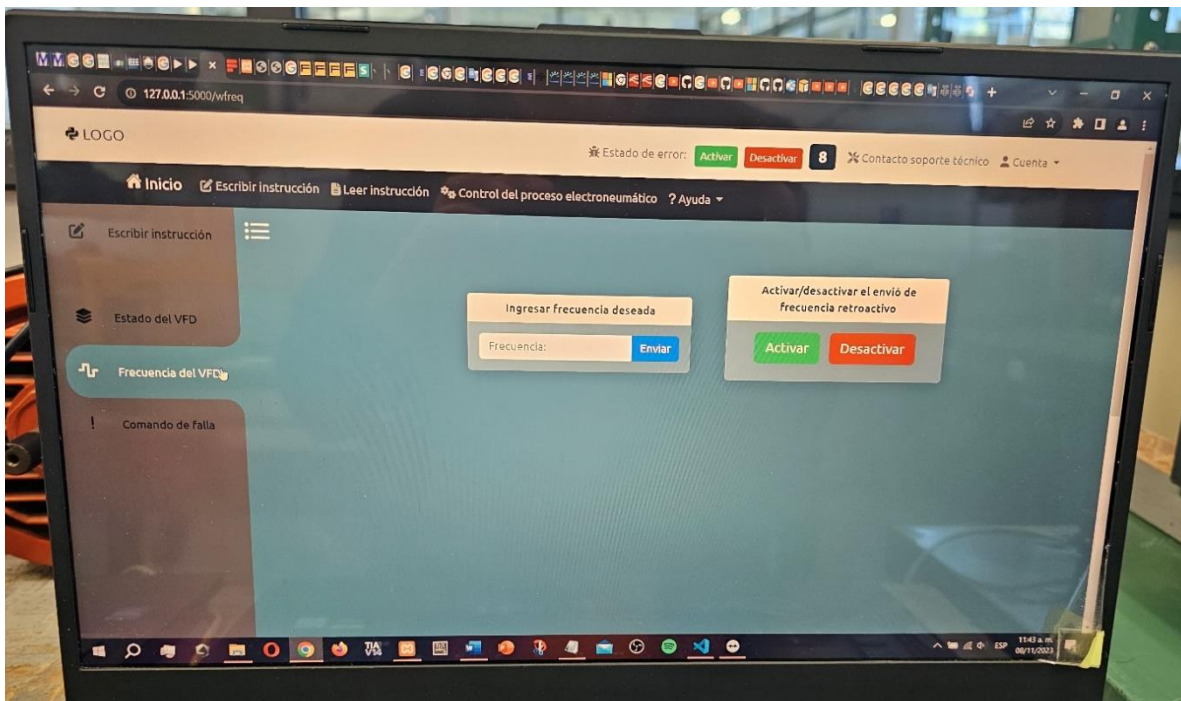


Figura 4.26: Supervisión del estado de error desde la ventana "Frecuencia del VFD" (Servidor).

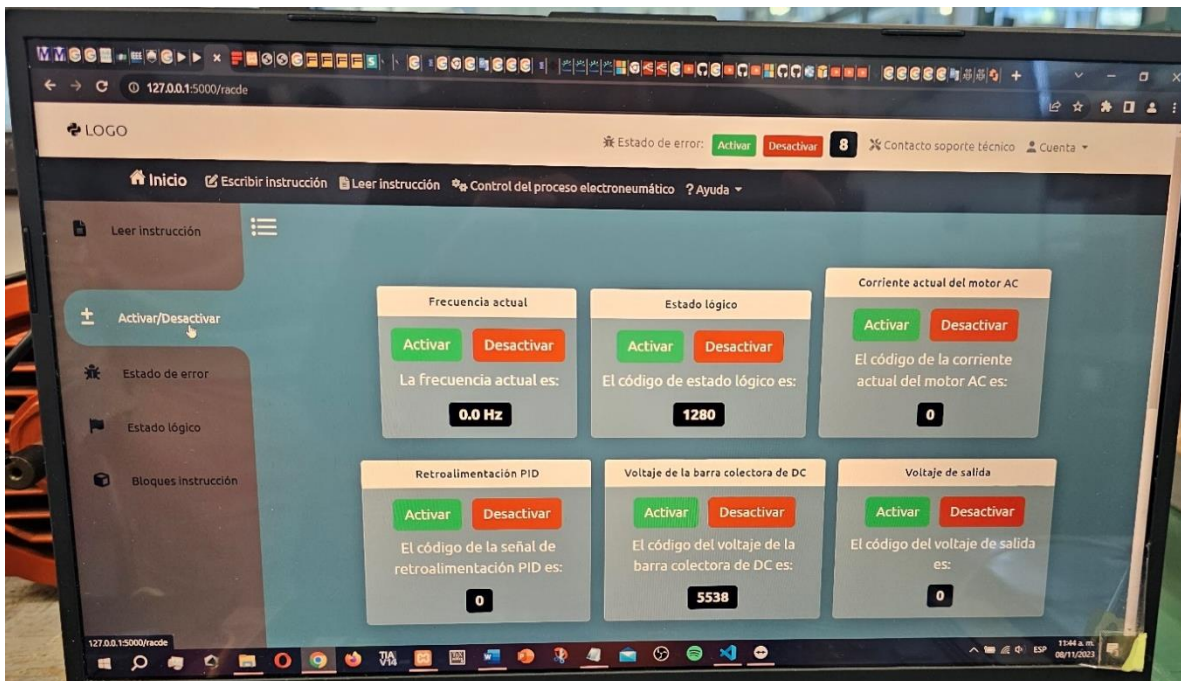


Figura 4.27: Supervisión del estado de error desde la ventana "Activar/Desactivar" (Servidor).

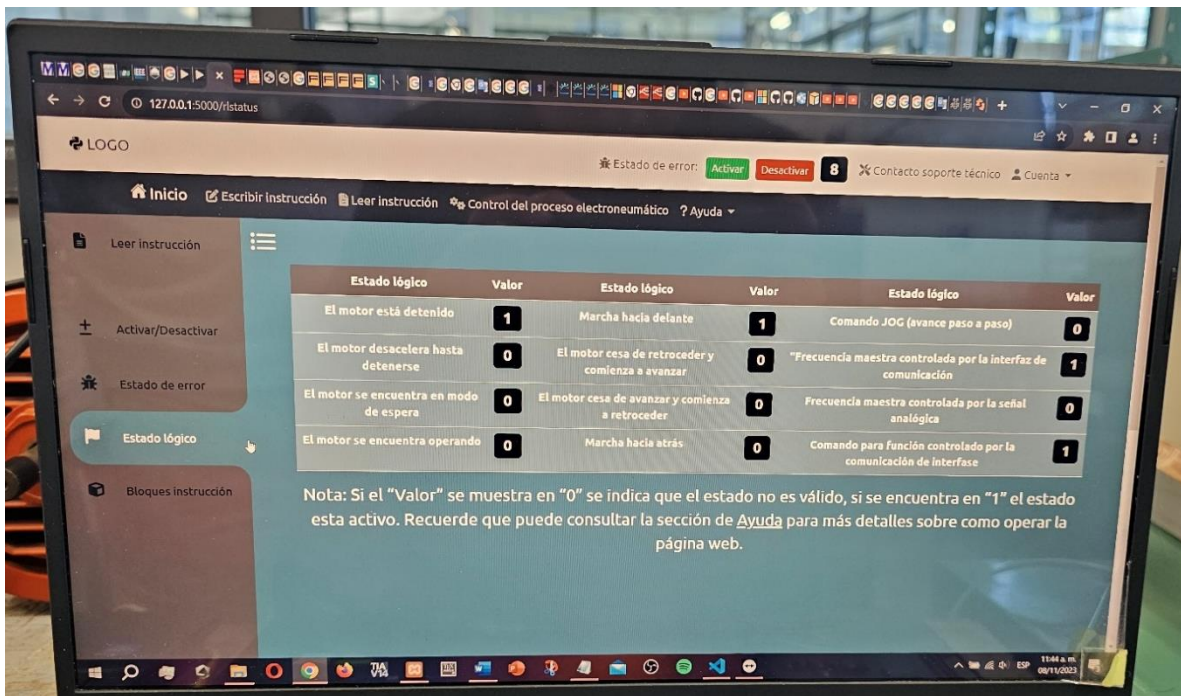


Figura 4.28: Supervisión del estado de error desde la ventana "Estado lógico" (Servidor).

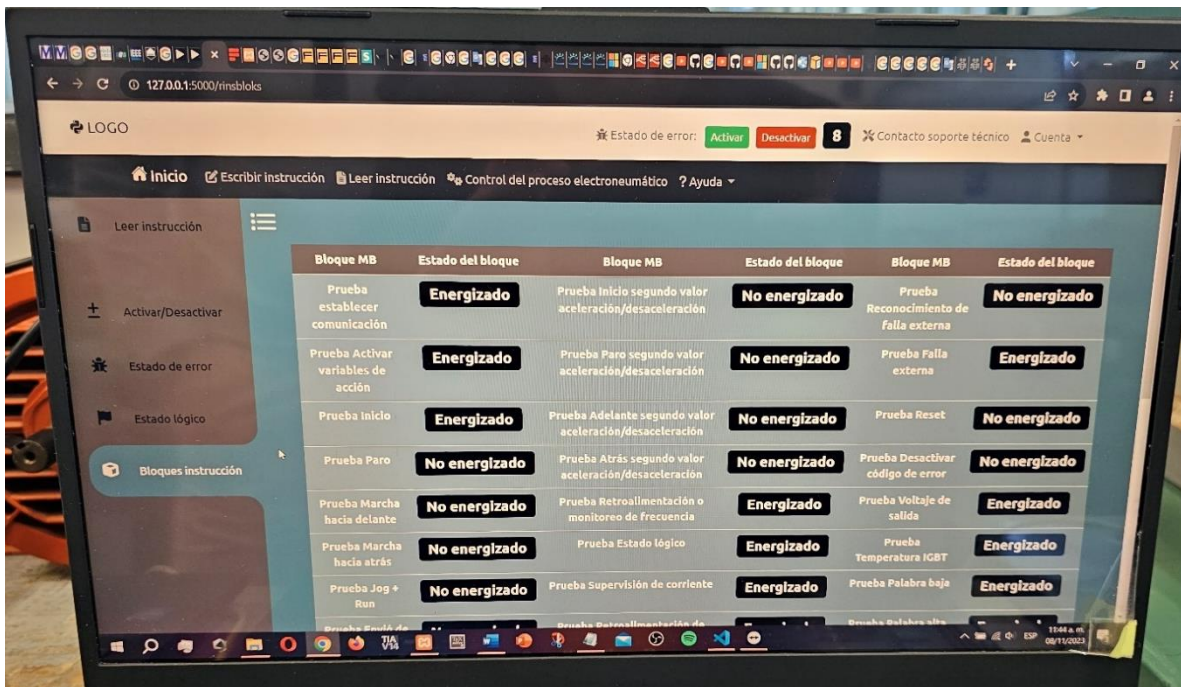


Figura 4.29: Supervisión del estado de error desde la ventana "Bloques de instrucción" (Servidor).

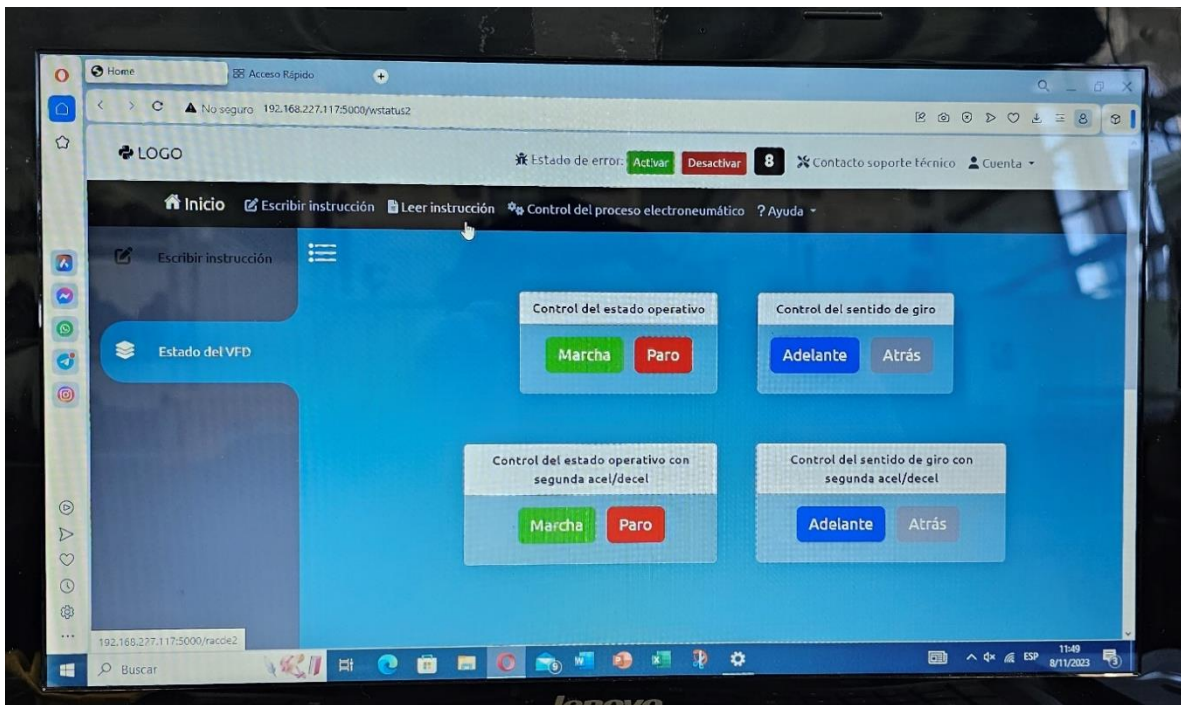


Figura 4.30: Supervisión del estado de error desde la ventana “Estado del VFD” (Cliente 3).

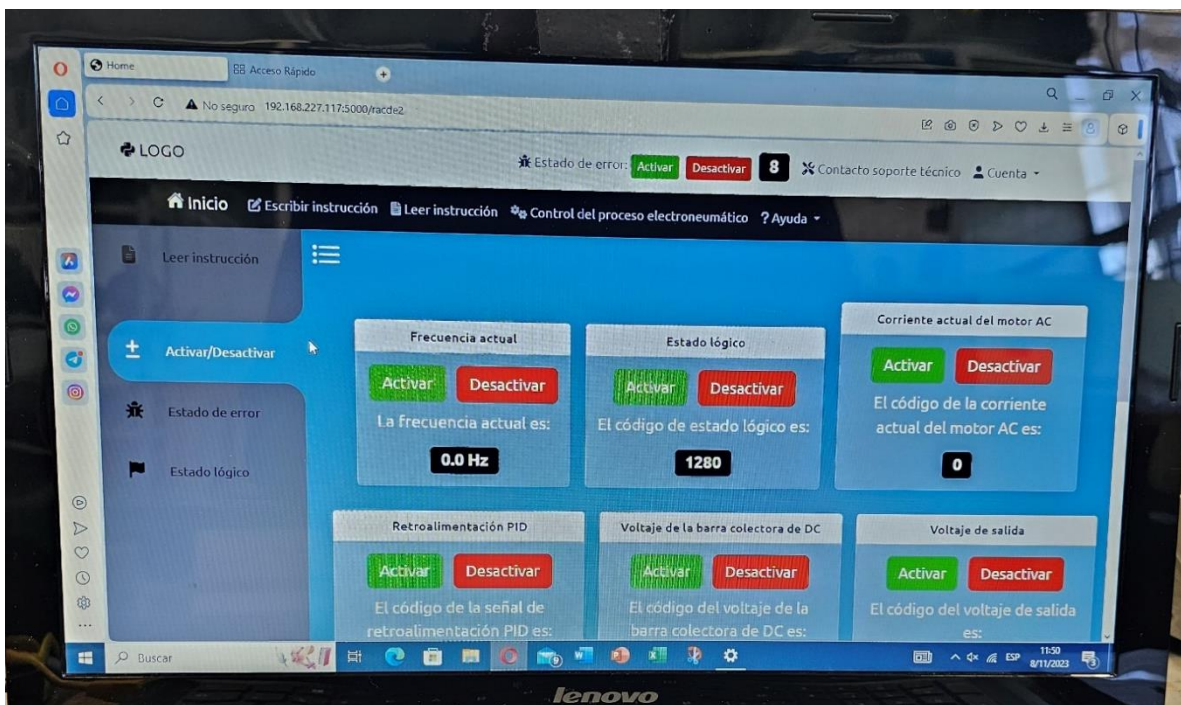


Figura 4.31: Supervisión del estado de error desde la ventana “Activar/Desactivar” (Cliente 3).

Para identificar cual es el error que corresponde al código en formato hexadecimal (8), es necesario consultar la ventana “Estado de error”. Como se muestra en la figura 4.33 el error simulado corresponde a “Falla externa”.

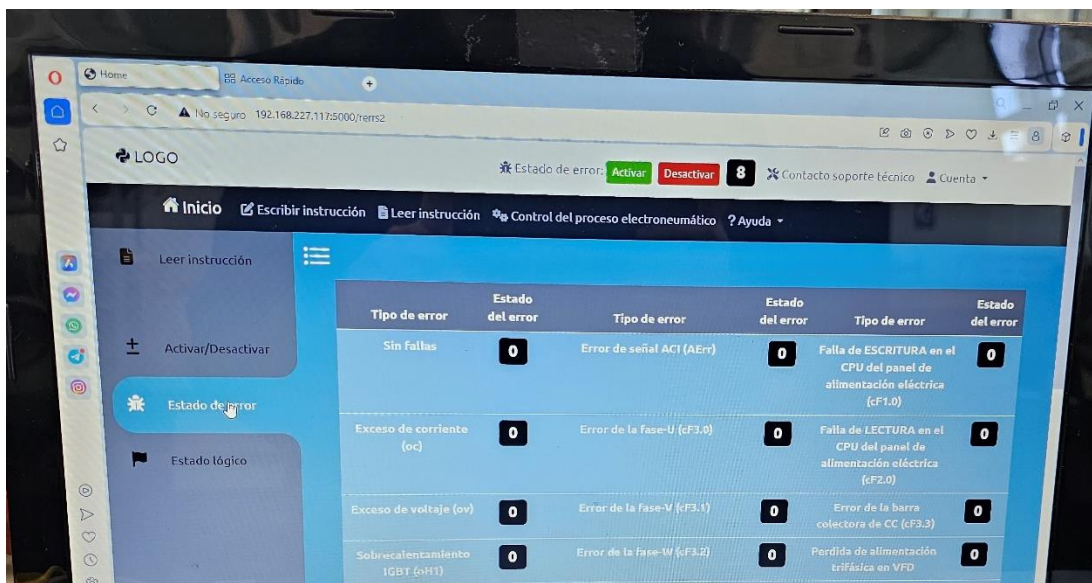


Figura 4.32: Supervisión del estado de error desde la ventana "Estado de error" (Cliente 3).

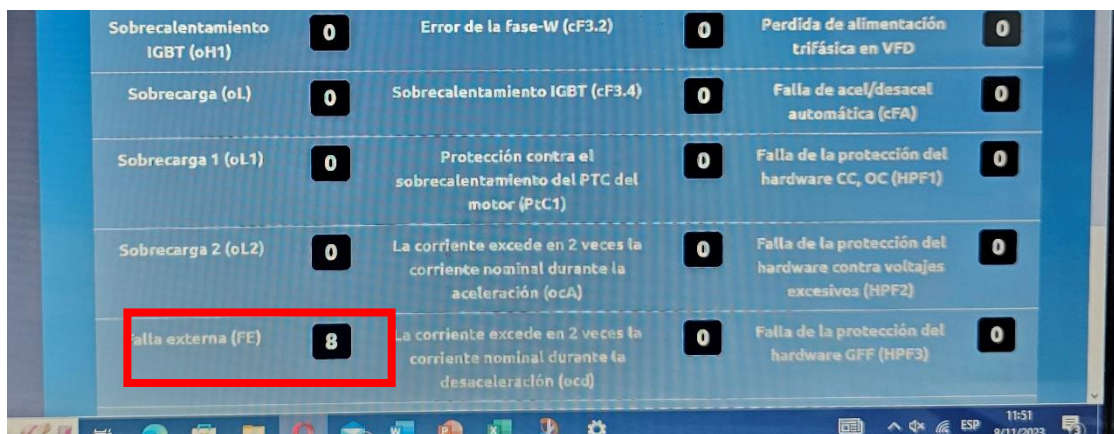


Figura 4.33: Estado de error correspondiente a "Falla externa" (Cliente 3).

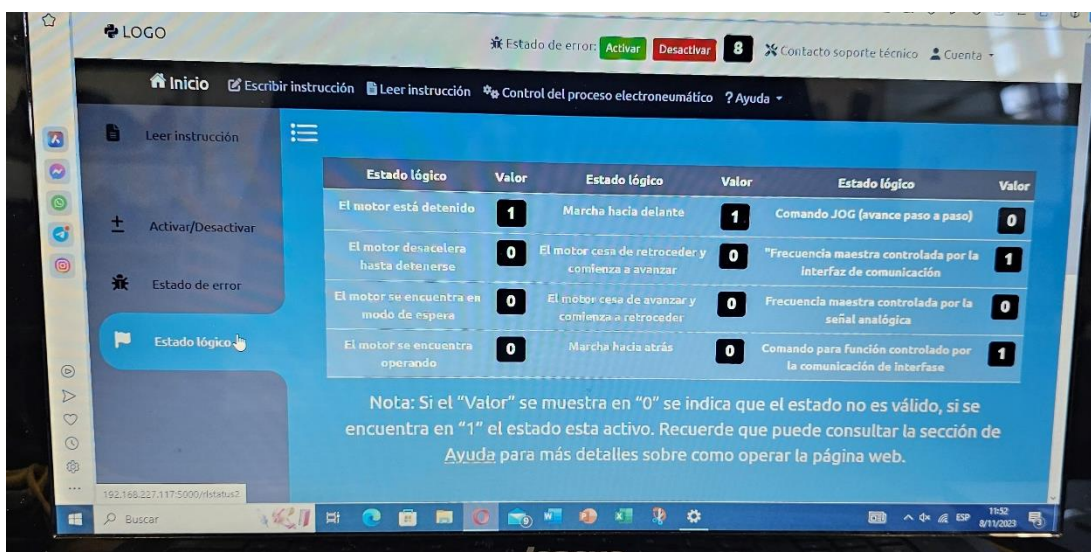


Figura 4.34: Supervisión del estado de error desde la ventana "Estado lógico" (Cliente 3).

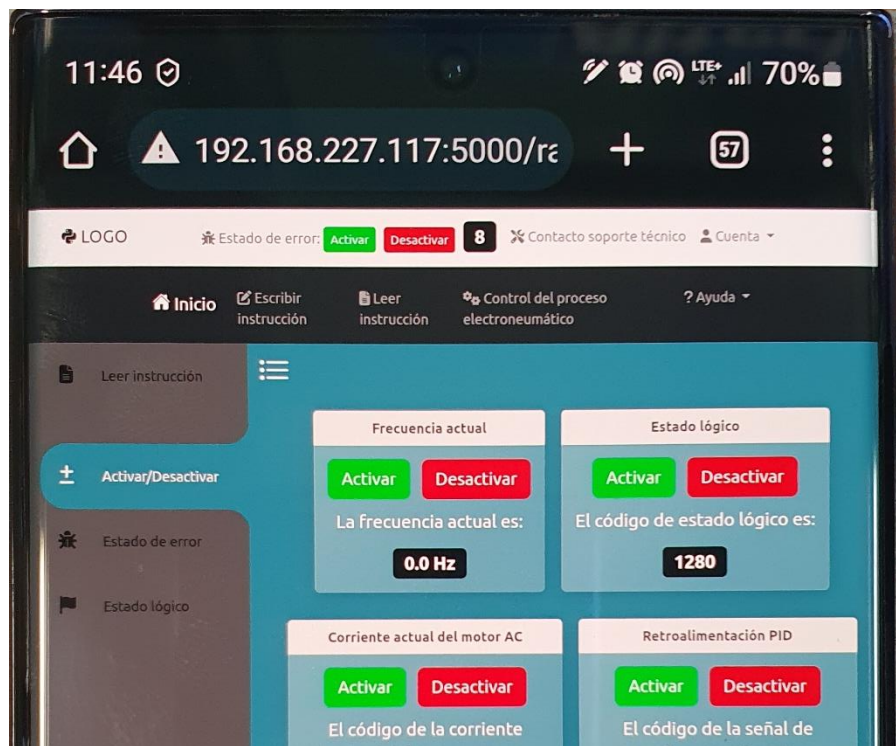


Figura 4.35: Supervisión del estado de error desde la ventana “Activar/Desactivar” (Cliente 4).

Para liberar al variador de frecuencia de la falla simulada, desde la ventana “Comando de falla” se pulsamos ambos botones restablecer. Posteriormente la supervisión, control y operación del proceso industrial continúa con normalidad, así como el código de error en el campo “Estado de error” cambia al código (0) para indicarlo, como se muestra en la figura 4.36.

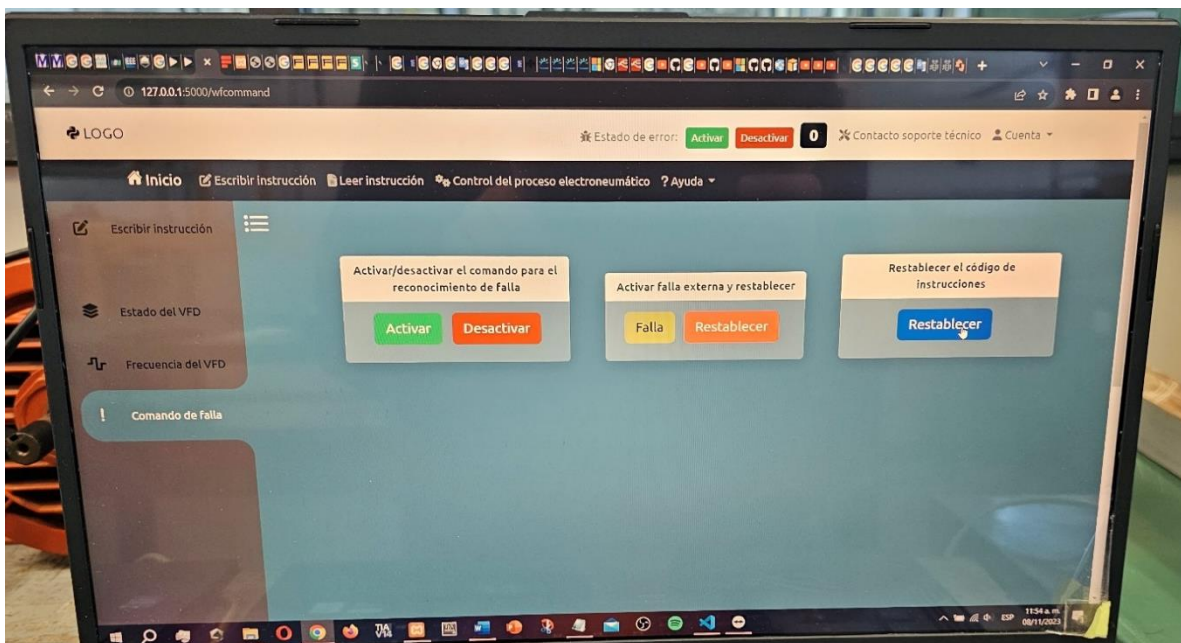


Figura 4.36: Restablecimiento de la falla desde el sistema SCADA.

Operación del proceso de forma inalámbrica

De acuerdo con el diagrama a bloques del sistema SCADA mostrado en la figura 4.1, para acceder al sistema utilizando una comunicación inalámbrica, es necesario que el servidor y el dispositivo del que se accede, en este caso el dispositivo “Cliente 5”, estén conectados a la misma red. En la figura 4.37 se muestra al “Cliente 5” accediendo al sistema de forma inalámbrica (WLAN) utilizando un perfil tipo operador.

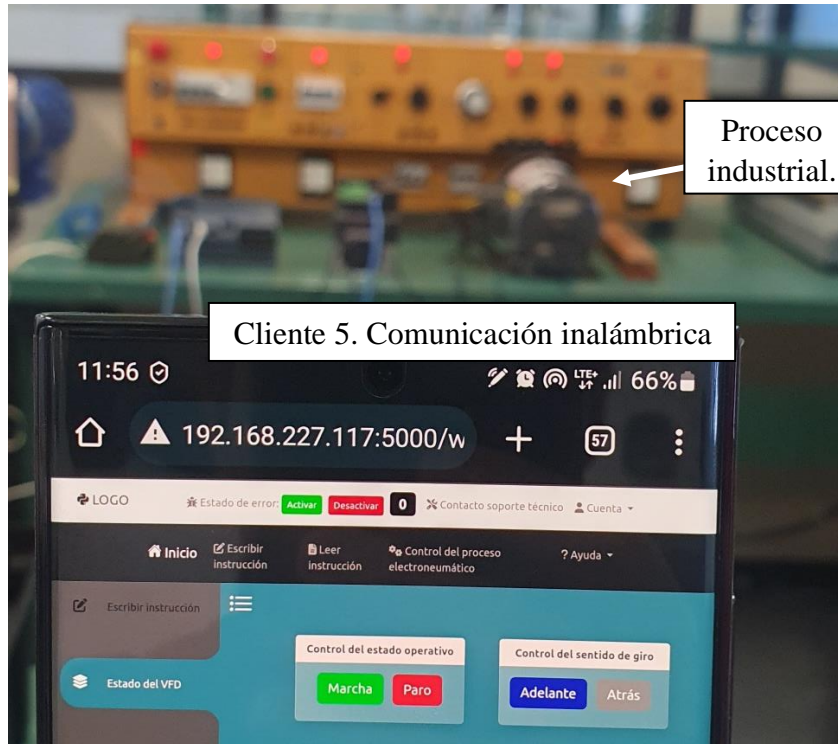


Figura 4.37: Acceso al sistema utilizando una conexión inalámbrica (WLAN).

Para ejemplificar el funcionamiento del sistema desde el “Cliente 5”, el proceso continúa operando a 100 Hz como se muestra en la figura 4.38.



Figura 4.38: Proceso industrial en marcha.

La supervisión desde el sistema SCADA en el “Cliente 5”, se muestra en la figura 4.39. Como se puede observar, la ventana “Estado lógico” muestra el valor (1) en el campo “El motor se encuentra operando, a la derecha se muestra la ventana “Activar/Desactivar” en el “Cliente 5”.

Comparando la figura 4.21 que corresponde a la supervisión de los códigos de estado antes de la simulación de la falla, con la figura 4.39 se puede observar que el estado operativo del proceso continúa operando con los parámetros configurados previamente a la simulación de la falla, de acuerdo con lo esperado.

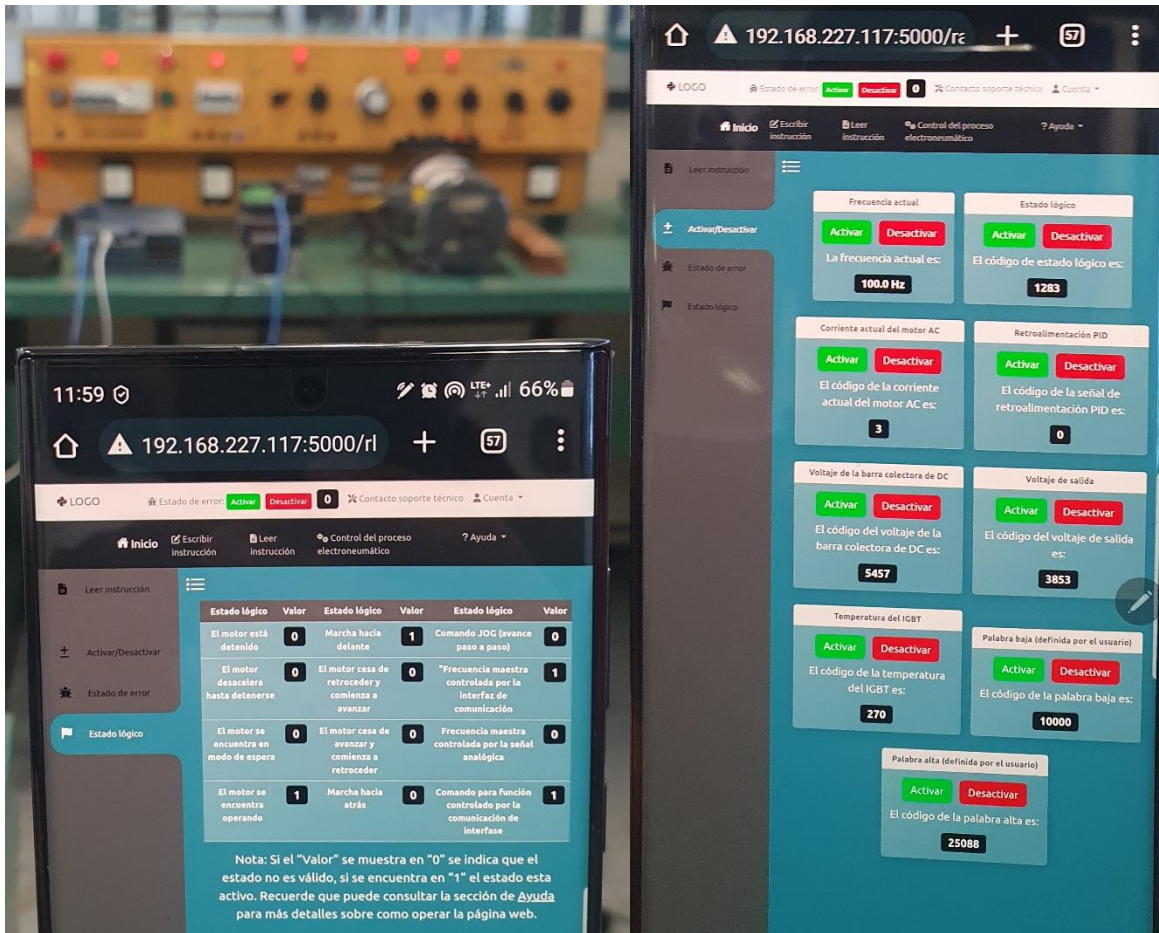


Figura 4.39: Supervisión del estado del proceso desde el dispositivo “Cliente 5”.

Operación del proceso de forma remota

De acuerdo con el diagrama a bloques del sistema SCADA, mostrado en la figura 4.1, el dispositivo “Cliente 2” debe establecer comunicación remota con el servidor para el control del proceso.

La figura 4.40 muestra al “Cliente 2” accediendo al sistema SCADA mediante una comunicación remota, vía internet al “Servidor” de la siguiente forma. El “Servidor” ejecuta la aplicación Python del sistema SCADA en un navegador web, el “Cliente 2” accede y muestra la interfaz del “Servidor”, teniendo la capacidad de controlarlo en su totalidad.

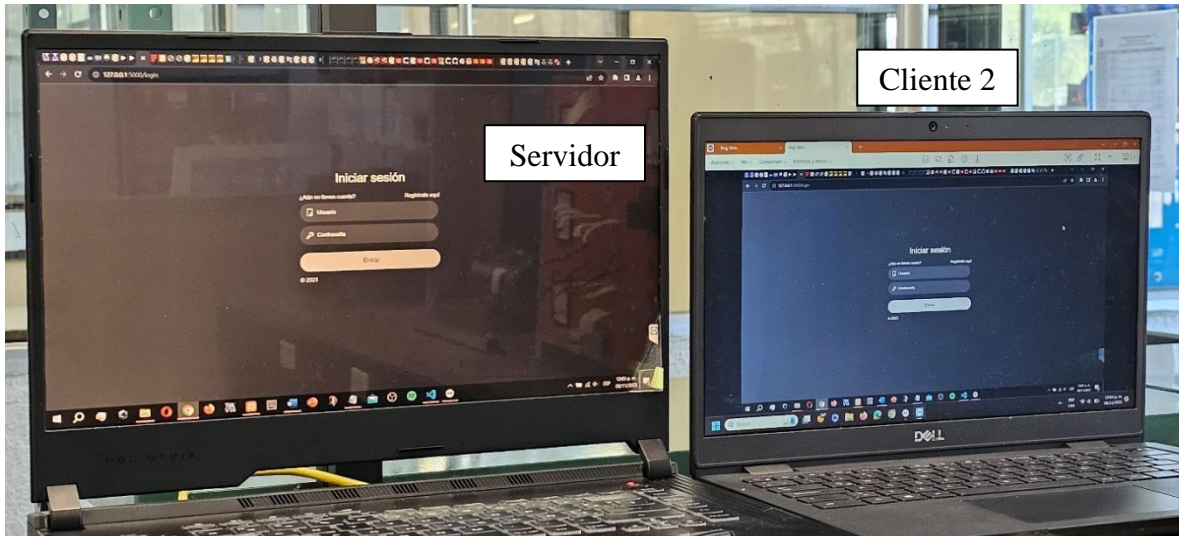


Figura 4.40: Acceso al sistema SCADA de forma remota.

Como se muestra en la figura 4.41 se ha utilizado la cuenta tipo administrador para acceder al sistema.

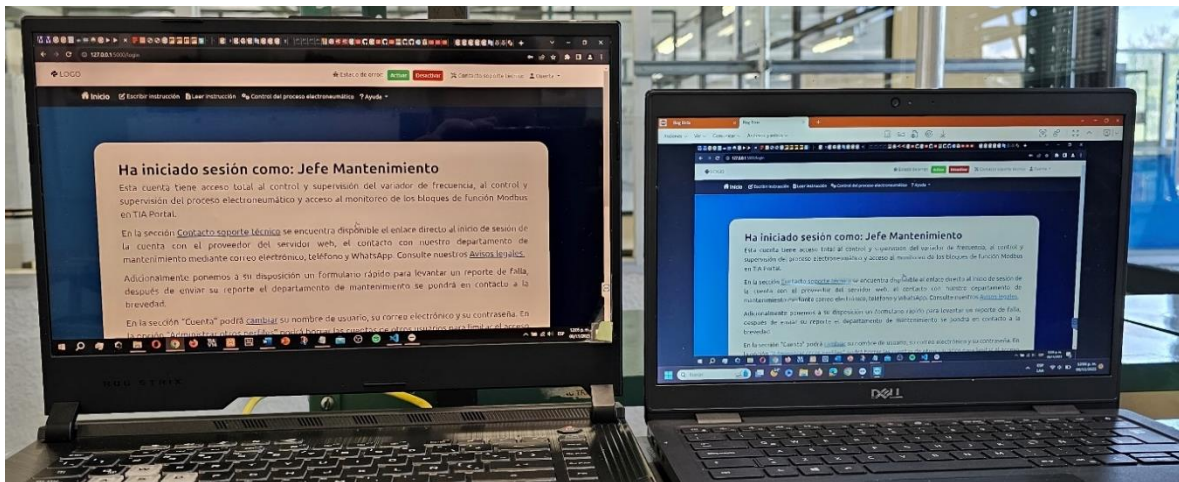


Figura 4.41: Demostración del acceso al sistema SCADA.

Una vez evidenciada la forma del control y acceso al sistema SCADA de manera remota en las figuras 4.40 y 4.41. A continuación, en las figuras 4.42 a 4.58 se ilustra y describe el control remoto del proceso industrial desde el “Cliente 2”.

La figura 4.42 muestra el sistema SCADA en la interfaz del “Cliente 2”, mientras que la figura 4.43 muestra al proceso industrial al mismo tiempo que el “Cliente 2” accede al “Servidor” desde una ubicación distante. Dado que el perfil tipo administrador controla y supervisa el proceso a distancia, se ha accedido al sistema SCADA desde el “Cliente 3” de forma simultánea utilizando la comunicación local y un perfil tipo operador, con el objetivo de realizar cambios en el proceso desde el “Cliente 3” mientras son supervisados por el “Cliente 2”.

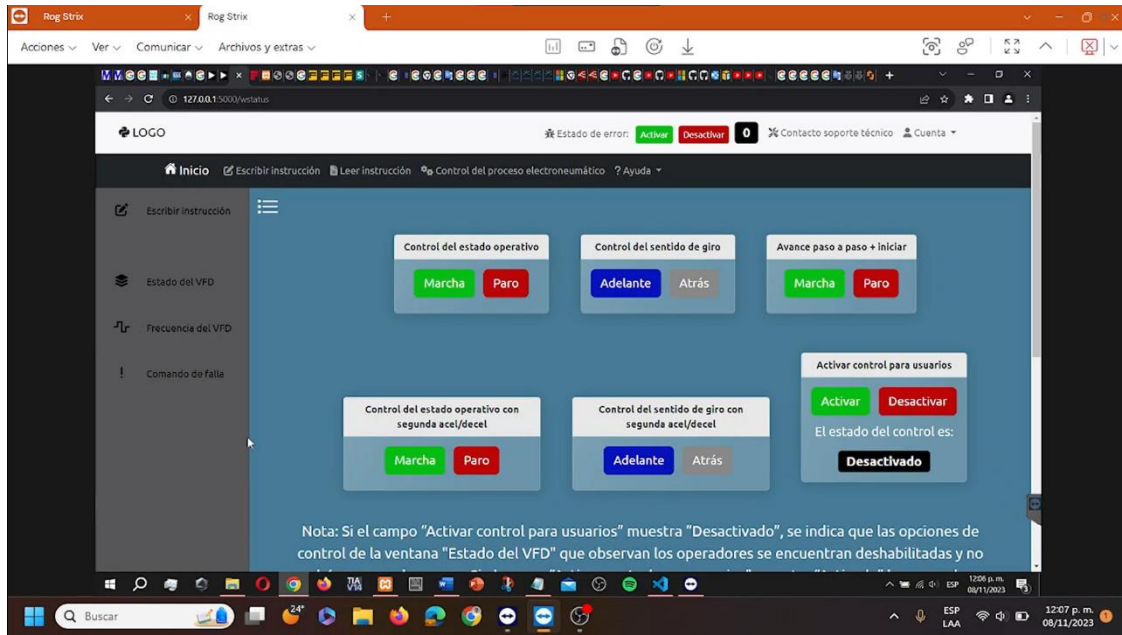


Figura 4.42: Perspectiva del “Cliente 2”.



Figura 4.43: Estado del proceso industrial.

Ahora, la figura 4.44 muestra la interfaz del “Cliente 2”, que se encuentra en la ventana “Estado lógico” supervisando el estado del proceso. Mientras que la figura 4.45 muestra el proceso que corresponde con los valores de estado mostrados por el sistema SCADA en la figura 4.44.

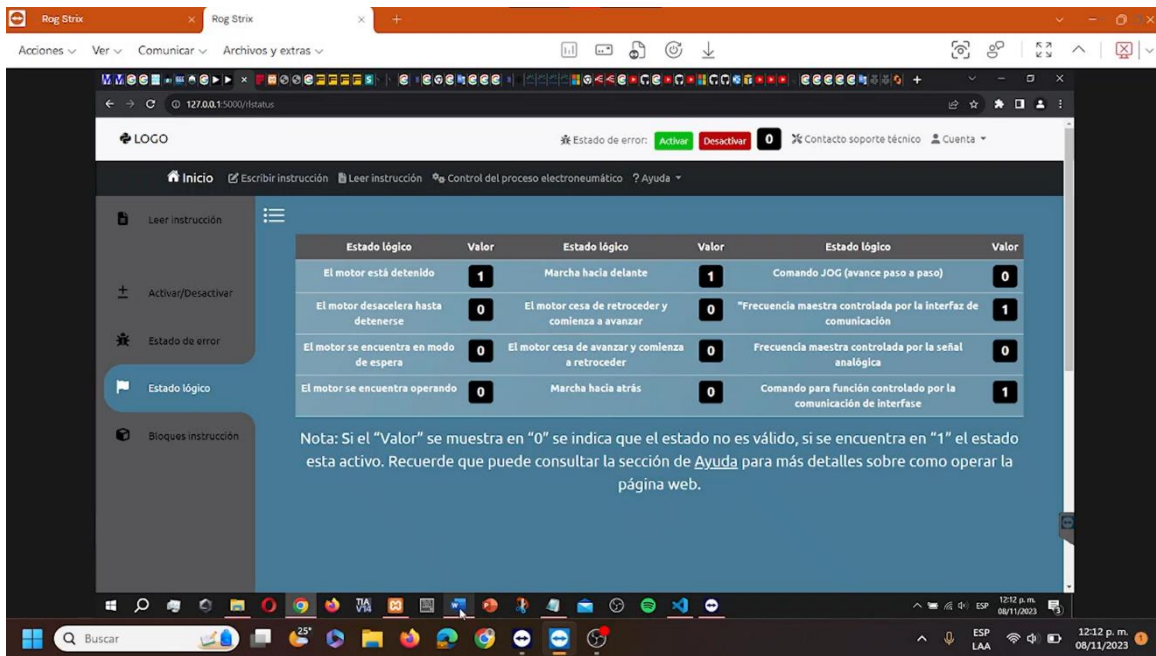


Figura 4.44: Supervisión del “Estado lógico” de forma remota.



Figura 4.45: Proceso industrial supervisado en paro.

Dado que el sistema SCADA detecta que el proceso se encuentra detenido, el “Cliente 2” da inicio al proceso industrial, desde la ventana “Estado lógico” supervisa el cambio en el proceso como se muestra en la figura 4.31, además, desde la ventana “Activar/Desactivar” supervisa los códigos de estados del proceso y la frecuencia actual del motor, como se muestra en la figura 4.32. La figura 4.33 muestra el proceso operando con los cambios correspondientes.

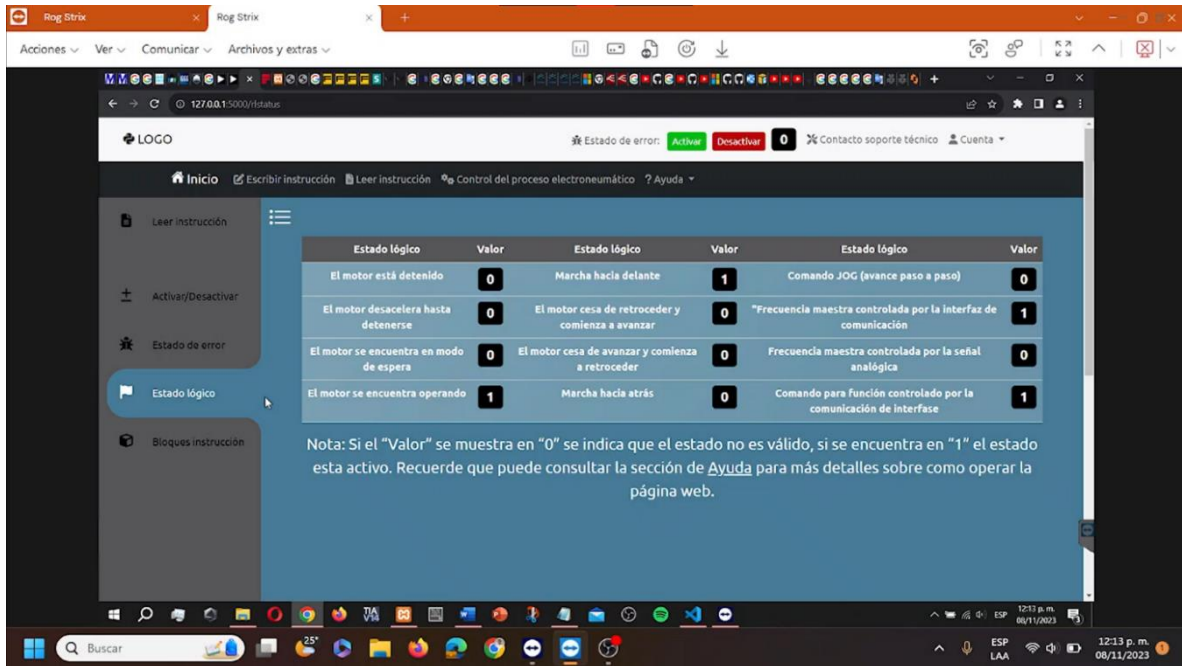


Figura 4.46: Supervisión del cambio en el estado de operación del proceso.

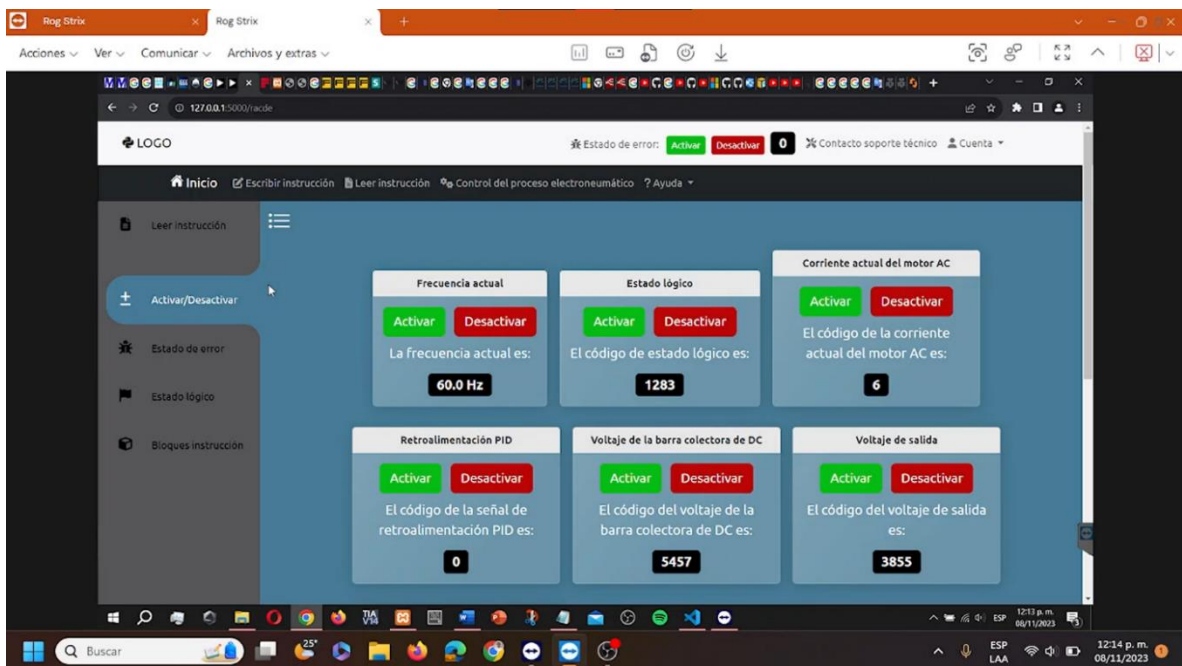


Figura 4.47: Ventana “Activar/Desactivar” en el “Cliente 2”.



Figura 4.48: Proceso industrial en operación.

Continuando con el control y supervisión del proceso de forma remota, como se ilustró en la figura 4.47, el proceso opera a una frecuencia de 60 Hz. Desde el “Cliente 2”, se disminuye la frecuencia de operación a 50 Hz, como se muestra en la figura 4.49.

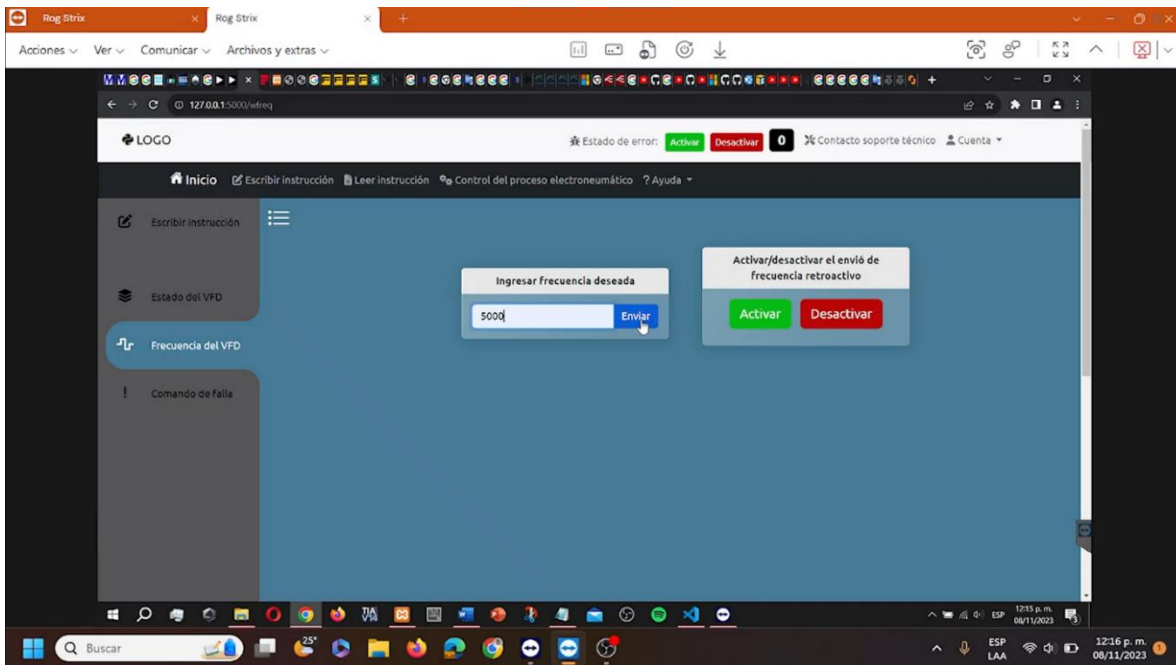


Figura 4.49: Disminución en la frecuencia de operación.

El servidor realiza el cambio indicado y en consecuencia el motor disminuye su velocidad, como se ejemplifica en la figura 4.50.



Figura 4.50: Disminución en la velocidad del motor ejecutado correctamente.

Para asegurarse que el cambio en los parámetros de operación del proceso industrial se ha efectuado, en el “Cliente 2” se accede nuevamente a la ventana “Activar/Desactivar” donde se puede observar la frecuencia de operación actualizada, como se ilustra en la figura 4.51.

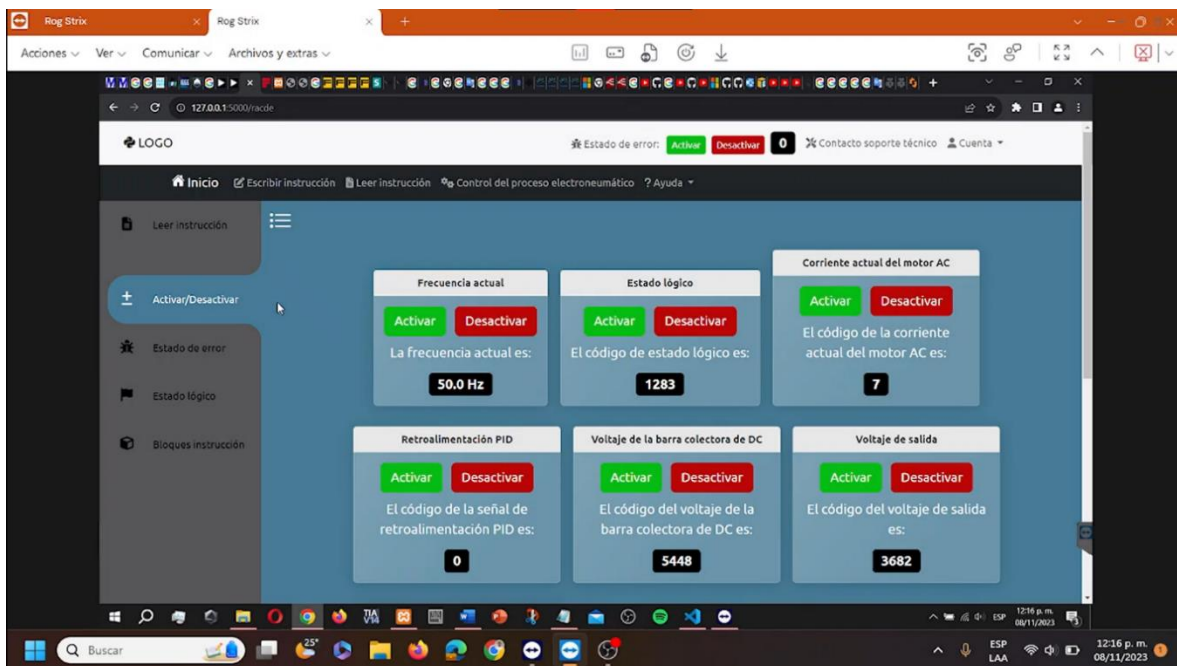


Figura 4.51: Supervisión de la disminución en la velocidad de operación en el “Cliente 2”.

A continuación, se muestra el caso de uso mencionado en la descripción de la figura 4.42 y 4.43, donde el “Cliente 2” supervisa los cambios en el proceso de forma remota, mientras que el “Cliente 3” realiza estos cambios de forma local.

En la figura 4.52 se muestra que el “Cliente 2” restringe la visualización de la interfaz o pantalla del “Servidor” mientras que supervisa el estado del proceso industrial en marcha y con sentido de giro del motor hacia adelante.

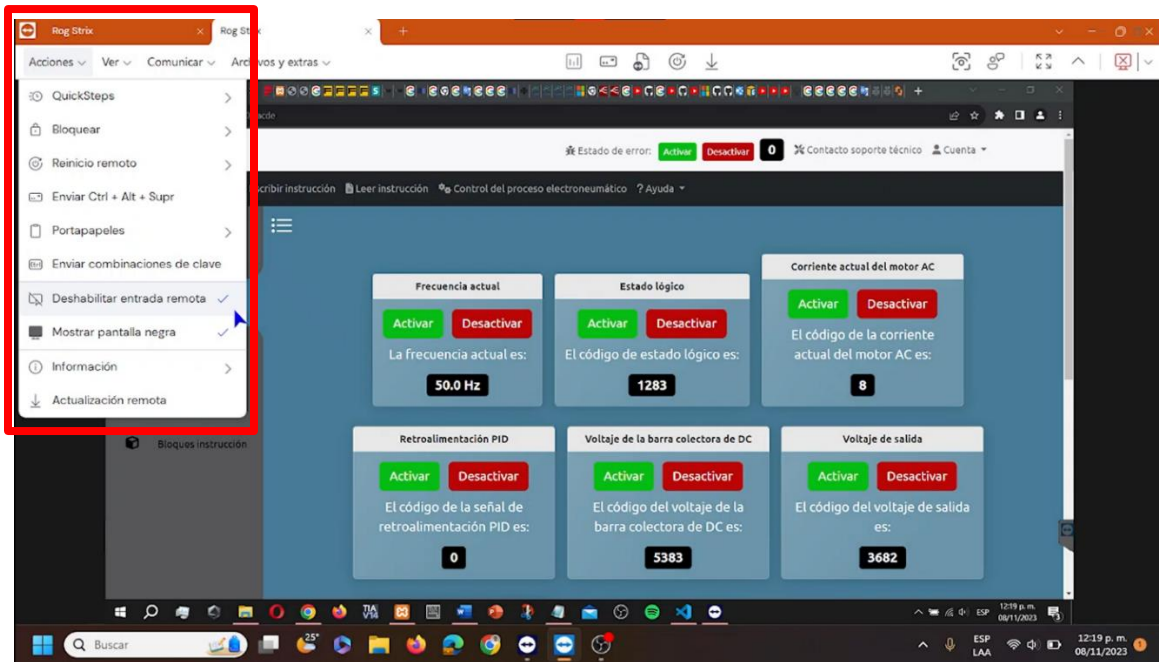


Figura 4.52: Restricción y supervisión de forma remota.

La figura 4.53 muestra el cambio en la interfaz del “Servidor” realizado por el “Cliente 2”.



Figura 4.53: Interfaz del servidor restringida.

Posteriormente desde la ventana “Estado del VFD” se supervisa que el control del proceso industrial se encuentra desactivado para los perfiles tipo operador como se muestra en la figura 4.54, por lo tanto, el control es activado como se muestra en la figura 4.55.

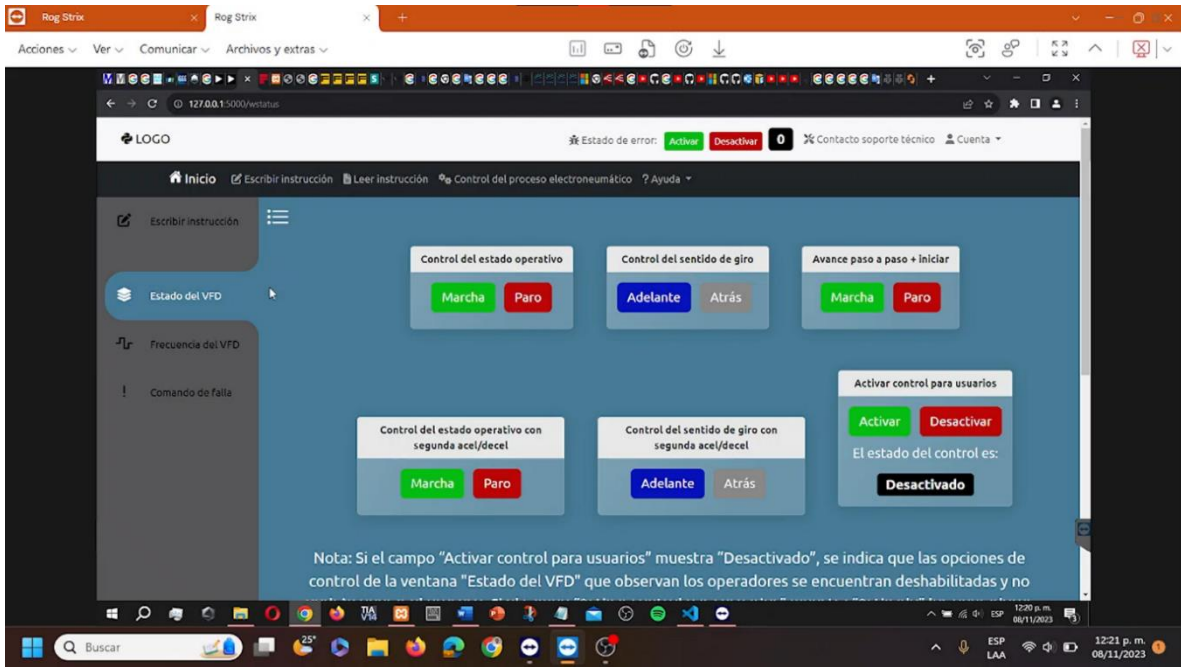


Figura 4.54: Supervisión del control para usuarios tipo operador.

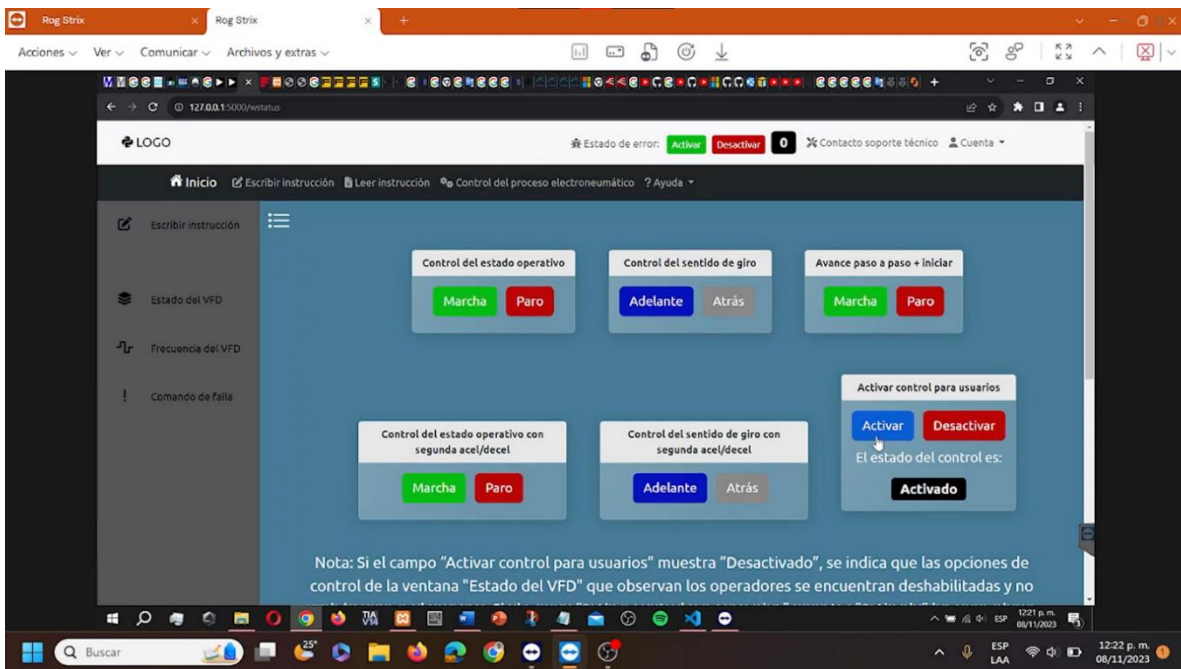


Figura 4.55: Activación del comando de operación para los perfiles tipo operador.

Con el control del proceso industrial para el resto de los operadores activado, se invierte el sentido de giro del motor hacia atrás desde el “Cliente 3” como se muestra en la figura 4.56.

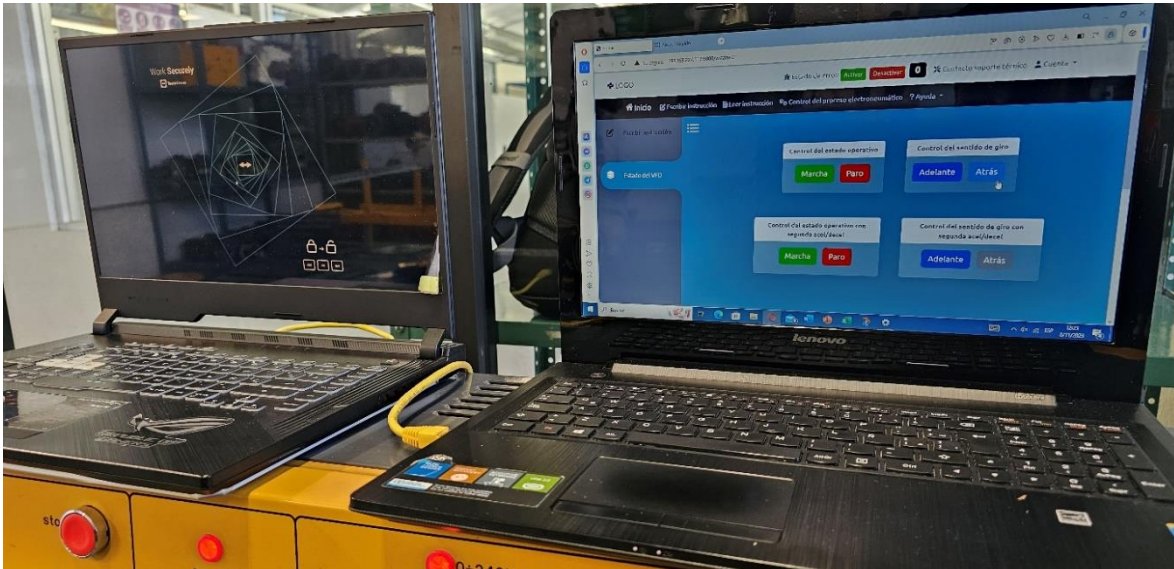


Figura 4.56: Cambio en el estado operativo del proceso desde el “Cliente 3”.

El “Cliente 2” supervisa el cambio anterior desde la ventana “Estado lógico” como se muestra en la figura 4.57.

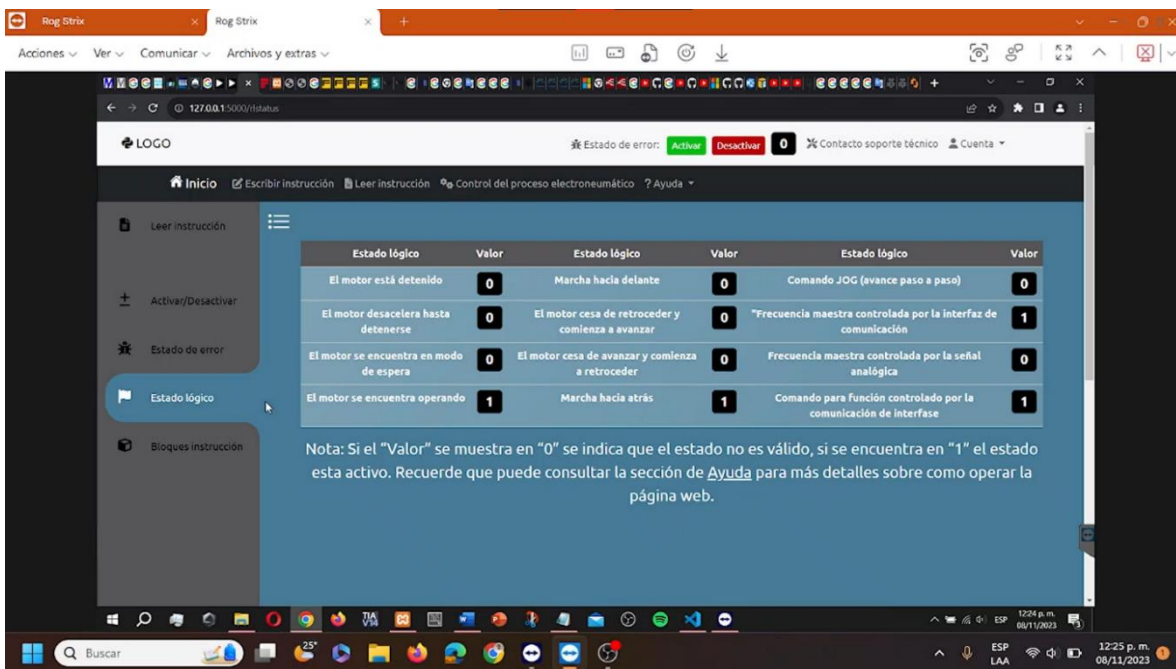


Figura 4.57: Supervisión de forma remota del cambio realizado por el “Cliente 3”.

Conclusiones

Los sistemas SCADA representan una herramienta importante para el entorno industrial, ya que se obtienen diversos beneficios. Permiten aumentar el nivel de eficiencia de los procesos al posibilitar en menor tiempo, el control y supervisión de forma remota en tiempo real. Con lo anterior, es posible realizar mantenimiento predictivo y correctivo al equipo involucrado en el proceso, permite realizar análisis de los procesos en base a los datos obtenidos con el fin de identificar fallas y vulnerabilidad en el sistema, inclusive predecirlas.

A la vez, realizar mantenimientos preventivos y correctivos genera una reducción de costos al aumentar la vida útil de los equipos, lo que permite a las industrias reducir la frecuencia con la que los equipos deben ser reemplazados.

La reducción de tiempos y costos generados a partir de lo anterior permite enfocar esfuerzos en la mejora de la calidad del sistema SCADA y del proceso haciendo uso de las características de escalabilidad del propio sistema SCADA.

Las características y beneficios mencionados se encuentran presentes el diseño expuesto en esta tesis, cumpliendo con los objetivos correspondientes del proyecto.

A pesar de los grandes beneficios y ventajas del uso de un sistema SCADA se debe tomar en cuenta que la inversión realizada para la implementación en una industria debe justificar el retorno de dicha inversión, por lo tanto, es necesario realizar un estudio para determinar la viabilidad de su implementación con el fin de evitar pérdidas.

Otro punto para tomar en cuenta de los sistemas SCADA, se encuentra en que al estar basados en software y su ejecución para posibilitar el acceso remoto depende de comunicaciones y tecnologías que en ocasiones son adquiridas a terceros, lo que representa una dependencia para el funcionamiento de algunas características del sistema que podría traer inconvenientes ante la aparición de fallas.

En definitiva, el sistema SCADA, al estar basado en diseño web sobre Python, uno de los lenguajes de programación más utilizados y versátiles para tal propósito posibilita que, dependiendo de las necesidades, sea posible escalar el sistema integrando nuevas funciones y tecnologías. Al ser un lenguaje de programación de acceso libre permitió la reducción de costos al desarrollar el sistema. Al contar con herramientas versátiles como frameworks para desarrollo web backend, que son esquemas de trabajo que evitan la repetición de la escritura de código mediante su reutilización, Python permitió la agilización del desarrollo de este proyecto y conservar una buena estructura en el código.

La situación utilizada para ejemplificar el funcionamiento y utilidad del sistema SCADA controlado de forma remota, plantea un caso de uso común en la industria. Donde un operador se encuentra en planta a cargo del correcto funcionamiento del proceso industrial, del variador de frecuencia y del motor trifásico haciendo uso del sistema SCADA a través de interfaces de usuario, mientras que una persona con alto rango, por ejemplo, un

jefe de mantenimiento o un jefe de área supervisa el estado del proceso mientras se encuentra fuera de planta por distintas razones, por ejemplo, supervisando otra planta.

Los dispositivos industriales como los controladores lógicos programables (PLC) siguen siendo ampliamente utilizados gracias a los beneficios y amplio campo de aplicación que otorgan, continúan en constante innovación y mejora para adaptarse a las necesidades de la industria moderna.

Los variadores de frecuencia (VFD), al igual que los PLC, ofrecen gran cantidad de aplicaciones al ser usados en conjunto con motores generalmente de alto voltaje, por ejemplo, las más comunes son el control de bandas transportadoras, bombas de control de flujo de líquidos y control del movimiento de plataformas.

Con lo anterior en mente, el proyecto fue desarrollado utilizando dispositivos industriales que son ampliamente utilizados en la industria de automatización de procesos y planteando un caso de uso real. Con esto se ejemplifica y muestra de forma satisfactoria la utilidad y versatilidad del proyecto cumpliendo con los objetivos propuestos.

En cuanto a la red de comunicación industrial implementada se utiliza el protocolo de comunicación Modbus tanto en su versión TCP (Terminal Control Protocol) y RTU (Remote Terminal Unit)

Modbus TCP cuenta con una facilidad de uso importante, ya que la capa física de este protocolo es el ethernet industrial, posibilita que prácticamente cualquier dispositivo que cuente con un conector RJ45 sea compatible con Modbus TCP. Esta característica fue de suma importancia en la implementación la red dado que el dispositivo servidor debía ser compatible con ethernet industrial, además los datos obtenidos pudieron ser representados en el sistema SCADA en tiempo real debido a las características del estándar ethernet.

El protocolo Modbus RTU cuenta con más presencia en dispositivos y entornos industriales esto, permite la comunicación y transmisión de datos con dispositivos de distintos fabricantes simplificando la implementación de procesos y sistemas, lo que lo hace eficiente y versátil. En relación con lo anterior, al estar basado en el principio Maestro-Esclavo el control de los dispositivos es preciso evitando confusiones de instrucciones en la red.

Dado que utiliza comunicaciones seriales en formato binario, la transmisión de datos se realiza a gran velocidad lo que es clave para la supervisión de procesos industriales en tiempo real y una óptima toma de decisiones.

Modbus, a pesar de ser un protocolo de comunicación con bastantes años en el entorno industrial sigue siendo ampliamente utilizado a pesar de los requerimientos actuales de la industria como el aumento en el volumen de tráfico de datos que los sistemas actuales requieren, cumple de manera eficiente. Adicionalmente al ser un protocolo de acceso libre los costos involucrados se ven reducidos notablemente, lo que beneficia principalmente a pequeñas y medianas empresas donde es crucial mantener los costos operativos bajos.

Mantener la interfaz del servidor activa en todo momento, como se ha mostrado en la sección de implementación del capítulo 4, representa un riesgo para el sistema, aunque se

hayan realizado las acciones adecuadas como colocar el dispositivo servidor una sala de control con acceso restringido.

Por lo tanto, el servicio utilizado para proporcionar la capacidad de acceso remoto al sistema SCADA cuenta con funciones como deshabilitar la entrada por teclado en el dispositivo “Servidor”. También se cuenta con una función que permite mostrar la interfaz o pantalla del dispositivo servidor en negro (figura 4.38), de esta manera solo el dispositivo que accede de forma remota, en este caso el “Cliente 2”, puede controlar el “Servidor”.

Lo anterior permite mayor control sobre el acceso y circunstancias, tanto del “Servidor” como del sistema SCADA.

Se menciona al inicio de este documento que una de las motivaciones del proyecto es la reducción de costos al diseñar el sistema SCADA sobre herramientas de acceso libre. Como se describe y muestra en la sección “Implementación del sistema SCADA y operación del proceso” del capítulo 4, al lograr el diseño e implementación del sistema sobre estas características y sobre el diseño web se posibilitó el uso de dispositivos como computadores, tabletas y smartphones para la ejecución de la interfaz de usuario en sustitución de dispositivos tipo interfaz hombre maquina (HMI) reduciendo significativamente los costos de implementación.

El diseño y características del sistema SCADA planteado en este proyecto, presenta soluciones para la reducción de tiempos, dado que la supervisión y cambios en la configuración del estado operativo del sistema pueden realizarse de forma remota o mediante una conexión inalámbrica, por lo tanto, el operador no está sujeto a permanecer en un solo lugar, permitiendo realizar más actividades sin perder de vista el proceso.

Además, al realizar cambios en el proceso industrial desde la interfaz del sistema SCADA en lugar de programar y configurar directamente en TIA Portal se reducen los tiempos de configuración de elementos.

Como se mencionó anteriormente la plataforma utilizada para posibilitar el acceso remoto al sistema SCADA, además, permite brindar a distancia el servicio de soporte técnico en caso de ser requerido, lo cual, representa una ventaja y beneficio, al dar solución rápida y oportuna para el correcto funcionamiento del sistema. El diseño del formulario permite al usuario proporcionar información importante y precisa sobre la falla presentada, lo que permite planificar soluciones adecuadas antes de atender la falla. Lo anterior representa una reducción del tiempo necesario para solucionar la falla, esto es crucial en la industria.

Tras la implementación del sistema SCADA, se identificó latencia con un tiempo de tres a cuatro segundos para la carga de las ventanas de control y supervisión. Donde se determinó que existen dos causas principales, el volumen de datos y congestión de la red ya que el volumen de datos que recibe el sistema SCADA es grande y con la presencia de más de cinco clientes conectados a la red simultáneamente la latencia aumenta en el tiempo identificado.

La segunda causa se debe a factores del usuario, específicamente a la desventaja número tres como fue planteada en el capítulo 1, se requiere de una conexión a internet estable y preferiblemente de alta velocidad para un acceso y operación óptima al sistema SCADA.

Para disminuir la latencia se determinó que el número de clientes conectados a la red simultáneamente debe ser igual o inferior a cuatro, posteriormente en medida de lo posible se utilizó un servicio de internet con una velocidad óptima para el propósito de ejemplificación de funcionamiento del sistema SCADA expuesto en este capítulo.

Finalmente, el proyecto de tesis presentado en este documento cumple con los objetivos propuestos de acuerdo con la justificación y alcance previamente establecidos.

Propuestas de mejora (Escalabilidad)

En relación con lo expuesto en el capítulo 2, un sistema SCADA debe ser escalable para garantizar un correcto funcionamiento. Dado lo anterior, el sistema SCADA planteado en este proyecto de tesis no es la excepción, ya que al estar diseñado en Python y estar basado en HTML, cuenta con una amplia área de mejora y expansión. A continuación, se presentan algunas propuestas de mejora que pueden ser aplicables en trabajos futuros.

- **Sustituir el método de supervisión actual.**

El método actual de supervisión del proceso industrial se realiza por medio de tablas con la información disponible de todos los estados posibles y un número indicador, (0) para indicar que el estado no es válido o (1) para indicar que el estado es válido.

Este método permite una supervisión rápida de todo lo que sucede en el sistema, sin embargo, podría ser un método poco amigable con el usuario. Por lo tanto, se sugiere reemplazar este método de presentación de estados en tablas por gráficas generadas en tiempo real en las ventanas “Activar/Desactivar”, principalmente en la presentación de la frecuencia actual y en “Estado lógico”.

Lo anterior permitirá supervisar los estados correspondientes dentro de un corto periodo de tiempo, no solo el estado actual, lo cual, posibilitará una supervisión del proceso industrial y toma de decisiones más eficiente e informada.

- **Almacenamiento y análisis de datos.**

Debido a las características de Python, es posible anexar un código al programa del sistema SCADA para realizar análisis de los datos recuperados de la supervisión del proceso industrial, para que esto sea posible los datos deberán ser registrados en una base de datos.

Dependiendo de las necesidades, el análisis resultante puede ser presentado mediante documentos PDF o el formato de archivo necesario, puede ser realizado de manera diaria, semanal, mensual o anual. Estos análisis pueden ser utilizados para detección y prevención de fallas, mejoras al proceso, mantenimiento predictivo y correctivo, entre otros.

- **Uso de esquemas y sistemas de protección redundantes.**

Debido a la arquitectura del sistema SCADA si el dispositivo “Servidor” o el PLC presentaran fallas críticas la continuidad del proceso se vería afectada. Por lo tanto, los sistemas redundantes como colocar un segundo PLC con la misma programación y un segundo servidor con el software del sistema SCADA en paralelo que tome el control del proceso en sustitución del o los dispositivos afectados, garantizaría el correcto funcionamiento del sistema en todo momento evitando tiempos muertos.

- **Integración del sistema SCADA con la nube.**

El diseño web del sistema SCADA permite su ejecución en cualquier navegador web, por lo tanto, es posible ejecutar el software del sistema utilizando un servicio de servidor web alojado en la nube. Lo cual, permitirá migrar el proyecto del método de acceso remoto actual a un acceso remoto desde internet.

Antes de realizar la migración, es importante considerar que el servicio de servidor web en la nube seleccionado, debe ser compatible con el protocolo Modbus y admitir tanto la ejecución como el flujo de datos desde una base de datos relacional para el control de usuarios y la recopilación de datos procedentes de la supervisión del proceso industrial.

- **Aplicar técnicas de ciberseguridad.**

Las restricciones de acceso y seguridad utilizadas en el proyecto cumplen un papel preventivo y no sustituyen técnicas de seguridad más avanzadas para la protección de otros elementos del sistema, por ejemplo, ante ciberataques, interferencias en la transición de datos, protección de los datos proporcionados por los usuarios y de los obtenidos a partir del proceso industrial. Por lo tanto, se propone como una mejora trabajar en la seguridad sistema, aún más si el sistema es migrado a la nube.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] National Institute of Standards and Technology. (s.f.). Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) - Glossary | CSRC. https://csrc.nist.gov/glossary/term/supervisory_control_and_data_acquisition
- [2] Penin, A. R. (2012). *Sistemas SCADA* (3.a ed.). Marcombo.
- [3] National Institute of Standards and Technology. (s.f.). Master Terminal Unit (MTU) - Glossary | CSRC. National Institute of Standards and Technology. Recuperado 4 de septiembre de 2023, de https://csrc.nist.gov/glossary/term/master_terminal_unit
- [4] National Institute of Standards and Technology. (s.f.). Remote Terminal Unit - Glossary | CSRC. Recuperado 4 de septiembre de 2023, de https://csrc.nist.gov/glossary/term/remote_terminal_unit
- [5] Babel, W. (2022). *Industry 4.0, China 2025, IoT: The Hype Around the World of Automation*. Springer.
- [6] Tello, S. S. (2013). *Sistemas automáticos industriales de eventos discretos* (1.a ed.). Alfaomega.
- [7] Sicma21. (2023, marzo 8). Qué es un PLC, cómo funciona y por qué se utilizan. Soluciones Integrales para la Industria 4.0. Recuperado 6 de septiembre de 2023, de https://www.sicma21.com/que-es-un-plc/#Como_funciona_un_PLC
- [8] ABB. (s.f.). Qué es un variador de frecuencia. Definición, cómo funciona, características y ventajas. Convertidores. Recuperado 7 de septiembre de 2023, de <https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>
- [9] Martínez, L., Guerrero, V., & Yuste, R. (2009). *Comunicaciones industriales*. Alfaomega.
- [10] Carthern, C., Wilson, W., & Rivera, N. (2021). *Cisco Networks Engineers' Handbook of Routing, gineers' Handbook of Routing, Switching, and Security with IOS, NX-OS, and ASA* (2.a ed.). Apress.
- [11] Siemens AG. (2015). *SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200* (06 ed.) [PDF]. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/221/107623221/att_69709/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf
- [12] Siemens AG Division Digital. (2015). *S7-1200 Easy Book* (01 ed.) [PDF]. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/145/39710145/att_5791/v1/s71200_easy_book_es-ES_es-ES.pdf
- [13] Modbus Organization, Inc. (s.f.). *Modbus Technical Resources*. Modbus.org. Recuperado 7 de junio de 2023, de <https://modbus.org/tech.php>

- [14] What Is the Difference Between Ethernet and Industrial Ethernet? | Analog Devices. (2018). [www.analog.com. https://www.analog.com/en/technical-articles/what-is-the-difference-between-ethernet-and-industrial-ethernet.html](https://www.analog.com/en/technical-articles/what-is-the-difference-between-ethernet-and-industrial-ethernet.html)
- [15] Principio de cliente-servidor de Modbus. (s.f.). [schneider-electric.com. Recuperado 18 de septiembre de 2023, de https://www.productinfo.schneider-electric.com/vigipact_rhb_user_guide/vigipact-rhu-user-guide/Spanish/BM_Vigirex_RHU_53457272_es_T001003625.xml/\\$/TPC_ModbusMaster_slaveprinciple_53457272_es_T001003644](https://www.productinfo.schneider-electric.com/vigipact_rhb_user_guide/vigipact-rhu-user-guide/Spanish/BM_Vigirex_RHU_53457272_es_T001003625.xml/$/TPC_ModbusMaster_slaveprinciple_53457272_es_T001003644)
- [16] ¿Qué es una aplicación web? - Explicación de las aplicaciones web - AWS. (s.f.). Amazon Web Services, Inc. Recuperado 6 de noviembre de 2023, de <https://aws.amazon.com/es/what-is/web-application/#:~:text=Una%20aplicaci%C3%B3n%20web%20es%20un,y%20de%20una%20forma%20segura.>
- [17] ¿Qué es Python? - Explicación del lenguaje Python - AWS. (s. f.). Amazon Web Services, Inc. Recuperado 8 de septiembre de 2023, de <https://aws.amazon.com/es/what-is/python/>
- [18] mozilla.org contributors. (2023, julio 24). HTML: lenguaje de etiquetas de hipertexto | MDN. [developer.mozilla.org. Recuperado 23 de agosto de 2023, de https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTML](https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTML)
- [19] mozilla.org contributors. (s.f.). ¿Qué es el CSS? - Aprende Desarrollo Web | MDN. [developer.mozilla.org. Recuperado 23 de agosto de 2023, de https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/CSS/First_steps/What_is_CSS](https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/CSS/First_steps/What_is_CSS)
- [20] mozilla.org contributors. (2023, julio 24). JavaScript | MDN. [developer.mozilla.org. Recuperado 23 de agosto de 2023, de https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript](https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript)
- [21] ¿Qué es la latencia? - Explicación de la latencia de red - AWS. (s.f.). Amazon Web Services. Recuperado 6 de noviembre de 2023, de <https://aws.amazon.com/es/what-is/latency/>
- [22] What is latency? | IBM. (s.f.) [ibm.com. Recuperado 6 de noviembre de 2023, de https://www.ibm.com/topics/latency](https://www.ibm.com/topics/latency)
- [23] Siemens AG. (s.f.). CPU 1215C, DC/DC/RLY, 14DI/10DO/2AI/2AO. SiePortal. Recuperado 7 de junio de 2023, de <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/116201?pdtdi=td&dl=es&lc=es-MX>
- [24] Delta Electronics, Inc. (2008). VFD-EL Manual del usuario Funciones múltiples / microvariador de frecuencia para motores de CA. [PDF]. https://filecenter.deltaww.com/Products/download/06/060101/Manual/DELTA_IA-MDS_VFD-EL_UM_SP_20080415.pdf

- [25] ABB Motors and Mechanical Inc. (s.f.). M3538. Baldor.com. Recuperado 6 de junio de 2023, de <https://www.baldor.com/catalog/M3538>
- [26] ABB Motors and Mechanical Inc. (2023). Customer information packet M3538. [PDF]. <https://www.baldor.com/api/products/M3538/infopacket>

APÉNDICE

Apéndice A

A continuación, se presenta el contenido completo de las figuras 3.1 a 3.12 presentadas en el capítulo 3.

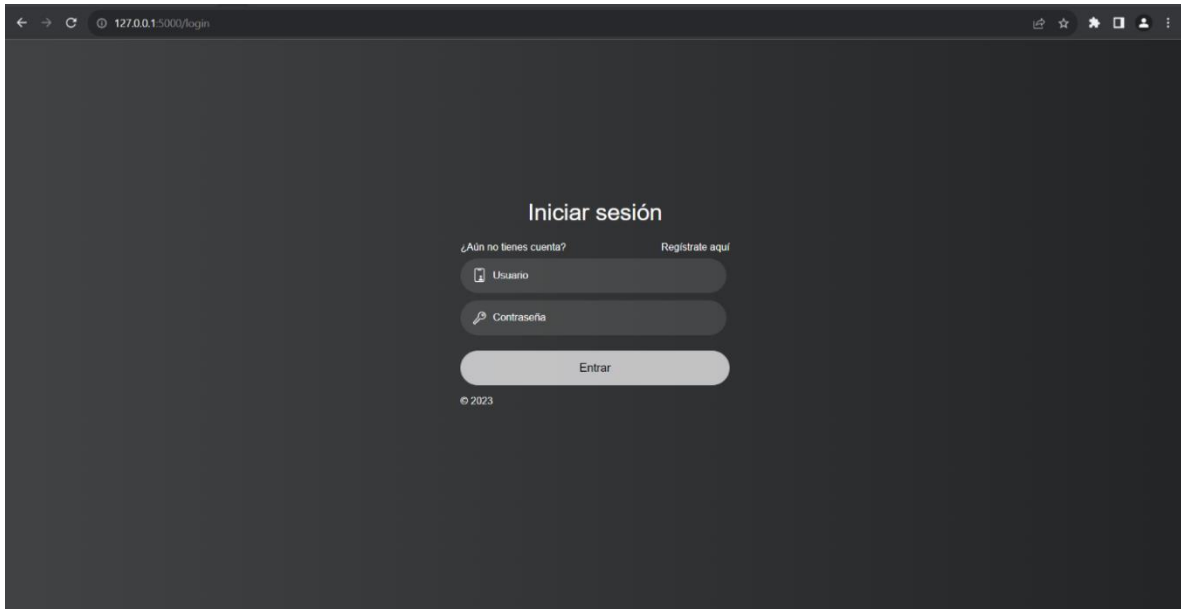


Figura A1: Ventana para inicio de sesión.

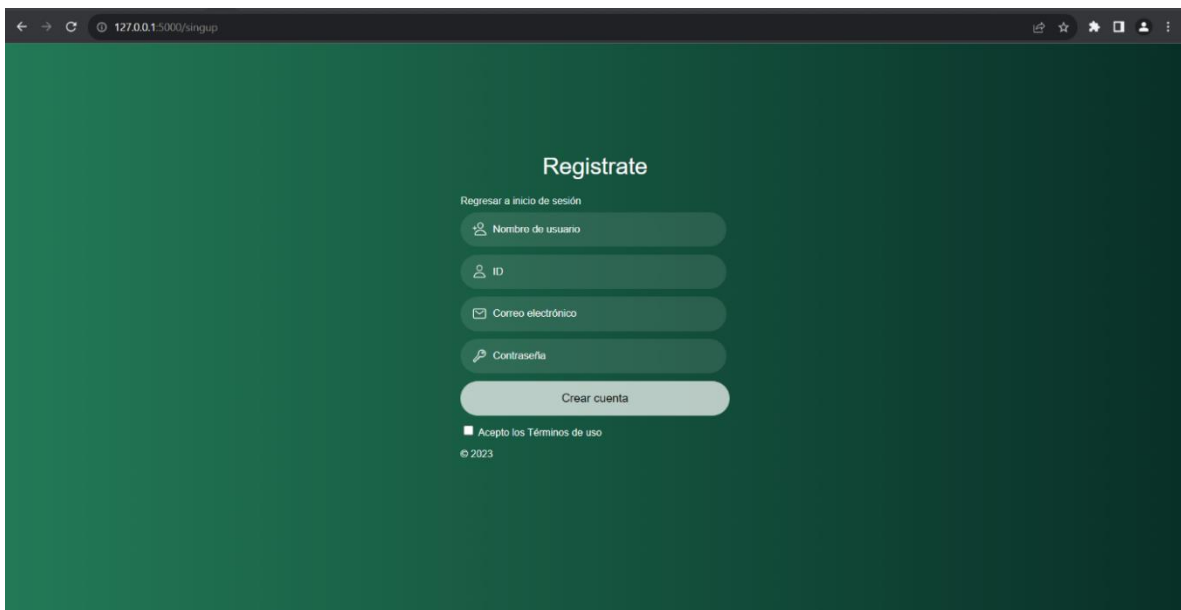


Figura A2: Ventana para registro de usuarios.

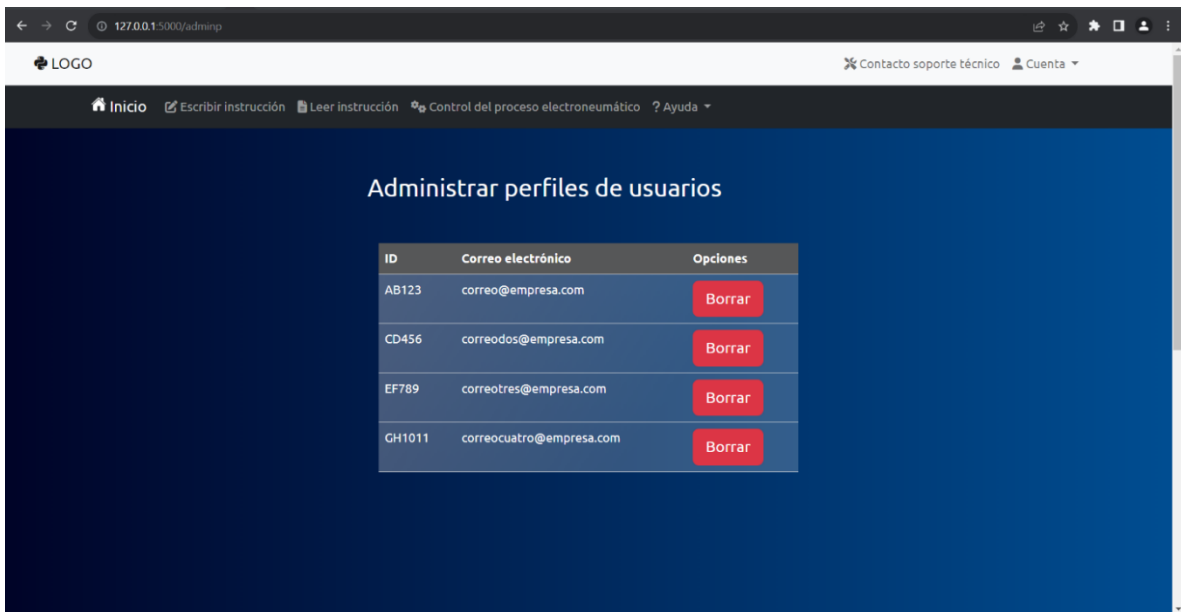


Figura A3: Ventana para administrar perfiles de usuarios tipo operador.

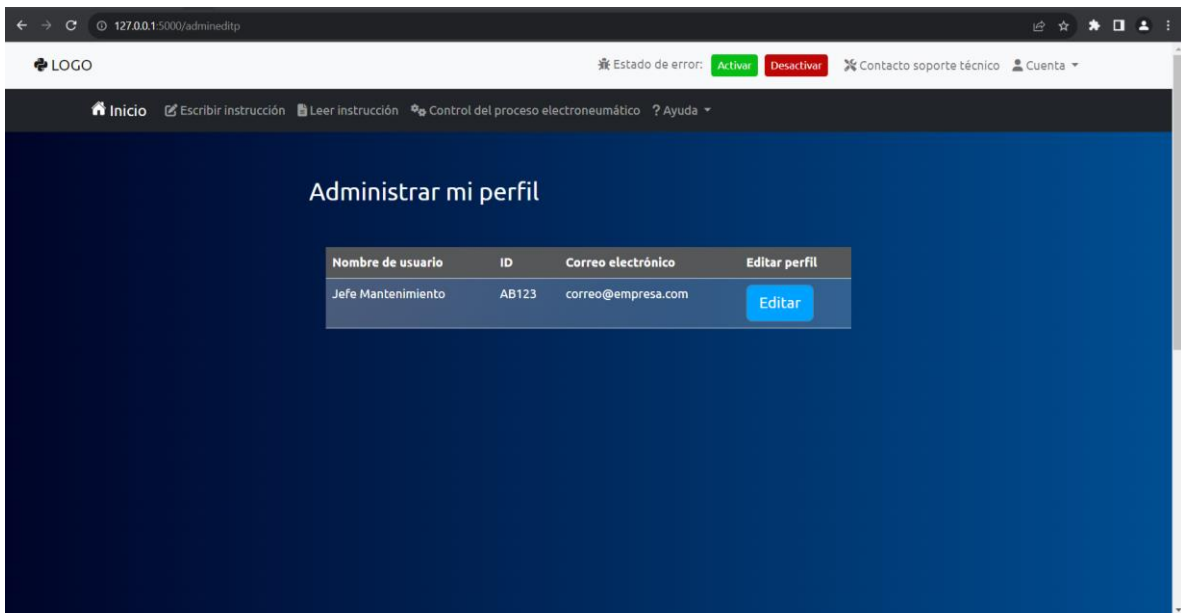


Figura A4: Ventana para administrar el perfil de usuario.

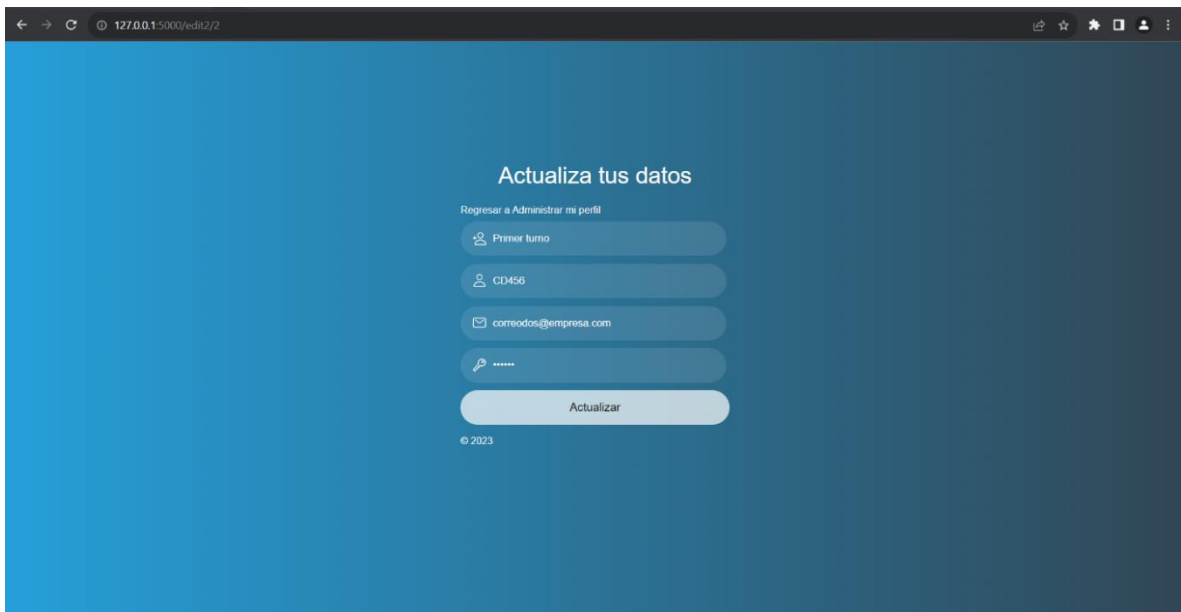


Figura A5: Ventana para actualización de datos.

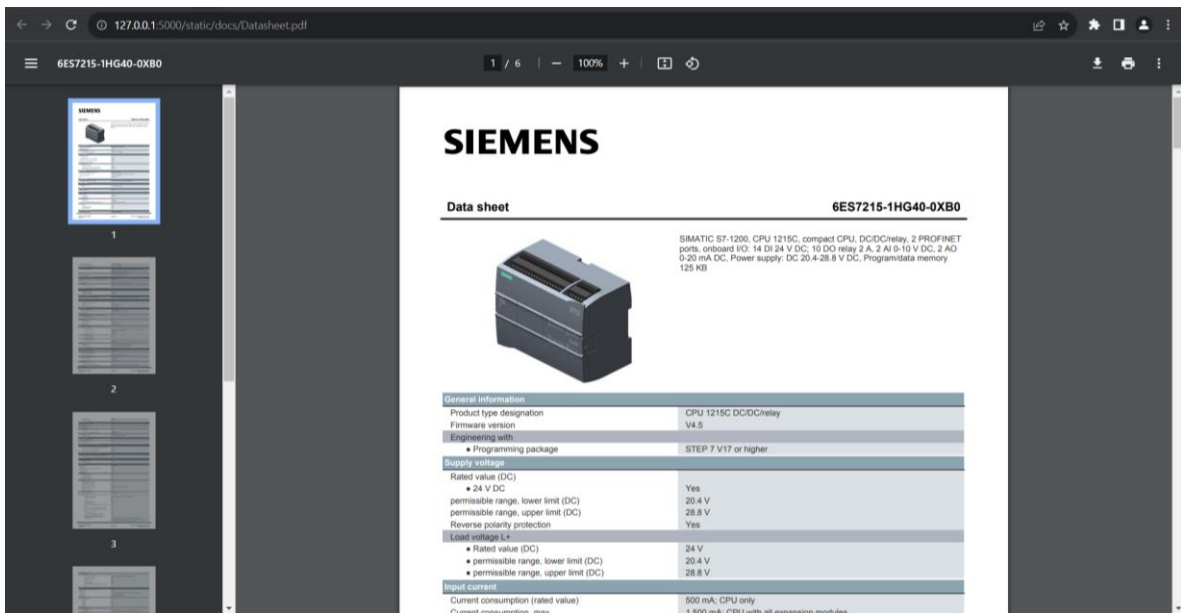


Figura A6: Acceso a la ficha de datos del PLC, desde la interfaz del sistema SCADA.

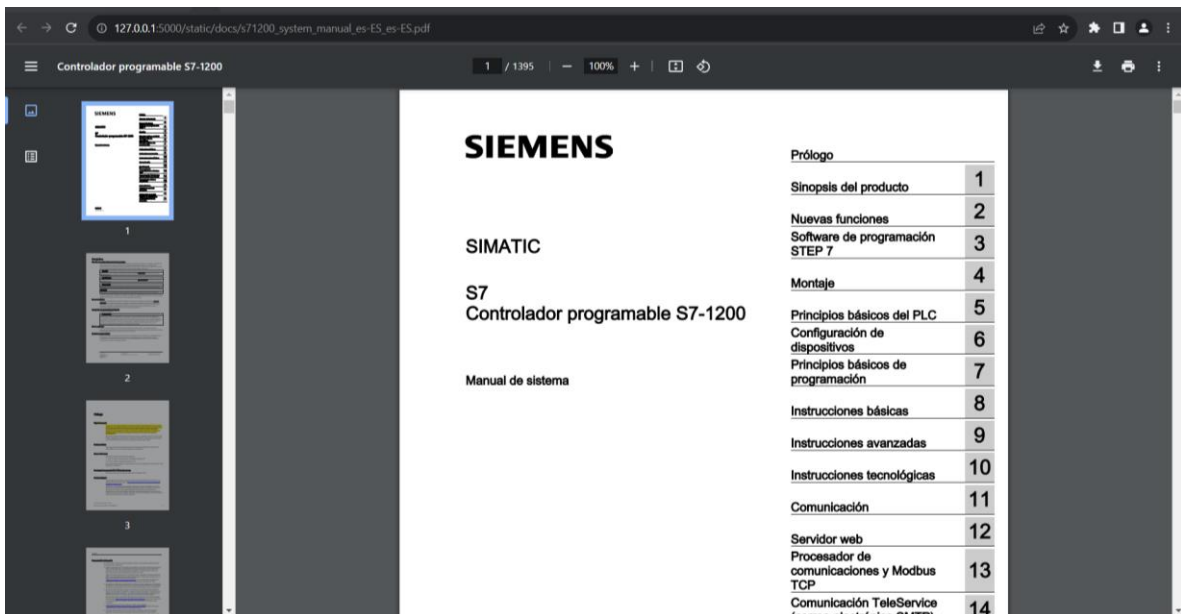


Figura A7: Acceso al manual de sistema del PLC, desde la interfaz del sistema SCADA.

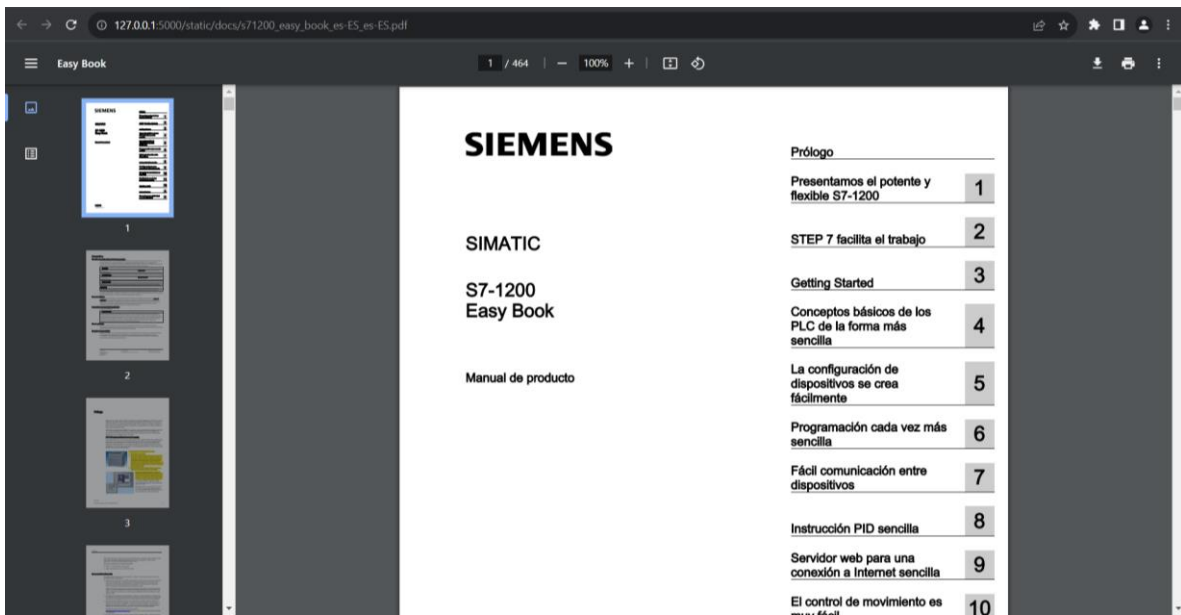


Figura A8: Acceso al manual de producto del PLC, desde la interfaz del sistema SCADA.

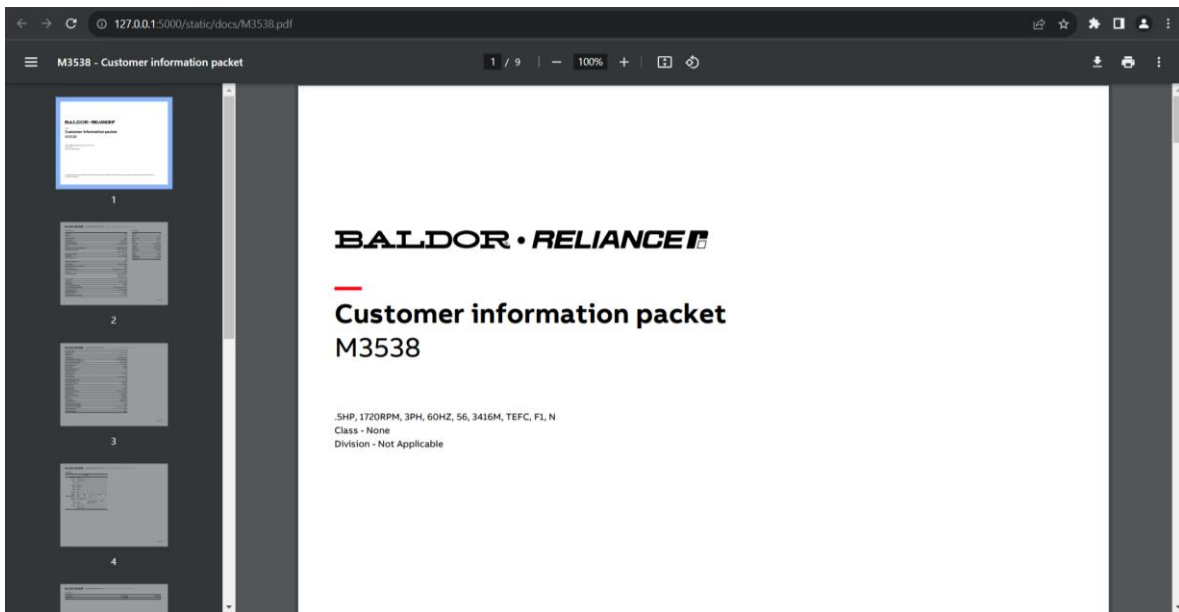


Figura A9: Acceso al manual de usuario del motor trifásico, desde la interfaz del sistema SCADA.

Apéndice B

Como se mencionó en el capítulo 3, el sistema SCADA cuenta con ventanas adicionales que proporcionan información útil sobre el uso del sistema e información proporcionada por los usuarios, además de la información recopilada del proceso industrial. A continuación, debido al extenso contenido, se presenta un ejemplo de la información resumida que puede mostrarse en estas ventanas.

Términos de uso



Figura A10: Contenido de ejemplo de la ventana "Términos de uso".¹

1. Política de privacidad

Consulte nuestra Política de privacidad para obtener información sobre cómo (Nombre de la empresa) recopila, usa y divulga información sobre nuestros usuarios.

2. Términos y condiciones de venta

Si compra productos o servicios de (Nombre de la empresa), se aplicarán nuestros Términos y condiciones de venta. Estos Términos de venta están sujetos a cambios sin previo aviso, en cualquier momento ya nuestro exclusivo criterio, por lo que debe revisar los Términos de venta cada vez que realice una compra.

3. Elegibilidad, Registro y Cuenta

Los Servicios no están dirigidos ni destinados a ser utilizados por personas menores de 18 años. Al utilizar los Servicios, usted declara y garantiza que (a) tiene 18 años de edad o más; (b) no han sido suspendidos o eliminados previamente de los Servicios; (c) no tener más de una cuenta en línea con (Nombre de la empresa); y (d) tiene pleno poder y autoridad para celebrar este acuerdo y que, al hacerlo, no violará ningún otro acuerdo del que sea parte.

Para acceder y usar ciertas áreas o funciones de los Servicios, es posible que deba registrarse para obtener una cuenta en línea. Al registrarse para obtener una cuenta, no puede crear un nombre de cuenta que incorpore una marca comercial sin la autorización del propietario de la marca comercial. Nos reservamos el derecho de reclamar nombres de cuenta, o de tomar otras medidas razonables según sea necesario, en nombre de cualquier empresa o individuo que tenga un reclamo legal, incluidos los derechos de marca registrada, en un nombre.

En consideración de su uso de los Servicios, usted acepta (w) proporcionar información de cuenta precisa, actual y completa; (x) mantener y actualizar rápidamente la información de su cuenta; (y) mantener la seguridad de su contraseña y aceptar todos los riesgos de acceso no autorizado a su cuenta y la información que nos proporciona; y (z) notificarnos de inmediato si descubre o sospecha de alguna violación de seguridad relacionada con los Servicios.

Figura A11: Contenido de ejemplo de la ventana "Términos de uso" (continuación).¹

4. Derechos de autor y licencia limitada

A menos que se indique lo contrario en los Servicios o por parte de (Nombre de la empresa), los Servicios y todo el contenido y otros materiales incluidos, incluidos, entre otros, el logotipo de (Nombre de la empresa) y todos los diseños, textos, gráficos, imágenes, información, datos, software, archivos de sonido, otros archivos y la selección y disposición de los mismos (colectivamente, "Contenido") son propiedad exclusiva de (Nombre de la empresa) o de nuestros otorgantes de licencias o usuarios y están protegidos por las leyes de derechos de autor estadounidenses e internacionales.

Por la presente, se le otorga una licencia limitada, no exclusiva y no sublicenciable para acceder y utilizar los Servicios y el Contenido; sin embargo, dicha licencia está sujeta a estos Términos y no incluye (a) ninguna reventa o uso comercial de los Servicios o el Contenido de los mismos; (b) la recopilación y el uso de listados, imágenes o descripciones de cualquier producto o servicio; (c) la distribución, ejecución pública o exhibición pública de cualquier Contenido; (d) modificar o hacer usos derivados de los Servicios o el Contenido, o cualquier parte del mismo; (e) el uso de cualquier extracción de datos, robots o métodos similares de recopilación o extracción de datos; (f) descargar (que no sea el almacenamiento en caché de la página) de cualquier parte de los Servicios, el Contenido o cualquier información contenida en el mismo, excepto según lo permitido expresamente en los Servicios; y (g) cualquier uso de los Servicios o el Contenido que no sea para los fines previstos. Cualquier uso de los Servicios o el Contenido que no sea el específicamente autorizado en este documento, sin el permiso previo por escrito de (Nombre de la empresa), está estrictamente prohibido y rescindirán la licencia otorgada en este documento. Dicho uso no autorizado también puede violar las leyes aplicables, incluidas, entre otras, las leyes de derechos de autor y marcas registradas y los reglamentos y estatutos de comunicaciones aplicables. A menos que se indique explícitamente en el presente o por parte de (Nombre de la empresa), nada en estos Términos se interpretará como una concesión de licencia de derechos de propiedad intelectual, ya sea por impedimento legal, implicación o de otro modo. Esta licencia es revocable en cualquier momento, sin el permiso previo por escrito de (Nombre de la empresa), está estrictamente prohibido y rescindirán la licencia otorgada en este documento. Dicho uso no autorizado también puede violar las leyes aplicables, incluidas, entre otras, las leyes de derechos de autor y marcas registradas y los reglamentos y estatutos de comunicaciones aplicables. A menos que se indique explícitamente en el presente o por parte de (Nombre de la empresa), nada en estos Términos se interpretará como una concesión de licencia de derechos de propiedad intelectual, ya sea por impedimento legal, implicación o de otro modo. Esta licencia es revocable en cualquier momento, sin el permiso previo por escrito de (Nombre de la empresa), está estrictamente prohibido y rescindirán la licencia otorgada en este documento. Dicho uso no autorizado también puede violar las leyes aplicables, incluidas, entre otras, las leyes de derechos de autor y marcas registradas y los reglamentos y estatutos de comunicaciones aplicables. A menos que se indique explícitamente en el presente o por parte de (Nombre de la empresa), nada en estos Términos se interpretará como una concesión de licencia de derechos de propiedad intelectual, ya sea por impedimento legal, implicación o de otro modo. Esta licencia es revocable en cualquier momento. A menos que se indique explícitamente en el presente o por parte de (Nombre de la empresa), nada en estos Términos se interpretará como una concesión de licencia de derechos de propiedad intelectual, ya sea por impedimento legal, implicación o de otro modo. Esta licencia es revocable en cualquier momento.

Sin perjuicio de cualquier disposición en contrario en estos Términos, los Servicios y el Contenido pueden contener componentes de software que están sujetos a términos de licencia separados, en cuyo caso esos términos de licencia se aplicarán al acceso y uso de dichos componentes de software.

5. Política de infractores reincidentes; Quejas de derechos de autor

De acuerdo con la Ley de derechos de autor del milenio digital ("DMCA") y otras leyes aplicables, (Nombre de la empresa) ha adoptado una política de rescisión, en las circunstancias apropiadas y a la entera discreción de (Nombre de la empresa), de los titulares de cuentas u otros usuarios de los Servicios que se consideren infractores reincidentes. (Nombre de la empresa) también puede, a su exclusivo criterio, limitar el acceso a los Servicios y/o cancelar las cuentas de cualquier usuario que infrinja los derechos de propiedad intelectual de otros, ya sea que haya o no una infracción reincidente.

Figura A12: Contenido de ejemplo de la ventana "Términos de uso" (continuación).¹

6. Marcas registradas

"(Nombre de la empresa)" y el logotipo de (Nombre de la empresa) y cualquier otro nombre, logotipo o eslogan de productos o servicios de (Nombre de la empresa) que puedan aparecer en los Servicios son marcas comerciales de (Nombre de la empresa) en los Estados Unidos Mexicanos y en otros países, y no se puede copiar, imitar ni utilizar, en su totalidad o en parte, sin el permiso previo por escrito de (Nombre de la empresa). Las marcas de terceros que aparecen en los Servicios son propiedad de sus respectivas empresas y no se pueden utilizar sin el permiso del titular de la marca correspondiente. No puede usar ninguna metaetiqueta u otro "texto oculto" que utilice "(Nombre de la empresa)" o cualquier otro nombre, marca comercial o nombre de producto o servicio de (Nombre de la empresa) sin nuestro permiso previo por escrito. Además, la apariencia de los Servicios, incluidos todos los encabezados de página, gráficos personalizados, iconos de botones y guiones, es la marca de servicio, marca registrada y/o imagen comercial de (Nombre de la empresa) y no se puede copiar, imitar o usar, en su totalidad o en parte, sin nuestro permiso previo por escrito. Todas las demás marcas comerciales, marcas comerciales registradas, nombres de productos y nombres de empresas o logotipos mencionados en los Servicios son propiedad de sus respectivos dueños. La referencia a cualquier producto, servicio, proceso u otra información, por nombre, marca comercial, fabricante, proveedor o de otro modo, no constituye ni implica respaldo, patrocinio o recomendación por parte de (Nombre de la empresa). Los nombres de productos y nombres o logotipos de empresas mencionados en los Servicios son propiedad de sus respectivos dueños. La referencia a cualquier producto, servicio, proceso u otra información, por nombre, marca comercial, fabricante, proveedor o de otro modo, no constituye ni implica respaldo, patrocinio o recomendación por parte de (Nombre de la empresa). Los nombres de productos y nombres o logotipos de empresas mencionados en los Servicios son propiedad de sus respectivos dueños. La referencia a cualquier producto, servicio, proceso u otra información, por nombre, marca comercial, fabricante, proveedor o de otro modo, no constituye ni implica respaldo, patrocinio o recomendación por parte de (Nombre de la empresa).

Figura A13: Contenido de ejemplo de la ventana "Términos de uso" (continuación).¹

7. Hipervínculos

Se le otorga un derecho limitado y no exclusivo para crear un hipervínculo de texto a los Servicios con fines no comerciales, siempre que dicho enlace no represente a (Nombre de la empresa) ni a ninguno de nuestros productos o servicios de manera falsa, engañosa, despectiva o difamatoria y siempre que el sitio de enlace no contiene ningún material para adultos o ilegal o cualquier material que sea ofensivo, acosador o de otra manera objetable. Este derecho limitado puede ser revocado en cualquier momento. No puede utilizar un logotipo de (Nombre de la empresa) u otro gráfico de propiedad de (Nombre de la empresa) para vincular a los Servicios sin el permiso expreso por escrito de (Nombre de la empresa). Además, no puede usar, enmarcar ni utilizar técnicas de encuadre para incluir ninguna marca comercial, logotipo u otra información de propiedad de (Nombre de la empresa), incluidas las imágenes que se encuentran en los Servicios, el contenido de cualquier texto o el diseño de cualquier página o formulario contenido en una página de los Servicios sin el consentimiento expreso por escrito de (Nombre de la empresa). A excepción de lo indicado anteriormente, no se le transfiere ningún derecho o licencia por implicación, impedimento legal o de otro modo en o bajo ninguna patente, marca comercial, derecho de autor o derecho de propiedad de (Nombre de la empresa) o de un tercero.

(Nombre de la empresa) no hace ninguna afirmación ni representación con respecto a la calidad, el contenido, la naturaleza o la confiabilidad de los sitios web de terceros a los que se puede acceder mediante un hipervínculo desde los Servicios, ni acepta responsabilidad por estos. Dichos sitios no están bajo el control de (Nombre de la empresa), y (Nombre de la empresa) no es responsable del contenido de ningún sitio vinculado, ningún vínculo contenido en un sitio vinculado, ni ninguna revisión, cambio o actualización de dichos sitios. (Nombre de la empresa) le proporciona estos enlaces solo para su comodidad, y la inclusión de cualquier enlace no implica afiliación, respaldo o adopción por parte de (Nombre de la empresa) de ningún sitio o cualquier información contenida en el mismo. Cuando abandona los Servicios, debe tener en cuenta que nuestros términos y políticas ya no rigen. Debe revisar los términos y políticas aplicables, incluidas las prácticas de privacidad y recopilación de datos.

8. Contenido de terceros

(Nombre de la empresa) puede proporcionar contenido de terceros en los Servicios y puede proporcionar enlaces a páginas web y contenido de terceros (colectivamente, "Contenido de terceros") como un servicio para aquellos interesados en esta información. (Nombre de la empresa) no controla, avala ni adopta ningún Contenido de terceros y no hace representación ni ofrece garantías de ningún tipo con respecto al Contenido de terceros, lo que incluye, entre otros, su precisión o integridad. Usted reconoce y acepta que (Nombre de la empresa) no es responsable de ningún modo por ningún Contenido de terceros y no asume ninguna responsabilidad de actualizar o revisar ningún Contenido de terceros. Los usuarios utilizan dicho Contenido de terceros incluido en el mismo bajo su propio riesgo.

9. Anuncios y Promociones; Productos, servicios y promociones de terceros

(Nombre de la empresa) puede mostrar anuncios y promociones de terceros en los Servicios o puede proporcionar información o enlaces a productos o servicios de terceros en los Servicios. Sus tratos comerciales o correspondencia con, o participación en promociones de dichos terceros, y cualquier término, condición, garantía o representación asociada con dichos tratos o promociones, son únicamente entre usted y dicho tercero. (Nombre de la empresa) no es responsable de ninguna pérdida o daño de ningún tipo incurrido como resultado de dichos tratos o promociones o como resultado de la presencia de información de terceros en los Servicios.

Figura A14: Contenido de ejemplo de la ventana "Términos de uso" (continuación).¹

¹ Texto utilizado para el contenido de ejemplo mostrado en las figuras tomado de: <https://www.fluke.com/en-us/fluke/fluke-terms-of-use>

Políticas de privacidad



Figura A15: Contenido de ejemplo de la ventana "Políticas de privacidad".²

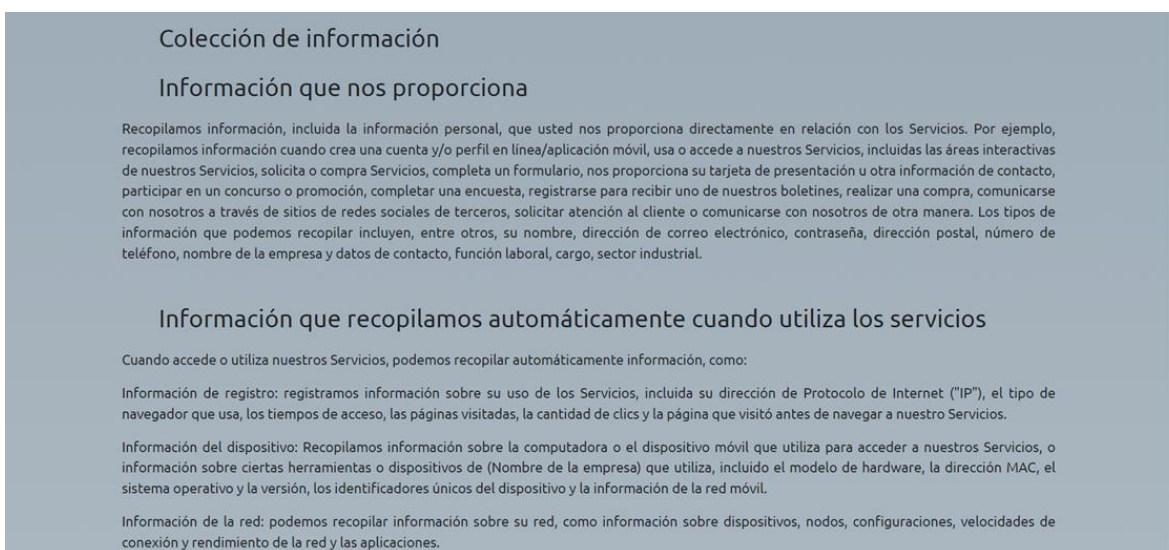


Figura A16: Contenido de ejemplo de la ventana "Políticas de privacidad" (continuación).²

Información de ubicación: podemos recopilar información sobre la ubicación de su dispositivo móvil o dispositivo o herramienta de (Nombre de la empresa) cada vez que accede o utiliza una de nuestras aplicaciones, dispositivos o herramientas móviles si nos ha dado su permiso previo. Para obtener más detalles, consulte "Sus opciones" a continuación.

Información de uso: podemos recopilar información sobre su uso de nuestros Servicios, como la frecuencia con la que se utilizan los Servicios, la duración y la calidad del uso, los tipos de uso (por ejemplo, creación, almacenamiento, acceso, eliminación de datos), datos de calibración, proyecto datos de configuración y datos del operador.

Información recopilada por cookies y otras tecnologías de seguimiento: las cookies y otras tecnologías de seguimiento (como balizas web) se utilizan para mejorar su experiencia al permitirnos adaptar nuestro contenido en función de sus intereses y distinguirlo de otros usuarios de nuestros Servicios. Una cookie es un pequeño archivo de letras y números que almacenamos en su navegador o en el disco duro de su dispositivo. Una cookie puede contener información, como una identificación de usuario o preferencias, que usamos para personalizar el contenido, rastrear las páginas que ha visitado o guardar su contraseña para que no tenga que volver a ingresarla cada vez que visite nuestros Servicios. Utilizamos los siguientes tipos de cookies:

Cookies estrictamente necesarias. Estas son cookies u otros mecanismos de seguimiento necesarios para que nuestros Servicios funcionen según lo previsto. Incluyen, por ejemplo, cookies que le permiten utilizar un carrito de compras.

Cookies analíticas/de rendimiento. Nos permiten reconocer y contar el número de visitantes y ver cómo se mueven los visitantes por nuestros Servicios. Esto nos ayuda a mejorar la forma en que funcionan nuestros Servicios, por ejemplo, al garantizar que los usuarios encuentren lo que buscan fácilmente.

Cookies de Funcionalidad. Estas cookies nos permiten personalizar nuestro contenido para usted, saludarlo por su nombre y recordar sus preferencias (por ejemplo, su elección de idioma o región). También se pueden usar para reconocerlo cuando regrese a nuestros Servicios.

Cookies de terceros: podemos permitir que terceros coloquen cookies en su dispositivo con fines publicitarios y analíticos. Para obtener más información sobre estas cookies, consulte "Servicios de publicidad y análisis proporcionados por otros" a continuación.

Figura A17: Contenido de ejemplo de la ventana "Políticas de privacidad" (continuación).²

Si lo exige la ley, le pediremos su consentimiento para el uso de cookies cuando visite nuestros Servicios por primera vez. Podemos suponer que usted dio su consentimiento al marcar una casilla y hacer clic en "Acepto" (o un botón similar) o continuar navegando en nuestros Servicios a pesar de un aviso claro y visible en nuestros Servicios de que usamos cookies. Si está de acuerdo, colocaremos una cookie en su dispositivo. Si cambia de opinión, simplemente elimine las cookies en su dispositivo y se le preguntará nuevamente si está de acuerdo o en desacuerdo con nuestro uso de cookies la próxima vez que visite nuestros Servicios. También puede ajustar la configuración de su navegador para recibir un mensaje cada vez que se instala una cookie en su equipo o para impedir su instalación por completo. Aunque el rechazo de las cookies no interferirá con su capacidad para interactuar con la mayoría de nuestros Servicios, deberá aceptar las cookies si elige ingresar a áreas de nuestros Servicios que requieren registro o inicio de sesión. Ciertas otras funciones y/o servicios podrían no estar disponibles para usted si rechaza las cookies por completo (como recordar su elección de idioma).

Información que recopilamos de otras fuentes

También podemos obtener información, incluida información personal, de otras fuentes (por ejemplo, personas con las que trabaja) y combinarla con la información que recopilamos sobre usted.

Uso de la información

Cuando lo permita la ley aplicable, podemos utilizar la información, incluida la información personal, para diversos fines, entre ellos:

Proporcionar, mantener y mejorar nuestros Servicios;

Proporcionar y entregar los productos y servicios que solicita, procesar transacciones y datos de tarjetas de pago y enviarle información relacionada, incluidas confirmaciones y facturas;

Resolver problemas técnicos relacionados con los Servicios y enviarle avisos técnicos, actualizaciones, alertas de seguridad y mensajes administrativos y de soporte;

Responder a sus comentarios, preguntas y solicitudes, y brindar servicio al cliente;

Comunicarnos con usted sobre productos, servicios, ofertas, pruebas gratuitas, encuestas, concursos, promociones, recompensas y eventos ofrecidos por nosotros y otros, y proporcionar noticias e información que creemos que serán de su interés, incluso a través de comunicaciones electrónicas con su consentimiento o cuando lo permita la ley aplicable; (consulte "Sus opciones" a continuación)

Supervisar y analizar tendencias, uso y actividades en relación con nuestros Servicios y herramientas relacionadas y las de terceros, con su consentimiento o donde lo permita la ley aplicable;

Personalizar y mejorar los Servicios, y proporcionar anuncios, contenido o características que coincidan con los perfiles o intereses de los usuarios, con su consentimiento o donde lo permita la ley aplicable;

Procesar y entregar participaciones y recompensas en concursos;

Vincular o combinar con la información que obtenemos de otros para ayudar a comprender sus necesidades y brindarle un mejor servicio, con su consentimiento o cuando lo permita la ley aplicable; y

Llevar a cabo cualquier otra finalidad que sea compatible con la finalidad para la que se recopiló la información.

El archivo que contiene su información personal se almacenará en nuestras oficinas o en nuestros servidores y los de nuestros proveedores de servicios, que pueden estar ubicados en Estados Unidos Mexicanos. o en otros países que pueden no tener un nivel de ley de protección de datos equivalente al de su país, y su información personal puede estar sujeta a las leyes de dichas jurisdicciones extranjeras, incluidas aquellas que pueden otorgar acceso a su información personal a las autoridades de dichas jurisdicciones extranjeras. Al acceder o utilizar los Servicios o proporcionarnos información personal de otro modo, usted acepta el procesamiento y la transferencia de dicha información personal en y hacia los Estados Unidos Mexicanos. y otros países de la manera y para los fines descritos en esta Política de privacidad.

Figura A18: Contenido de ejemplo de la ventana "Políticas de privacidad" (continuación).²

Compartir información

Podemos compartir información, incluida la información personal, de la siguiente manera o como se describe en esta Política de privacidad:

Con nuestra empresa matriz o cualquier matriz sucesora, y nuestras afiliadas y subsidiarias para los fines descritos en esta Política de privacidad;

Con distribuidores, revendedores, socios de canal y otros en relación con la venta y mercadeo de productos y servicios ofrecidos por (Nombre de la empresa) o en nombre de (Nombre de la empresa) con su permiso previo o donde lo permita la ley aplicable (consulte "Sus derechos de privacidad" a continuación para obtener más información). Información sobre sus opciones con respecto a este tipo de intercambio);

Con otros usuarios bajo su dirección o a través de la funcionalidad disponible en los Servicios, incluso cuando participa en las áreas interactivas de los Servicios;

Con proveedores, consultores y otros proveedores de servicios que necesitan acceder a dicha información para realizar trabajos en nuestro nombre;

Con terceros que necesiten acceder a dicha información para realizar un servicio que usted solicitó;

En respuesta a una solicitud de información, si creemos que la divulgación está de acuerdo con cualquier ley, regulación o proceso legal aplicable, o según lo exija cualquier ley, regla o regulación aplicable;

Si creemos que sus acciones son inconsistentes con el espíritu o lenguaje de nuestros acuerdos o políticas de usuario, o para proteger nuestros derechos, propiedad y seguridad y los derechos, propiedad y seguridad de otros;

Cuando sea necesario en relación con, o durante las negociaciones de (incluida la diligencia debida), cualquier fusión, venta de activos de la empresa, financiación o adquisición de la totalidad o una parte de nuestro negocio a otra empresa, sujeto a que tomemos las medidas (Nombre de la empresa) que sean necesarias por la ley aplicable; y

Con su consentimiento o bajo su dirección, como cuando decide compartir información a través de una API externa.

También podemos compartir información agregada o anonimizada, que no puede usarse razonablemente para identificarlo.

Figura A19: Contenido de ejemplo de la ventana "Políticas de privacidad" (continuación).²

Funciones para compartir en redes sociales

Los Servicios pueden ofrecer funciones para compartir en redes sociales y otras herramientas integradas (como el botón "Me gusta" de Facebook), que le permiten compartir las acciones que realiza en nuestros Servicios con otros medios, y viceversa. El uso de dichas funciones permite compartir información con sus amigos o el público, según la configuración que establezca con la entidad que proporciona la función de intercambio social. Para obtener más información sobre el propósito y el alcance de la recopilación y el procesamiento de datos en relación con las funciones para compartir en redes sociales, visite las políticas de privacidad de las entidades que brindan estas funciones. No aceptamos ninguna responsabilidad por las prácticas de privacidad de estas entidades.

Servicios de publicidad y análisis proporcionados por terceros

Podemos permitir que otros publiquen anuncios en nuestro nombre a través de Internet y que brinden servicios de análisis. De acuerdo con su permiso, estas entidades pueden usar cookies, balizas web y otras tecnologías para recopilar información sobre su uso de los Servicios y otros sitios web, incluida su dirección IP, navegador web, páginas visitadas, tiempo dedicado a las páginas, enlaces en los que se hizo clic e información de conversión. Esta información puede ser utilizada por nosotros y otros para, entre otras cosas, analizar y rastrear datos, determinar la popularidad de cierto contenido, ofrecer publicidad y contenido dirigido a sus intereses en nuestros Servicios y otros sitios web y comprender mejor su actividad en línea.

Seguridad

Tomamos medidas razonables para ayudar a proteger la información personal de pérdida accidental, robo, uso indebido, alteración y acceso o divulgación no autorizados, y destrucción ilegal o accidental.

Sus opciones:

Sus derechos de privacidad

Como se describió anteriormente, podemos compartir información personal con terceros con fines de marketing en relación con nuestros productos y servicios con su permiso previo o cuando lo permita la ley aplicable. Para optar por no compartir su información de esta manera, contáctenos en [privacypolicy@\(Nombre de la empresa\).com](mailto:privacypolicy@(Nombre de la empresa).com).

Información de la cuenta

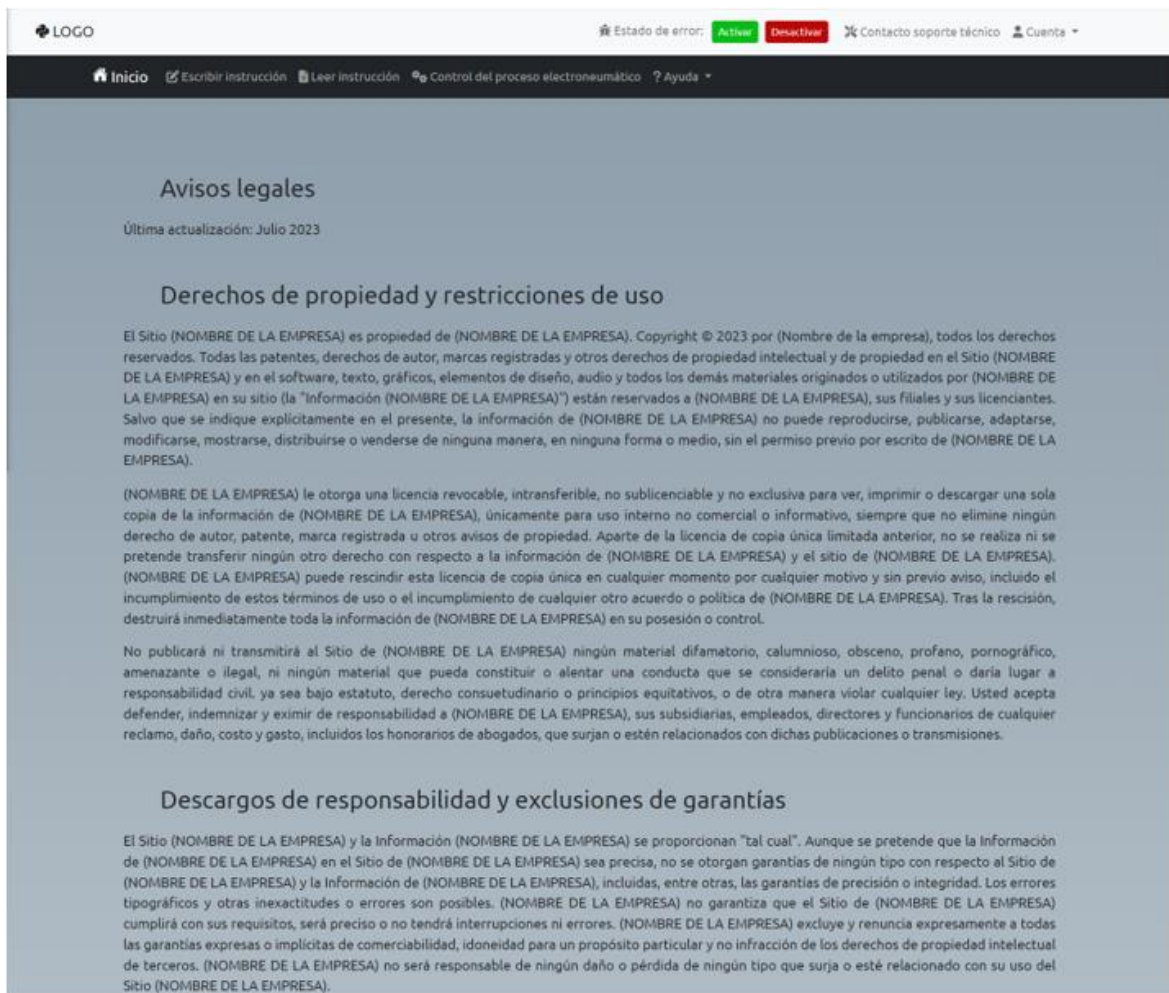
Puede acceder, actualizar, corregir o eliminar la información personal en cualquier momento de conformidad con la ley aplicable. Esto se puede hacer iniciando sesión en su cuenta en línea o enviándonos un correo electrónico a [privacypolicy@\(Nombre de la empresa\).com](mailto:privacypolicy@(Nombre de la empresa).com). Tenga en cuenta que podemos cobrar una pequeña tarifa por cumplir con dichas solicitudes cuando lo permita la ley aplicable.

Si desea desactivar o eliminar su cuenta, envíenos un correo electrónico a [privacypolicy@\(Nombre de la empresa\).com](mailto:privacypolicy@(Nombre de la empresa).com), pero tenga en cuenta que podemos retener cierta información según lo exija la ley o para fines comerciales legítimos. También podemos conservar copias en caché o archivadas de información personal durante un periodo de tiempo razonable.

Figura A20: Contenido de ejemplo de la ventana "Políticas de privacidad" (continuación).²

² Texto utilizado para el contenido de ejemplo mostrado en las figuras tomado de: <https://www.fluke.com/en-us/fluke/privacy-policy>

Avisos legales



LOGO Estado de error: **Activar** **Desactivar** Contacto soporte técnico Cuentas

Inicio Escribir instrucción Leer instrucción Control del proceso electroneumático Ayuda

Avisos legales

Última actualización: Julio 2023

Derechos de propiedad y restricciones de uso

El Sitio (NOMBRE DE LA EMPRESA) es propiedad de (NOMBRE DE LA EMPRESA). Copyright © 2023 por (Nombre de la empresa), todos los derechos reservados. Todas las patentes, derechos de autor, marcas registradas y otros derechos de propiedad intelectual y de propiedad en el Sitio (NOMBRE DE LA EMPRESA) y en el software, texto, gráficos, elementos de diseño, audio y todos los demás materiales originados o utilizados por (NOMBRE DE LA EMPRESA) en su sitio (la "Información (NOMBRE DE LA EMPRESA)") están reservados a (NOMBRE DE LA EMPRESA), sus filiales y sus licenciantes. Salvo que se indique explícitamente en el presente, la información de (NOMBRE DE LA EMPRESA) no puede reproducirse, publicarse, adaptarse, modificarse, mostrarse, distribuirse o venderse de ninguna manera, en ninguna forma o medio, sin el permiso previo por escrito de (NOMBRE DE LA EMPRESA).

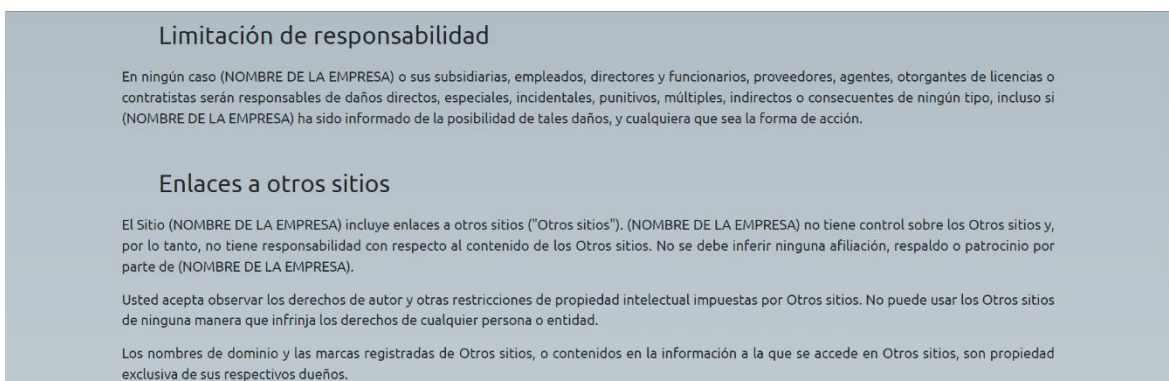
(NOMBRE DE LA EMPRESA) le otorga una licencia revocable, intransferible, no sublicenciable y no exclusiva para ver, imprimir o descargar una sola copia de la información de (NOMBRE DE LA EMPRESA), únicamente para uso interno no comercial o informativo, siempre que no elimine ningún derecho de autor, patente, marca registrada u otros avisos de propiedad. Aparte de la licencia de copia única limitada anterior, no se realiza ni se pretende transferir ningún otro derecho con respecto a la información de (NOMBRE DE LA EMPRESA) y el sitio de (NOMBRE DE LA EMPRESA). (NOMBRE DE LA EMPRESA) puede rescindir esta licencia de copia única en cualquier momento por cualquier motivo y sin previo aviso, incluido el incumplimiento de estos términos de uso o el incumplimiento de cualquier otro acuerdo o política de (NOMBRE DE LA EMPRESA). Tras la rescisión, destruirá inmediatamente toda la información de (NOMBRE DE LA EMPRESA) en su posesión o control.

No publicará ni transmitirá al Sitio de (NOMBRE DE LA EMPRESA) ningún material difamatorio, calumnioso, obsceno, profano, pornográfico, amenazante o ilegal, ni ningún material que pueda constituir o alentar una conducta que se consideraría un delito penal o daría lugar a responsabilidad civil, ya sea bajo estatuto, derecho consuetudinario o principios equitativos, o de otra manera violar cualquier ley. Usted acepta defender, indemnizar y eximir de responsabilidad a (NOMBRE DE LA EMPRESA), sus subsidiarias, empleados, directores y funcionarios de cualquier reclamo, daño, costo y gasto, incluidos los honorarios de abogados, que surjan o estén relacionados con dichas publicaciones o transmisiones.

Descargos de responsabilidad y exclusiones de garantías

El Sitio (NOMBRE DE LA EMPRESA) y la Información (NOMBRE DE LA EMPRESA) se proporcionan "tal cual". Aunque se pretende que la Información de (NOMBRE DE LA EMPRESA) en el Sitio de (NOMBRE DE LA EMPRESA) sea precisa, no se otorgan garantías de ningún tipo con respecto al Sitio de (NOMBRE DE LA EMPRESA) y la Información de (NOMBRE DE LA EMPRESA), incluidas, entre otras, las garantías de precisión o integridad. Los errores tipográficos y otras inexactitudes o errores son posibles. (NOMBRE DE LA EMPRESA) no garantiza que el Sitio de (NOMBRE DE LA EMPRESA) cumplirá con sus requisitos, será preciso o no tendrá interrupciones ni errores. (NOMBRE DE LA EMPRESA) excluye y renuncia expresamente a todas las garantías expresas o implícitas de comerciabilidad, idoneidad para un propósito particular y no infracción de los derechos de propiedad intelectual de terceros. (NOMBRE DE LA EMPRESA) no será responsable de ningún daño o pérdida de ningún tipo que surja o esté relacionado con su uso del Sitio (NOMBRE DE LA EMPRESA).

Figura A21: Contenido de ejemplo de la ventana "Avisos legales".³



Limitación de responsabilidad

En ningún caso (NOMBRE DE LA EMPRESA) o sus subsidiarias, empleados, directores y funcionarios, proveedores, agentes, otorgantes de licencias o contratistas serán responsables de daños directos, especiales, incidentales, punitivos, múltiples, indirectos o consecuentes de ningún tipo, incluso si (NOMBRE DE LA EMPRESA) ha sido informado de la posibilidad de tales daños, y cualquiera que sea la forma de acción.

Enlaces a otros sitios

El Sitio (NOMBRE DE LA EMPRESA) incluye enlaces a otros sitios ("Otros sitios"). (NOMBRE DE LA EMPRESA) no tiene control sobre los Otros sitios y, por lo tanto, no tiene responsabilidad con respecto al contenido de los Otros sitios. No se debe inferir ninguna afiliación, respaldo o patrocinio por parte de (NOMBRE DE LA EMPRESA).

Usted acepta observar los derechos de autor y otras restricciones de propiedad intelectual impuestas por Otros sitios. No puede usar los Otros sitios de ninguna manera que infrinja los derechos de cualquier persona o entidad.

Los nombres de dominio y las marcas registradas de Otros sitios, o contenidos en la información a la que se accede en Otros sitios, son propiedad exclusiva de sus respectivos dueños.

Figura A22: Contenido de ejemplo de la ventana "Avisos legales" (Continuación).³

Cuentas de usuario y contraseñas

(NOMBRE DE LA EMPRESA) le otorga un derecho personal y revocable para establecer una cuenta de usuario ("Cuenta de usuario") con su información de contacto, preferencias y otra información relevante para interactuar con (NOMBRE DE LA EMPRESA) y usar el Sitio de (NOMBRE DE LA EMPRESA). (NOMBRE DE LA EMPRESA) puede rescindir o suspender su Cuenta de usuario o cambiar la funcionalidad de su Cuenta de usuario en cualquier momento, por cualquier motivo, incluido el hecho de que usted no use regularmente el Sitio de (NOMBRE DE LA EMPRESA), o no actualice o complete la información de su Cuenta de usuario, o cualquier uso indebido de su contraseña o la Cuenta de Usuario. Su nombre de usuario y contraseña se asignan para su uso exclusivo. (NOMBRE DE LA EMPRESA) puede solicitarle que modifique la contraseña de vez en cuando y le informará en consecuencia. Usted es el único responsable de proteger y asegurar su nombre de usuario y contraseña contra el uso no autorizado. Usted acepta informar a (NOMBRE DE LA EMPRESA) inmediatamente de cualquier uso no autorizado de su nombre de usuario o contraseña. Usted acepta mantener copias de seguridad de cualquier información almacenada en su cuenta de usuario.

Figura A23: Contenido de ejemplo de la ventana "Avisos legales" (Continuación).³

Uso Indebido, Mercado Gris y Falsificación de Productos

La lucha contra la reventa o el desvío no autorizados y el uso indebido no intencionado de productos y tecnologías es un desafío al que se enfrenta toda la industria de los semiconductores y que (NOMBRE DE LA EMPRESA) se toma muy en serio.

Para responder a estos desafíos, (NOMBRE DE LA EMPRESA) revisa de manera rutinaria sus controles internos, prácticas y canales de distribución, así como también nuestros procesos para monitorear la venta no autorizada y el uso indebido de productos. (NOMBRE DE LA EMPRESA) toma medidas proactivas para identificar y contrarrestar esta actividad, que incluyen la implementación de procesos mejorados de monitoreo y auditoría y la adopción de medidas de cumplimiento cuando corresponda para reducir la reventa no autorizada, el desvío y el uso indebido no intencionado de nuestros productos. También estamos mejorando nuestro seguimiento de la actividad del mercado gris en general.

Los productos no adquiridos de fuentes autorizadas por (NOMBRE DE LA EMPRESA), incluidas las compras a través de intermediarios, revendedores o mercados en línea de terceros, pueden ser falsificados o poco confiables. Los productos falsificados no se fabrican, empaquetan, etiquetan, almacenan, envían ni manipulan de acuerdo con los estándares de (NOMBRE DE LA EMPRESA). (NOMBRE DE LA EMPRESA) no garantiza ni brinda soporte para ninguna pieza comprada a través de canales no autorizados.

(NOMBRE DE LA EMPRESA) no apoya ni aprueba el uso de sus productos en aplicaciones finales para las que no fueron diseñados o previstos, y tampoco desvía ilegalmente sus productos a países sancionados. (NOMBRE DE LA EMPRESA) se compromete a cumplir con todas las leyes y regulaciones aplicables en los países donde operamos. Continuaremos buscando formas de identificar y prevenir los intentos de terceros de participar en estas actividades. Los pasos incluyen la adopción de medidas internas y externas (Nombre de la empresa), como la cooperación con agencias gubernamentales y otras partes externas.

Figura A24: Contenido de ejemplo de la ventana "Avisos legales" (Continuación).³

Como se mostró en el capítulo 3, figura 3.14 el "pie de página" posibilita funciones adicionales como los enlaces a recursos externos.

Los enlaces a recursos externos proporcionan herramientas o información adicional que pueden resultar útiles, dependiendo de los requerimientos del sistema SCADA, la interfaz o de los requerimientos del usuario.

Para ejemplificar estas funciones adicionales implementadas en la interfaz del sistema SCADA, fueron colocados enlaces a redes sociales en la sección "SÍGUENOS EN", representados con el icono correspondiente a cada red social, como se muestra en la figura A9.

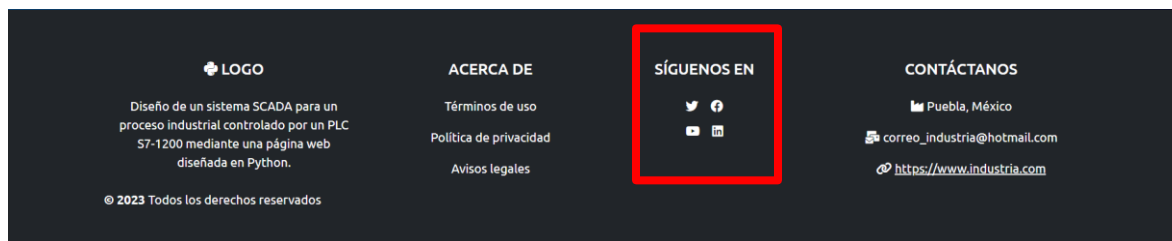


Figura A25: Ejemplo de implementación de la función "enlaces a recursos externos".

³ Texto utilizado para el contenido de ejemplo mostrado en las figuras tomado de: <https://www.analog.com/en/about-adi/legal-and-risk-oversight.html>

Apéndice C

De acuerdo con lo mencionado en el capítulo 3, a continuación, en las figuras A26 a A, se presenta el diseño del sistema SCADA de algunas funciones y ventanas accediendo desde un dispositivo móvil con sistema operativo Android que no fueron mostradas en la sección de resultados del capítulo 4.

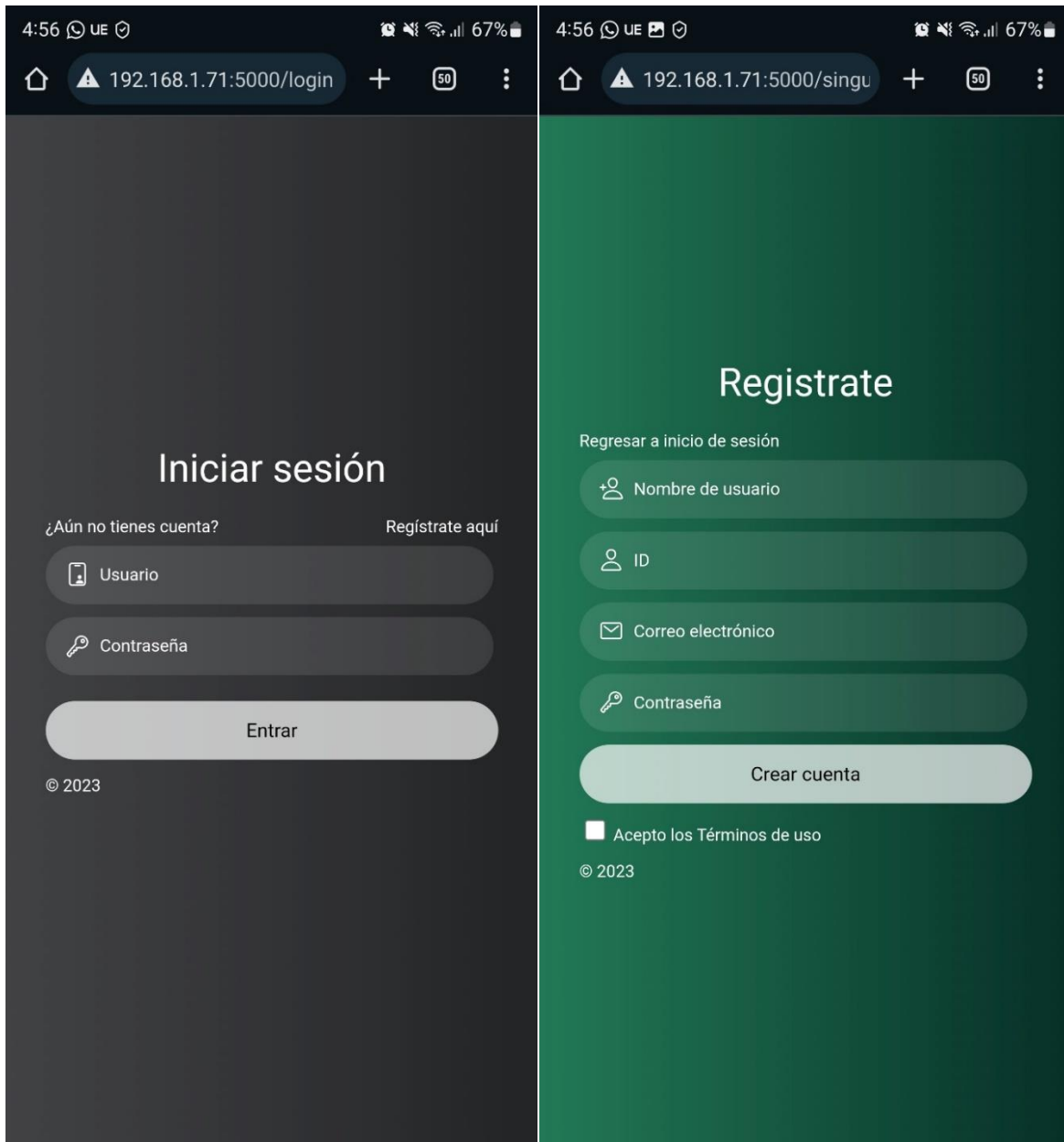


Figura A26: Ventana de inicio de sesión (izquierda). Ventana de registro de usuarios (derecha).

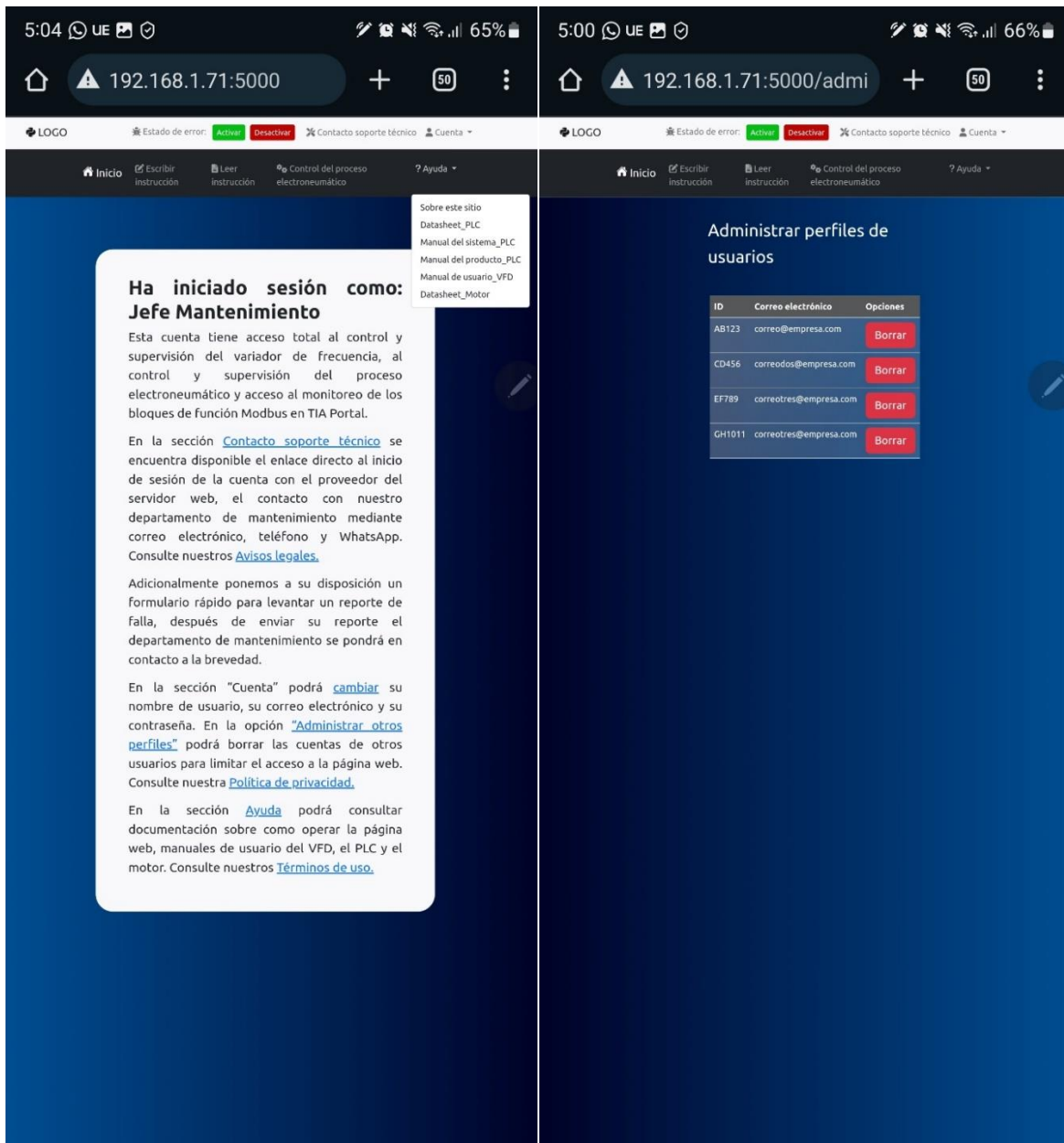


Figura A27: Ventana de bienvenida (izquierda). Ventana de aprobación de usuarios (derecha).

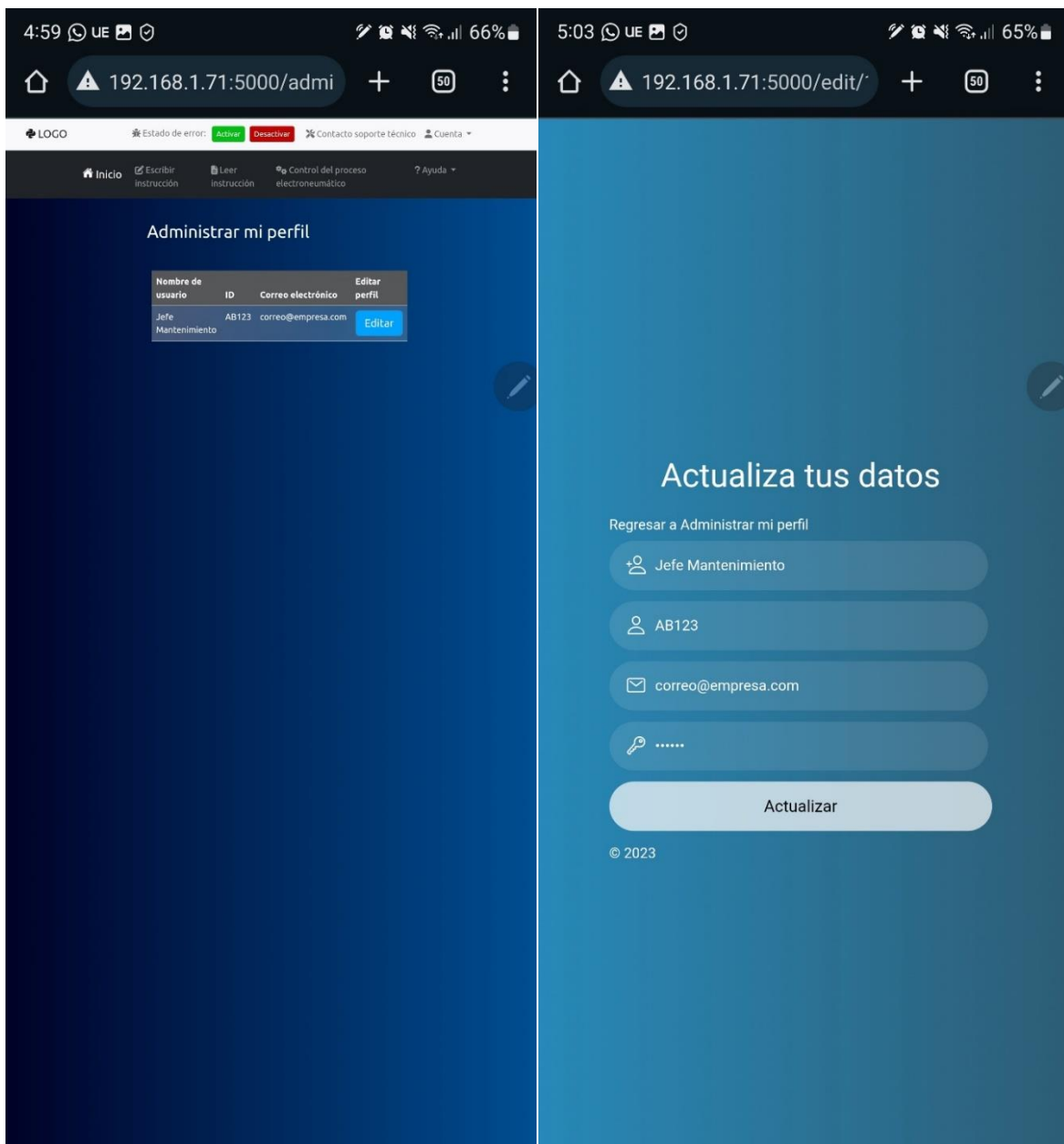


Figura A28: Ventana de administración del perfil (Izquierda). Ventana de actualización de datos (derecha).

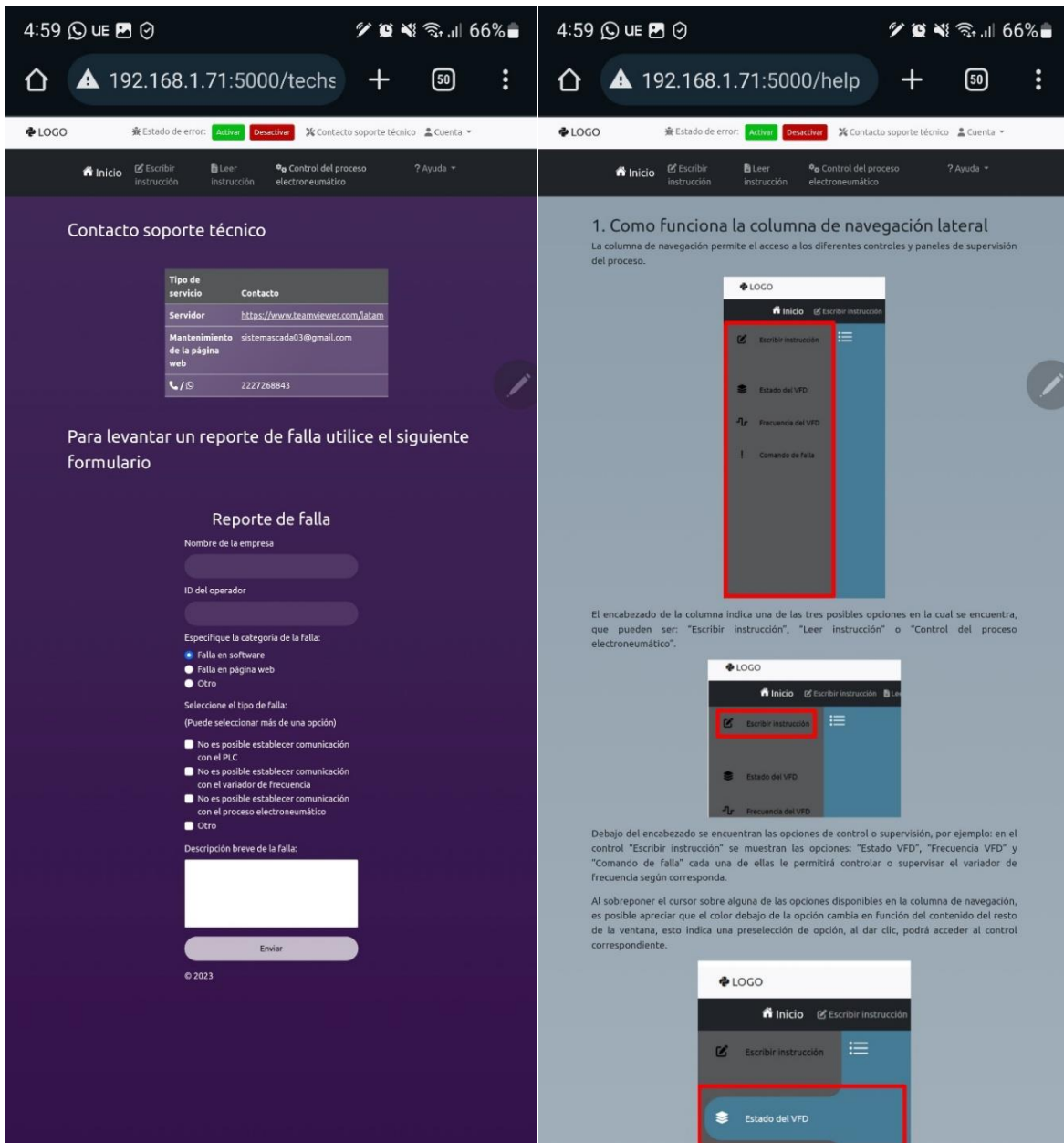


Figura A29: Ventana "Contacto soporte técnico" (izquierda). Ventana "Sobre este sitio" (derecha).

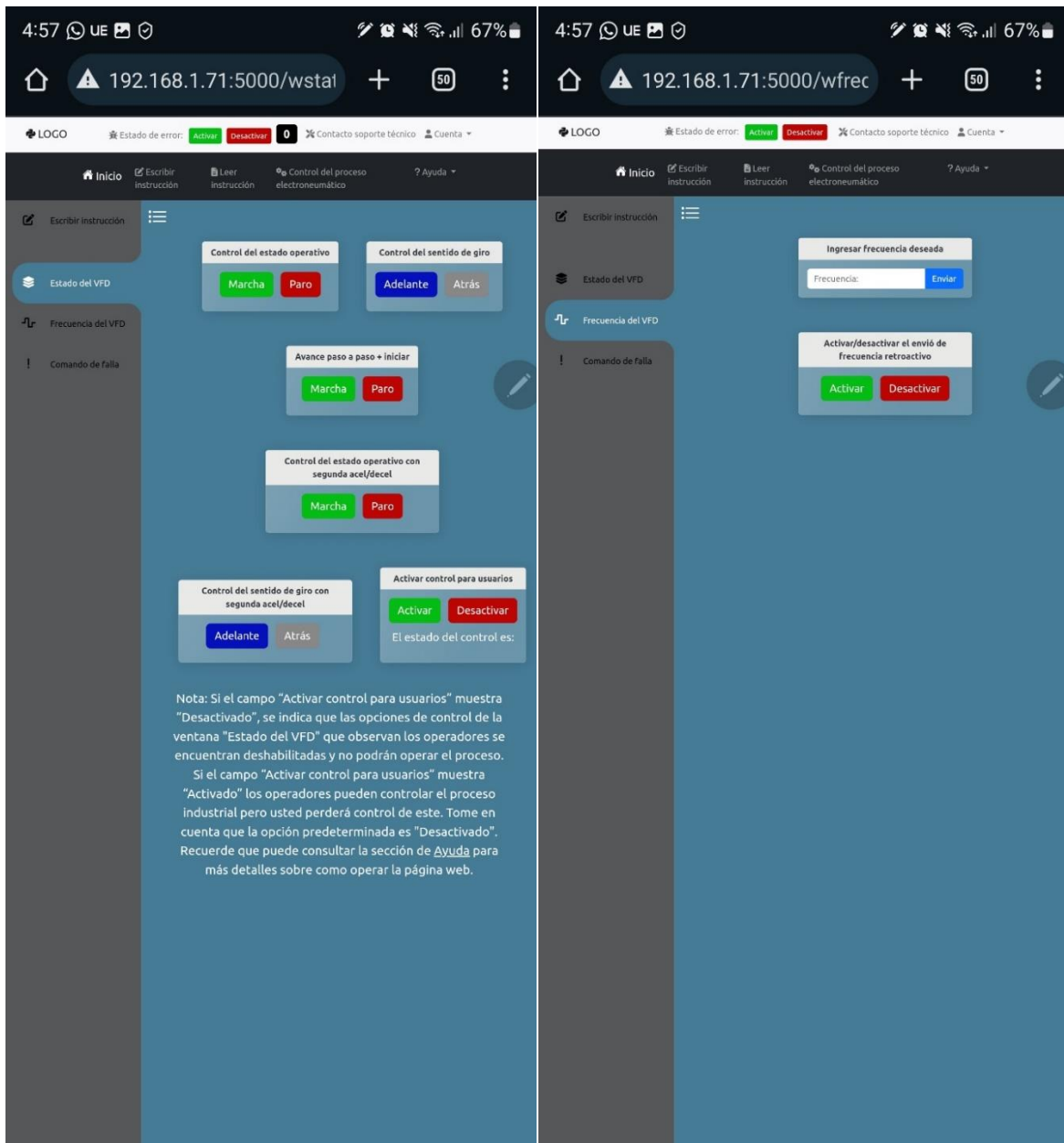


Figura A30: Venta “Estado del VFD” (izquierda). Ventana “Frecuencia del VFD” (derecha).

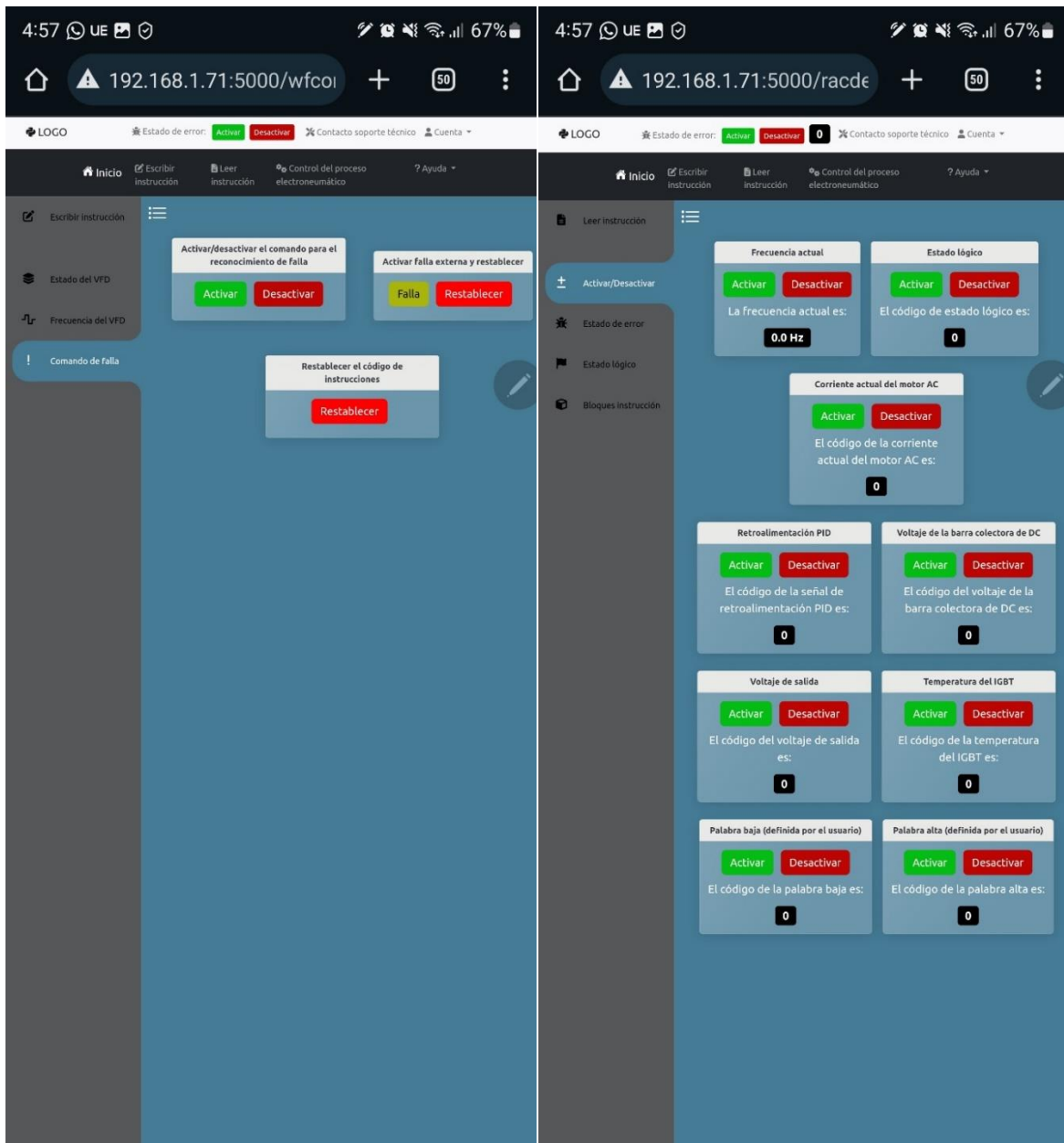


Figura A31: Ventana "Comando de falla" (izquierda). Ventana "Activar/Desactivar" (derecha).

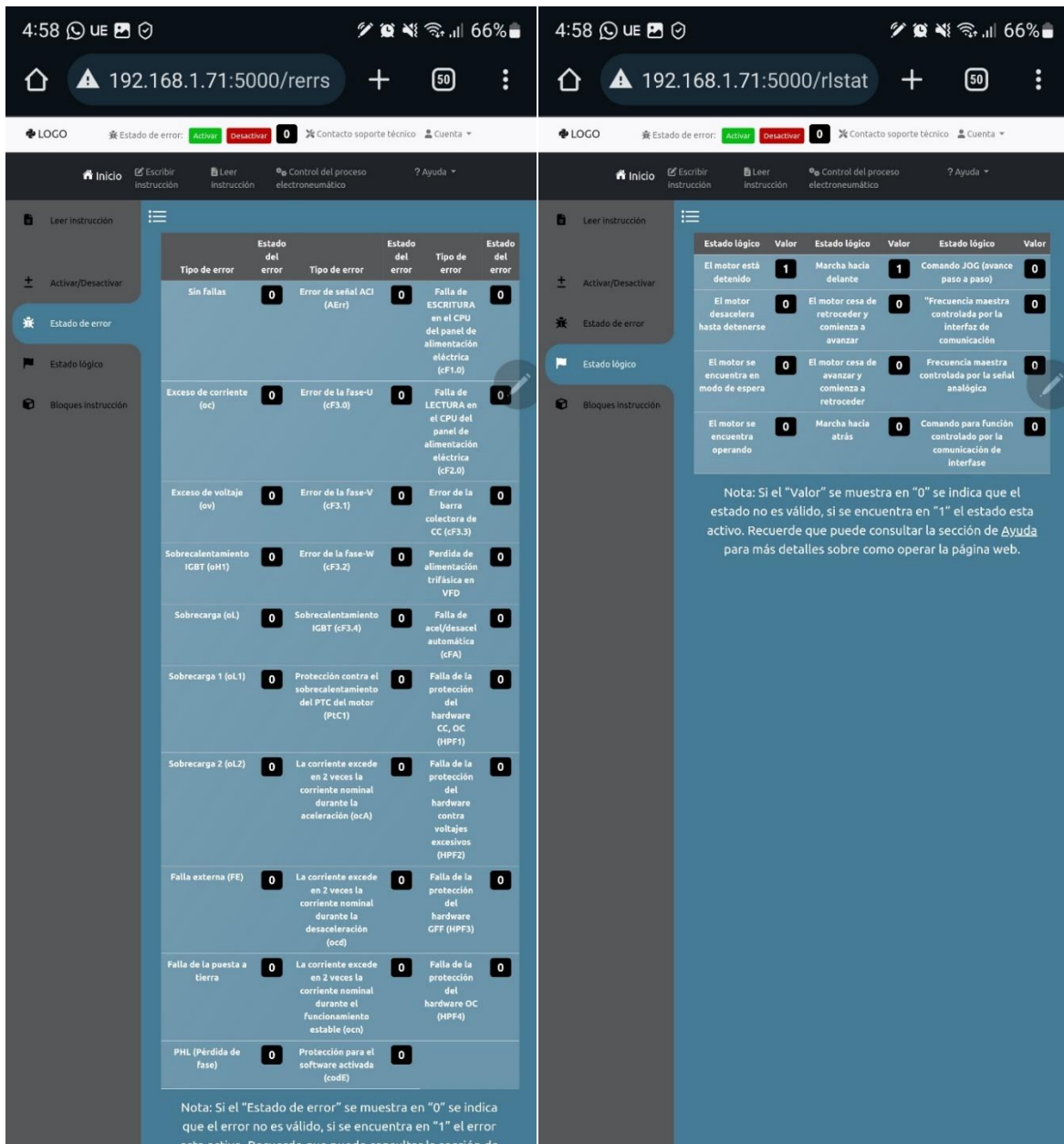


Figura A32: Ventana "Estado de error" (izquierda). Ventana "Estado lógico" (derecha).

5:00 UE [íconos] 192.168.1.71:5000/rinsb [íconos] 66%

LOGO Estado de error: **Activar** **desactivar** Contacto soporte técnico Cuenta

Inicio Escribir instrucción Leer instrucción Control del proceso electroneumático ? Ayuda

Leer Instrucción

Activar/Desactivar Estado de error Estado lógico Bloques instrucción

Bloque MB	Estado del bloque	Bloque MB	Estado del bloque	Bloque MB	Estado del bloque
Prueba establecer comunicación		Prueba Inicio segundo valor aceleración/desaceleración		Prueba Reconocimiento de falla externa	
Prueba Activar variables de acción		Prueba Paro segundo valor aceleración/desaceleración		Prueba Falla externa	
Prueba Inicio		Prueba Adelante segundo valor aceleración/desaceleración		Prueba Reset	
Prueba Paro		Prueba Atrás segundo valor aceleración/desaceleración		Prueba Desactivar código de error	
Prueba Marcha hacia delante		Prueba Retroalimentación o monitoreo de frecuencia		Prueba Voltaje de salida	
Prueba Marcha hacia atrás		Prueba Estado lógico		Prueba Temperatura IGBT	
Prueba Jog + Run		Prueba Supervisión de corriente		Prueba Palabra baja	
Prueba Envío de frecuencia		Prueba Retroalimentación de PID		Prueba Palabra alta	
Prueba Supervisión de errores		Prueba Voltaje bus DC			

Nota: Si el "Estado del bloque" se muestra en "No energizado" se indica que el bloque de instrucciones Modbus no se encuentra operando, si se indica "Energizado" el bloque de instrucción esta activo. Recuerde que puede consultar la sección de [Ayuda](#) para más detalles sobre como operar la página web.

Figura A33: Ventana "Bloques de instrucción".