



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“Diseño e implementación de un sistema redundante basado en equipos  
de la marca Rockwell Automation”

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero en Electrónica y Automatización**

Presentado por:

José Enrique Cueva Tumbaco

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto se lo dedico a Dios y a mis padres por ser los pilares fundamentales de mi existencia, dedicando todos los esfuerzos logrados durante mi vida y aún más en culminar esta etapa.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento a Dios por permitirme llegar hasta la culminación de esta etapa de mi vida. A mis padres y mis hermanos por ayudarme, comprenderme y guiarme ante las dificultades que se me han presentado a lo largo de mi carrera universitaria, con el apoyo incondicional de ellos he logrado alcanzar mis metas propuestas.

A mis amigos que me han brindado su amistad y a todas las personas que aportaron de alguna manera a mi formación profesional, con mención especial a Erick, Daniel, Sebastián y a las personas que estuvieron hasta el final dándome consejos y ayuda desinteresada.

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

José Cueva

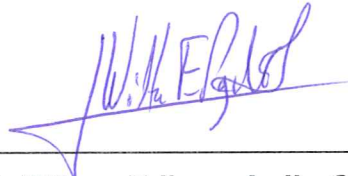
José Enrique Cueva Tumbaco

## EVALUADORES



**M.Sc. David Alejandro Vaca Benavides**

PROFESOR DE LA MATERIA



**Ph.D. Wilton Edixon Agila Gálvez**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El proyecto realizado está compuesto principalmente de un chasis y un SCADA redundante que permiten controlar y monitorear equipos que conforman la red industrial de manera ininterrumpida, para un proceso simulado de ensamblaje en un entorno virtual.

El desarrollo del proyecto se detalla en los siguientes capítulos, donde se utilizaron equipos y softwares de la marca Rockwell Automation, los equipos fueron chasis ControlLogix, sistema redundante de entradas y salidas, PanelView, switches, servo drivers, servomotores, módulos de comunicación EtherNet/IP™, redundancia, de entradas y salidas tanto analógicas como digitales. El paquete de software fue ControlFlash, Studio 5000, FactoryTalk View Studio, RsLinx, BOOTP-DHCP Server y Redundancy Module Configuration Tool.

La integración de los componentes mencionados se dividió en un área de servomotores y otra de redundancia, donde se implementó y utilizó comunicación EtherNet/IP™ entre los equipos, formando una topología en anillo y estrella para cada área respectivamente. El sector de redundancia estaba conformado principalmente por el chasis redundante que controlaba el proceso simulado, mientras que el área de servomotores se encontraba el PanelView con la Interfaz Hombre Maquina (HMI) para visualizar la tendencia de velocidad en los servomotores. El SCADA redundante fue monitoreada y controlada mediante computadoras físicas o navegadores web de dispositivos conectados a la red industrial.

Con la propuesta del proyecto, se espera reducir las ineficiencias en las operaciones de las líneas de producción, disminuir costos y mantener la calidad de los productos en los procesos críticos o relevantes que ocasionan un mayor impacto a la economía de la industria.

**Palabras Clave:** SCADA, chasis, redundante, proceso, virtual.

## **ABSTRACT**

*The project is composed mainly of a chassis and a redundant SCADA that allows to control and monitor equipment the industrial network in uninterrupted mode, for a simulated assembly process in a virtual environment.*

*The development of the project is detailed in the following chapters, where equipment and packages of software of Rockwell Automation were used, the equipment were ControlLogix chassis, redundant input and output system, PanelView, switches, servo drivers, servomotors, modules EtherNet / IP™ communication, redundancy, analog and digital inputs and outputs modules. The packages of software used were ControlFlash, Studio 5000, FactoryTalk View Studio, RsLinx, BOOTP-DHCP Server and Redundancy Module Configuration Tool.*

*Integration of the mentioned components was divided into an area of servomotors and another of redundancy, EtherNet / IP™ communication was implemented and used between equipment, forming a ring and star topology for each area respectively. The redundancy sector was mainly composed of the redundant chassis that controlled the simulated process, while the servomotors area was the PanelView with the Human Machine Interface (HMI) to visualize the speed trend in servomotors. The redundant SCADA was monitored and controlled by physical computers or web browsers of devices connected to the industrial network.*

*With the project proposal, expected reduce inefficiencies in the operations of the production lines, minimize costs and maintain the quality of the products in the critical or relevant processes that cause a greater impact to the economy of the industrial.*

**Keywords:** *SCADA, chassis, redundant, process, virtual.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
CAPÍTULO 1 .....	1
1.    Introducción .....	1
1.1    Descripción del problema .....	1
1.2    Justificación del problema.....	2
1.3    Objetivos.....	3
1.3.1    Objetivo General .....	3
1.3.2    Objetivos Específicos .....	3
1.4    Marco teórico .....	3
1.4.1    Pirámide CIM .....	3
1.4.2    Arquitectura integrada de Rockwell Automation.....	5
1.4.3    Logix.....	5
1.4.4    NetLinx.....	6
1.4.5    ViewAnyWare.....	7
1.4.6    FactoryTalk .....	7
1.4.7    PLCs redundante .....	8
1.4.8    Servidores redundantes .....	9
1.4.9    Factory i/o .....	10
CAPÍTULO 2.....	11
2.    Metodología .....	11



2.1	Diseño e implementación de la red industrial .....	11
2.2	Redundancia en equipos .....	13
2.2.1	Controlador redundante .....	13
2.2.2	Fuentes de alimentación redundante .....	16
2.2.3	Sistema de entradas y salidas redundante .....	17
2.3	Aplicación industrial simulada en factory i/o .....	19
2.4	SCADA redundante .....	20
2.5	Reporte de alarmas .....	23
CAPÍTULO 3.....		24
3.	Resultados y análisis .....	24
3.1	Hardware .....	24
3.1.1	HMI en el área de servomotores .....	24
3.1.2	Controlador redundante .....	25
3.2	Software.....	25
3.2.1	Monitoreo de la red industrial .....	25
3.2.2	Monitoreo de la redundancia del servidor HMI .....	27
3.2.3	Monitoreo y control del área de servomotores .....	27
3.2.4	Monitoreo del controlador redundante.....	28
3.2.5	Proceso simulado en el SCADA.....	29
3.2.6	Aplicación para generar reporte de fallas.....	29
3.2.7	SCADA desde el navegador de dispositivos .....	31
3.3	Análisis de costos .....	32
CAPÍTULO 4.....		35
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	35
4.1	Conclusiones .....	35
4.2	Recomendaciones .....	36

BIBLIOGRAFÍA.....	38
APÉNDICES.....	40

## ABREVIATURAS

AC	Corriente Alterna
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CSV	Valores Separados por Comas
DC	Corriente Directa
DCS	Sistema de Control Distribuido
DLR	Anillo a Nivel de Dispositivo
E/S	Entradas/Salidas
EDS	Electronic Data Sheets
ERP	Enterprise Resource Planning
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FTV	FactoryTalk View
HMI	Interfaz Hombre Máquina
IP	Internet Protocol
IP™	Industrial Protocol
MAC	Media Access Control
ME	Machine Edition
MES	Manufacturing Execution System
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	OLE for Process Control
PDF	Formato de Documento Portátil
PLC	Controlador Lógico Programable
RMCT	Redundancy Module Configuration Tool
SCADA	Supervisión Control y Adquisición de Datos
SE	Site Edition
VPN	Red Virtual Privada

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Modelo CIM [2] .....	4
Figura 1.2 Protocolo de comunicación CIP [4].....	7
Figura 1.3 Arquitectura implementada en la empresa CODONA [9].....	9
Figura 1.4 Sistema de servidor redundante [10].....	10
Figura 1.5 Simulación de procesos en factory i/o [11] .....	10
Figura 2.1 Topología de la red implementada .....	12
Figura 2.2 PLCs ControlLogix en redundancia .....	13
Figura 2.3 Configuración del módulo de redundancia en RMCT .....	15
Figura 2.4 Proyecto en Studio 5000.....	16
Figura 2.5 Chasis remoto de E/S.....	17
Figura 2.6 Topología de Ethernet en anillo para los módulos AENTR [12].....	18
Figura 2.7 Chasis del sistema E/S redundante.....	19
Figura 2.8 Escena de ensamblaje de piezas en factory i/o [13].....	19
Figura 2.9 Direcciones de sensores y actuadores en factory i/o [14].....	20
Figura 2.10 Servidores y clientes HMI .....	21
Figura 2.11 Selección del tipo de aplicación en FTV Studio .....	21
Figura 2.12 Estado del servidor HMI.....	22
Figura 2.13 Diagrama de bloques para elaborar el reporte de alarmas.....	23
Figura 3.1 Área de servomotores.....	24
Figura 3.2 Área de redundancia.....	25
Figura 3.3 Monitoreo de la red industrial.....	26
Figura 3.4 Ventana de diagnóstico de dispositivos en anillo.....	26
Figura 3.5 Estado de servidor HMI, datos y alarmas .....	27
Figura 3.6 Gráfico de tendencia de velocidad de servomotores .....	28
Figura 3.7 Monitoreo del estado del chasis redundante .....	28
Figura 3.8 Proceso de ensamblaje monitoreado en el SCADA .....	29
Figura 3.9 Interfaz de ingreso para generar reporte de alarmas.....	30
Figura 3.10 Reporte de alarmas generado .....	30
Figura 3.11 Formatos de archivos disponible para guardar el reporte.....	31

Figura 3.12 SCADA desde el navegador web de un celular .....	32
Figura 3.13 SCADA desde el navegador web de una computadora.....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Componentes utilizados para cada chasis ControlLogix L73.....	13
Tabla 2.2 Dirección IP de los módulos de comunicación de los PLCs.....	14
Tabla 2.3 Componentes utilizados para el chasis remoto de E/S.....	16
Tabla 2.4 Componentes utilizados para el sistema de E/S redundante.....	18
Tabla 3.1 Análisis de costos .....	33

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto brinda disponibilidad de los equipos que forman parte de los procesos en las líneas de producción de plantas industriales, cuya necesidad es reducir el tiempo de inactividad no planificado. Se propone el uso de un sistema redundante para evitar el tiempo de detención de los principales elementos que conforman un proceso como Interfaz Hombre Máquina (HMI), Controlador Lógico Programable (PLC) y fuente de alimentación para módulos remotos de entradas y salidas. Estos elementos garantizan que el sistema intervenga de manera automática y asuma la función de los equipos necesarios cuando se produzca una deficiencia en el sistema. Además, la aplicación para controlar y monitorear los procesos y equipos, creadas en computadoras requiere la funcionalidad de estos en todo momento, por lo que se plantea un SCADA redundante en máquinas virtuales.

### 1.1 Descripción del problema

En la actualidad, las plantas industriales requieren que la producción sea realizada en el periodo planificado para mantener la competitividad con las demás empresas. La planeación, control de la producción y mantenimiento de los equipos que conforman un proceso, son las actividades más importantes para llevar a cabo una buena gestión y rendimiento en la producción. Por esta razón, cuando fracasa alguna de estas actividades, la empresa opta por realizar un exceso de abastecimiento de un cierto producto o utiliza los equipos que están disponible para dar prioridad a la producción que necesita ser despachada hasta que se logre solucionar el problema ocasionado.

Dicho de otro modo, para las industrias es importante que los elementos que conforman las líneas de producción se encuentren siempre disponibles, tales como: controladores, fuentes de alimentación, módulos de entradas y salidas para sensores y actuadores respectivamente, entre otros; si falla uno de estos componentes se interrumpe parcial o totalmente el proceso. Estos desperfectos dan lugar a interrupciones de operación no planificadas desaprovechando la capacidad de producción, las que son reflejadas en cuantiosas pérdidas económicas.

Algunas de las líneas de producción de procesos en las industrias a menudo requieren que el funcionamiento sea continuo, debido a que las pérdidas que se originan en estos casos son extremadamente altas. Además, el tiempo que conlleva reanudar o poner en marcha la producción puede tardar horas o incluso días.

## **1.2 Justificación del problema**

Considerando la productividad y la disponibilidad de los principales equipos y aplicaciones que requieren en las industrias, se evidencia la necesidad de utilizar los conocimientos adquiridos en los equipos y softwares de la marca Rockwell Automation debido a la flexibilidad, escalabilidad y facilidad de integrarlos en las líneas de producción por la tecnología que poseen y protocolos apropiados para la industria como tal, además de otras herramientas para cumplir con lo imprescindible en los procesos industriales.

En ese sentido, a base a dichos requerimientos este proyecto se justifica en desarrollar un sistema redundante a nivel de suministro de alimentación para un módulo remoto de entradas y salidas, PLCs y HMI permitiendo que los procesos industriales mantengan una operación continua y confiable. Además, cuando el sistema detecte una falla, el equipo primario o secundario que se encuentre en óptimo estado va a intervenir y asumirá el rol del equipo defectuoso.

Por otro lado, se pretende realizar redundancia en el SCADA para mejorar y mantener la ejecución ininterrumpida en las estaciones de trabajo. Además de abarcar el monitoreo y control en las pantallas creadas para los usuarios en el caso de fallas de comunicación o en el equipo en donde está instalada.

De igual forma, en toda industria ocurre fallas en los equipos que conforman el proceso, ya sea este por comunicación u operación, por lo que cada vez es necesario generar un reporte para tomar medidas tanto correctivas como preventivas. Mientras que, la aplicación para generar reportes de alarmas utilice softwares libres, en las industrias tendrá una gran acogida, ya que no requiere comprar ninguna licencia para hacer uso de estas.



## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Implementar un sistema redundante para el uso en aplicaciones de procesos críticos mediante la utilización de equipos y softwares de la marca Rockwell Automation.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Desarrollar redundancia a nivel de fuente de alimentación, controladores, HMI y SCADA, mediante la utilización de equipos y softwares de Rockwell Automation para un proceso industrial en un entorno de simulación.
2. Monitorear los equipos que conforman el sistema redundante para la identificación del punto de falla en la estructura.
3. Proporcionar un diseño resistente a fallos para que cada dispositivo que conforme el proceso realice la función prevista sin la posibilidad que interrumpa el desarrollo.
4. Desarrollar una aplicación que permita la generación de reportes de alarmas en formato PDF para el registro de los eventos suscitados en los equipos de la red industrial.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Pirámide CIM**

La estructura de la mayoría de las empresas actualmente tiene una jerarquía de acuerdo con un modelo de automatización llamado Computer Integrated Manufacturing (CIM), cuya interpretación en español es manufactura integrada por computadora obsérvese en la Figura 1.1. Este modelo tiene como finalidad incorporar tanto la parte administrativa como la manufacturera en uno solo, donde cada nivel posee funciones específicas [1].



**Figura 1.1 Modelo CIM [2]**

- *Nivel de empresa (Nivel 5)*, este representa la parte superior de la pirámide donde se encuentra Enterprise Resource Planning (ERP), cuya interpretación en español es sistema de planificación de recursos empresariales. Constituye la administración de la productividad de la empresa, a través de la gestión de información de la producción y oferta/demanda, cuya finalidad es ofrecer soluciones viables reduciendo costos y tiempos de fabricación.
- *Nivel de Factoría (Nivel 4)*, este nivel junto con el 3 se encuentra en Manufacturing Execution System (MES), cuya interpretación en español es sistema de ejecución de manufactura. Constituyen las estaciones de trabajo de ingeniería, para la elaboración de ordenes de productos hacia el nivel de célula, control y coordinación de materiales y recursos en base a los indicadores de este nivel.
- *Nivel de Célula (Nivel 3)*, se encuentra el Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA), cuya interpretación en español es supervisión, control y adquisición de datos. Permite una comunicación entre los dispositivos de control y supervisión, con la finalidad de ejecutar la sección de control y a partir de esto recibir datos de producción de los niveles inferiores.
- *Nivel de Máquina (Nivel 2)*, se realiza el control de la intervención de los dispositivos de campo en el proceso, mediante la adquisición del estado de los sensores.

- *Nivel de sensor y actuador (Nivel 1)*, este representa la parte inferior de la pirámide, se encuentran los dispositivos de campo tales como sensores y actuadores que interactúan con el proceso de producción.

#### **1.4.2 Arquitectura integrada de Rockwell Automation**

Rockwell Automation posee un sistema de automatización a nivel industrial, integra los requerimientos para la puesta en marcha de todos los niveles de la pirámide CIM en una empresa. La recolección de datos e información de los niveles inferiores y superiores respectivamente es posible mediante la arquitectura, además realiza dicha integración en tiempo real mejorando la productividad y reduciendo costos en la producción [3].

Los componentes de la arquitectura son:

- Plataforma de control (Logix)
- Plataforma de información (NetLinx)
- Plataforma de visualización (ViewAnyWare)
- Plataforma de Gestión (RSBizware – FactoryTalk)

#### **1.4.3 Logix**

La plataforma Logix está relacionada con los dispositivos de control como PLC, dispositivos de corriente directa (DC) y corriente alterna (AC) entre otros. La arquitectura proporciona soluciones a las aplicaciones industriales, cuya finalidad es fabricar lotes de productos, a través de movimientos de maquinarias eléctricas, variadores de velocidad e incluso control de procesos industriales.

Los principales controladores asociados son:

- *ControlLogix*, cuyas aplicaciones requieren alto rendimiento.
- *CompactLogix*, cuyo control está asociada al nivel de máquina de la pirámide CIM.
- *MicroLogix*, cuyas aplicaciones sean a pequeñas escalas y sencillas.

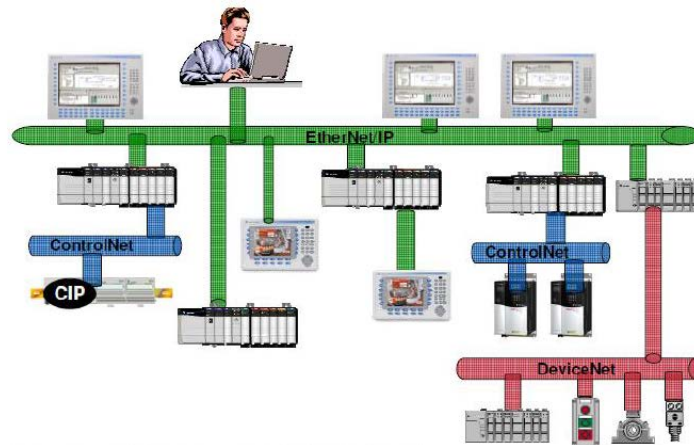
Los principales softwares de programación de los controladores son:

- *Studio 5000*, diseñar aplicaciones exclusivamente para los ControlLogix y CompactLogix, a través de los diversos lenguajes de programación que posee tales como diagrama de escalera, diagrama de funciones secuenciales, texto estructurado.
- *Connected Components Workbench*, programación de controladores MicroLogix, configuración e integración de dispositivos tales como HMI, Servo Drives, servomotores, entre otros. Todos sirven para formar parte de plataformas de control de procesos industriales.

#### 1.4.4 NetLinx

La plataforma NetLinx está relacionada con las comunicaciones que posee una red industrial entre niveles de la pirámide CIM tiene como finalidad programar, monitorear y configurar cualquier dispositivo que se encuentra en la red de la empresa desde cualquier computador. La arquitectura de comunicación como se muestra en la Figura 1.2, es una red abierta que están constituidas por tres protocolos, cabe mencionar que la diferencia radica en los tiempos y volumen de información involucrados al transmitir los datos:

- *DeviceNet*, la comunicación es para dispositivos DeviceNet a nivel de campo tales como sensores, actuadores tanto analógicos como digitales.
- *ControlNet*, la comunicación es para equipos de control como los PLCs.
- *EtherNet/IP™*, la comunicación es para las diversas áreas de la empresa desde la producción hasta el área de gerencia.



**Figura 1.2 Protocolo de comunicación CIP [4]**

#### **1.4.5 ViewAnyWare**

La plataforma ViewAnyWare está relacionada tanto en software como hardware de los dispositivos permitiendo visualizar y monitorear los estados de los procesos de la planta con el fin de comunicar a los operadores, ingenieros, supervisores y gerentes la información recopilada. El principal hardware que se encuentra en la arquitectura es el PanelView, estos son monitores tipo industrial para monitorear y controlar procesos o aplicaciones dentro de la planta, dependiendo de las características de la pantalla se pueden escoger entre la Plus y Estándar. La diferencia radica en las características que poseen cada una tales como pantallas monocromáticas o a color, el tamaño, tipo de comunicación, entre otras.

#### **1.4.6 FactoryTalk**

La plataforma FactoryTalk está relacionada en consultar, analizar, procesar los datos procedentes de dispositivos los tres primeros niveles de la pirámide CIM tales como controladores, variadores de velocidad, sensores y actuadores. Para realizar la comunicación a través de EtherNet/IP™ entre los diversos equipos de la marca como controladores y pantallas táctiles con los softwares de diseño, utiliza FactoryTalk Linx como servidor de datos y servicios de comunicaciones [5]. El principal software que está asociada a la plataforma es FactoryTalk View (FTV) Studio para la aplicación a realizar depende del uso de:

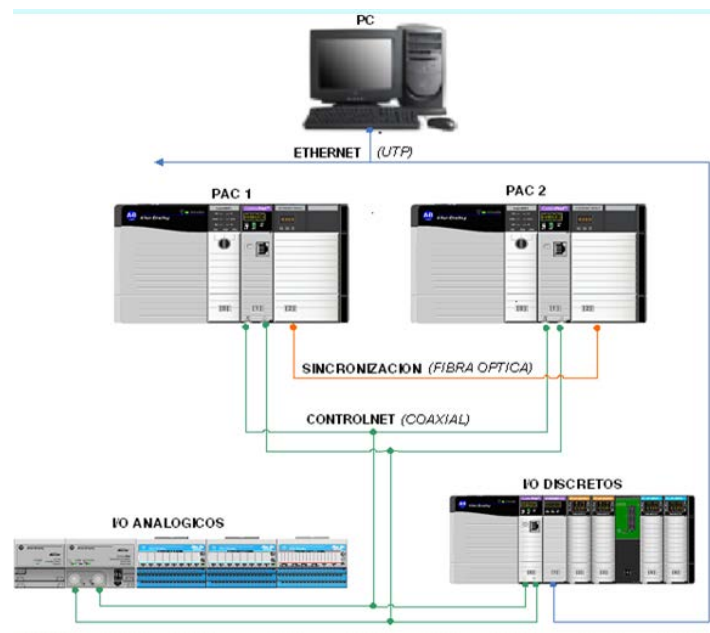
- *FTV Site Edition (SE)*, para el uso de servidores, registros y almacenamiento de datos, puede ser instalada en una sola computadora (Local Station), varias computadoras (Network Station) o con la opción de clasificar las áreas de la planta y además de realizar redundancia (Network Distributed). El servidor HMI es aquel que suministra la información de los componentes que conforman las pantallas de los SCADA [6].
- *FTV Machine Edition (ME)*, realizar pantallas HMI en los procesos y luego transferir dicha aplicación a las pantallas táctiles conocidos como PanelView.
- *FTV Point*, como un complemento de FTV SE y FTV ME, permite a través de navegadores web de dispositivos móviles o de computadoras conectadas a la misma red tener acceso a las aplicaciones de gráficos, tendencias y alarmas [7].

#### **1.4.7 PLCs redundante**

Los PLCs ControlLogix pueden ser utilizado como redundante siempre que contengan módulos idénticos en los chasis, además requieren de un módulo de redundancia para la sincronización así como uno de comunicación con protocolo EtherNet/IP™ o ControlNet [8].

La mayoría de las industrias cuando el sistema de control se apaga o pierde visibilidad, puede provocar graves daños a los equipos, datos, productos o ingresos de la empresa e incluso peligros a las personas que trabajan en la planta. La elaboración de alcohol crudo y etílico involucra medición, control y visualización de parámetros tales como: presión, nivel, temperatura, flujo en los procesos de mezcla, vaporación y condensación de los líquidos para formar el alcohol. Por lo tanto, involucra una gran cantidad de lazo de control para llevar a cabo el producto terminado [9].

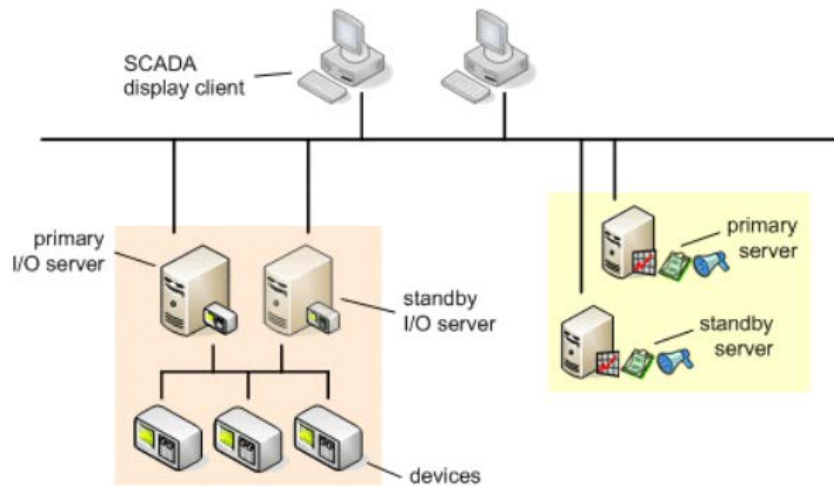
La automatización del proceso de destilación en la empresa CODONA utiliza redundancia tanto en comunicación como en control con equipos de Rockwell Automation. El protocolo de la red entre los PLCs redundantes es ControlNet™, de igual manera con las entradas y salidas digitales y analógicas para los sensores y actuadores de los diversos procesos de la planta. La arquitectura implementada en el proceso de destilación se muestra en la Figura 1.3.



**Figura 1.3 Arquitectura implementada en la empresa CODONA [9]**

#### 1.4.8 Servidores redundantes

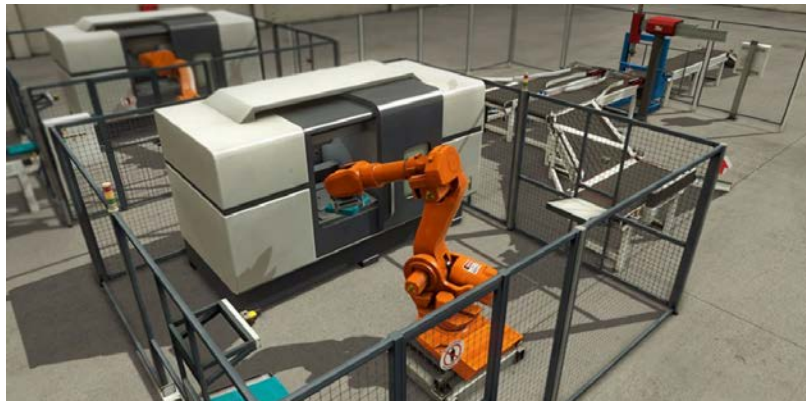
Los servidores redundantes poseen la capacidad de brindar un servicio continuo o recolección de datos de manera segura, cuya estructura esta dado por dos servidores en paralelo, uno de ellos es el servidor primario, mientras el otro es el secundario obsérvese la Figura 1.4. La finalidad de utilizar dos servidores es mantener en espera al servidor secundario para que al detectar un error en el hardware o software en cualesquiera de ellos pueda asumir el control de comunicación con la mínima interrupción al sistema.



**Figura 1.4 Sistema de servidor redundante [10]**

#### 1.4.9 Factory i/o

Es un software de simulación de procesos industriales en un entorno virtual en 3D como se observa en la Figura 1.5, posee sensores y actuadores tanto analógicos como digitales, así como la programación de estos es mediante los PLC más utilizados en aplicaciones industriales [11] .



**Figura 1.5 Simulación de procesos en factory i/o [11]**



# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

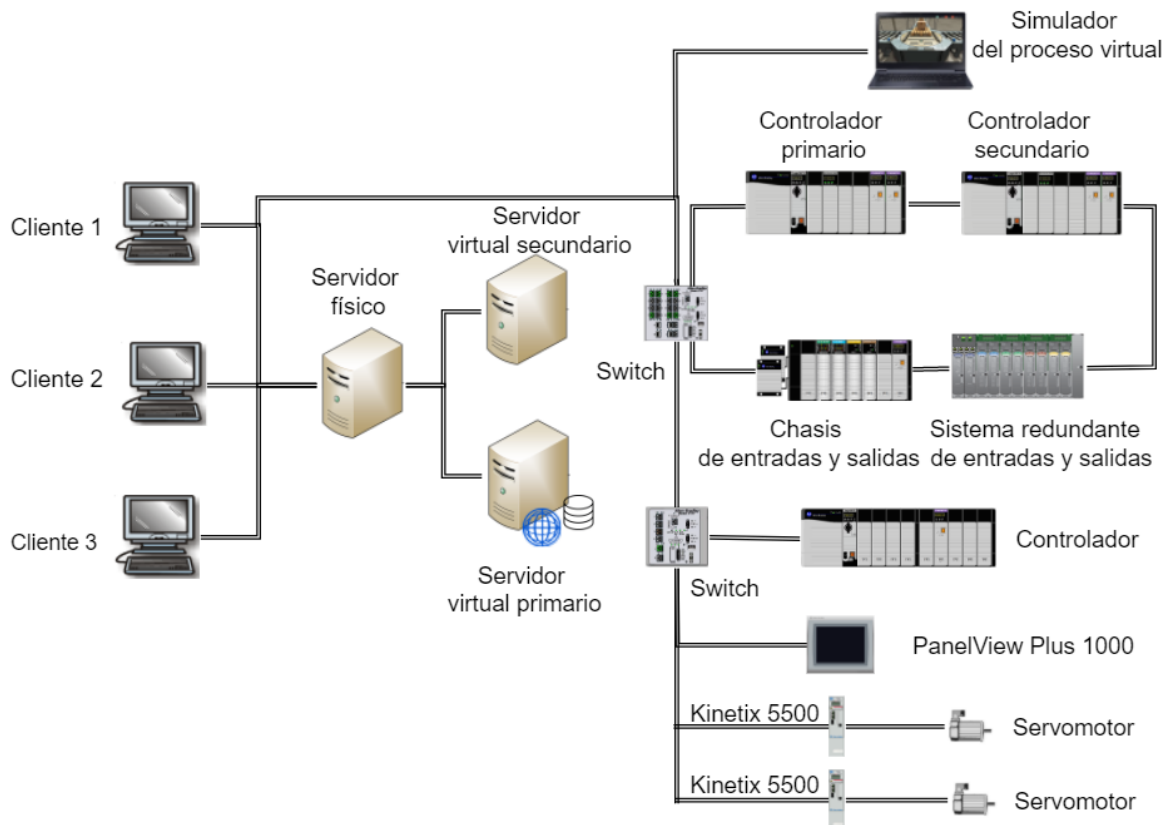
El sistema redundante, planteado tiene como finalidad solucionar la falta de disponibilidad de productos en los procesos industriales debido a posibles fallas en el PLC que lo controla. El procedimiento, la selección del chasis y la implementación de un par de controladores en redundancia con un chasis remoto de E/S se detalla en este capítulo. Por otra parte, configurar otros tipos de redundancia en equipos de la marca de Rockwell Automation, ayuda a formar un sistema totalmente confiable, también, utilizar una topología en anillo mediante el protocolo de EtherNet/IP™ cuya ventaja sobre las demás, es que la comunicación pueda fallar en algún dispositivo sin perder la conexión. Además, en la segunda área permite que la pantalla del HMI de un proceso pueda ser monitoreado y controlado desde los clientes del SCADA, en el caso que el hardware (PanelView) llegará a fallar.

Finalmente, formar un SCADA redundante con softwares de la misma marca en dos máquinas virtuales con sistemas operativos Windows Server 2012, para mantener monitoreados los equipos y procesos con una comunicación confiable ante posibles desperfectos en los servidores. Los clientes del SCADA están instaladas en tres computadoras físicas con sistema operativo Windows 7. Además, acceder mediante los navegadores de computadoras o celulares conectados a la misma red y obtener un reporte de alarmas de los eventos que han ocurrido en formato de documento portable (PDF) o valores separados por comas (CSV), mediante la ejecución de una pequeña aplicación en java en el servidor primario. Las dos acciones mencionadas anteriormente se realizan siempre y cuando la máquina virtual primaria se encuentre disponible.

### 2.1 Diseño e implementación de la red industrial

La red industrial implementada abarca los cuatros primeros niveles de la pirámide CIM, el protocolo de red entre los diferentes equipos fue EtherNet/IP™. En el cuarto nivel de la pirámide se encuentran tres estaciones de ingeniería (clientes), logrando visualizar y controlar la información del SCADA del proceso a través de las computadoras. La cantidad máxima de clientes soportada por la configuración son

de diez. Para comunicar las dos áreas de la red es necesario tener al menos dos switches, donde uno debe tener la opción de Anillo a Nivel de Dispositivo (DLR) para formar parte de la topología mencionada con anterioridad.



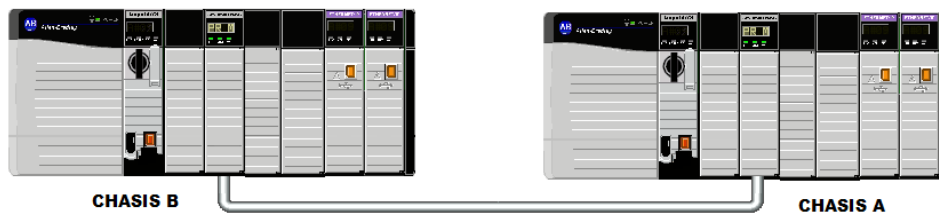
**Figura 2.1 Topología de la red implementada**

En la Figura 2.1 se observa la topología de la red donde la primera área es en estrella, cuenta con un switch Stratix 5700 como concentrador. Los elementos conectados a la topología son: un HMI (PanelView Plus 10), PLC ControlLogix, una computadora y dos servos drives (Kinetix 5500) con los motores de inducción de imanes de permanentes. La segunda área fue destinada a obtener una alta disponibilidad tanto de los equipos como los productos elaborados en un proceso industrial, cuya topología de la red es en anillo entre un switch Stratix 5700, dos PLCs redundante, un chasis remoto de E/S que posee dos fuentes de alimentación en redundancia y un sistema de E/S redundante.

## 2.2 Redundancia en equipos

### 2.2.1 Controlador redundante

Los PLCs redundante ControlLogix son encargados de controlar el proceso crítico y mantener su disponibilidad. Los controladores tanto en hardware como software deben coincidir en cantidad de ranuras (slots), posición y revisión de los módulos instalados como se observa en la Figura 2.2. Debido a que los módulos de redundancia instalados en los chasis comprueban que los ítems anteriores sean los apropiados para establecer redundancia en el controlador.



**Figura 2.2 PLCs ControlLogix en redundancia**

A continuación, se detallan los módulos del chasis con el respectivo firmware instalado.

**Tabla 2.1 Componentes utilizados para cada chasis ControlLogix L73**

Número de catálogo	Cantidad	Descripción	Firmware
1756-A7	1	Chasis del ControlLogix con 7 ranuras	--
1756-PA75	1	Fuente de alimentación	--
1756-RMC1	1	Cable de fibra óptica	--
1756-L73	1	CPU Controlador	31.052
1756-EN2TR	1	Módulo EtherNet/IP™	10.007
1756-EN2T	1	Módulo EtherNet/IP™	10.007
1756-RM2/A	1	Módulo Redundante	20.093

Para el diseño e implementación del chasis redundante se decidió en primer lugar el tipo de controlador con el cual se iba a trabajar, luego se consideró al módulo redundante y por último el módulo de comunicación EtherNet/IP™, porque no todos los controladores y módulos de comunicación son compatibles con el sistema de redundancia. Además, dependiendo de estos se instaló versiones compatibles de firmwares a los componentes de cada chasis redundante como se muestra en la Tabla 2.1. La herramienta ControlFlash permitió cambiar los firmwares de los módulos de los controladores.

La sincronización entre la pareja de chasis es mediante el cable de comunicación de fibra óptica, conectados entre los módulos de redundancia de los ControlLogix. Por otra parte, la comunicación a través de fibra óptica entre los controladores tenía como propósito realizar la conmutación instantánea cuando alguno de los dos controladores falle. Cabe mencionar, que al presentarse algún tipo de error por sincronización las posibles causas son que la comunicación por fibra óptica se encuentra desconectada, o el PLC contiene alguna falla mostrada por display la cual se deben ser corregidas.

**Tabla 2.2 Dirección IP de los módulos de comunicación de los PLCs**

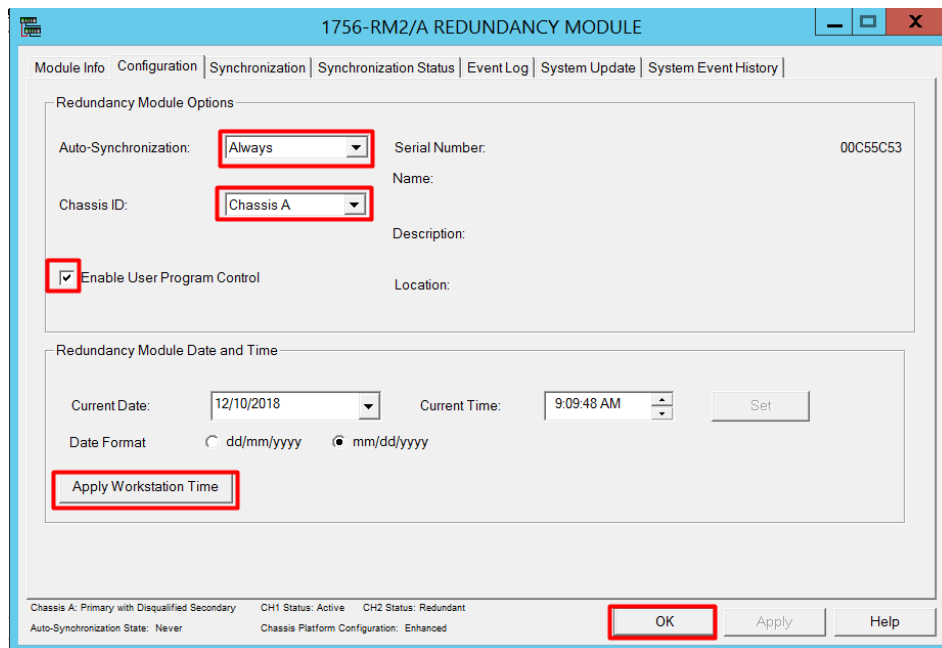
Número de catálogo	Chasis	Dirección IP
1756-EN2TR	A	192.168.31.129
	B	192.168.31.129 [192.168.31.130]
1756-EN2T	A	192.168.31.126
	B	192.168.31.126 [192.168.31.127]

Con el software de BOOT DHCP perteneciente a la marca Rockwell Automation, se localizó la dirección física o Media Access Control (MAC) de los dispositivos encontradas en la red, con el propósito de cambiar las direcciones IPs de fábrica de los módulos de comunicación por las mostradas en la Tabla 2.2. Donde la dirección IP de los módulos Ethernet del controlador primario como secundario fueron las mismas. Además, se garantizó que la IP subsiguiente permanezca disponible, para la incorporación del controlador secundario al suceder una conmutación de chasis.

El software RsLinx permitió enlazar la comunicación entre los equipos de la marca Rockwell Automation con los softwares del mismo fabricante, fue necesario instalar cada Electronic Data Sheets (EDS) de los módulos instalados en el chasis de acuerdo con los firmwares instalados, con el fin de identificarlos en los softwares de programación.

Posteriormente se configuró los módulos de redundancia con la herramienta de configuración de módulos de redundancia (RMCT), para las siguientes tareas:

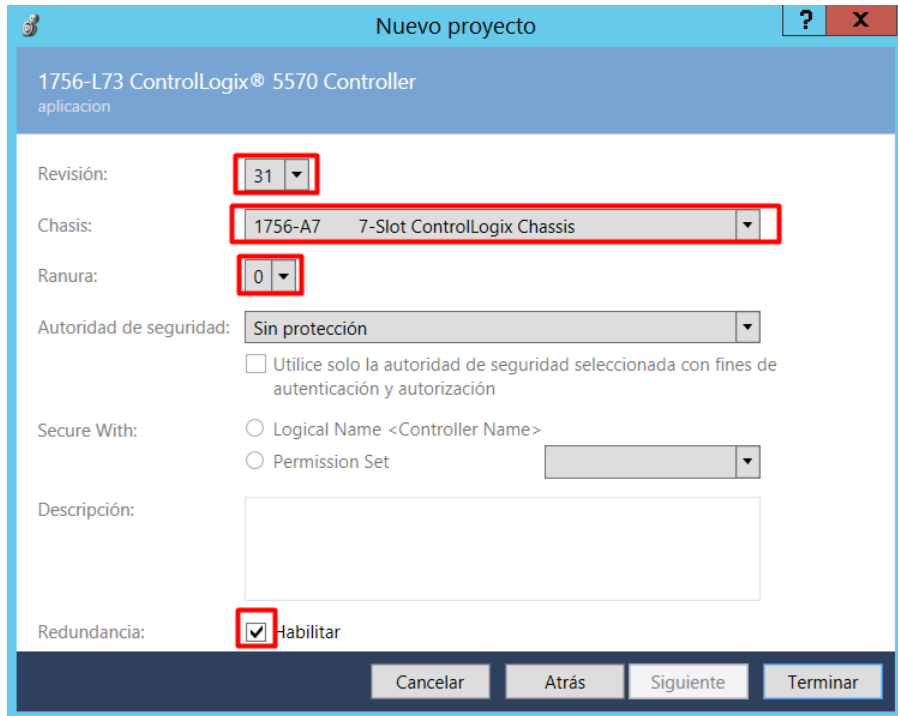
- Activación de la sincronización automática de los chasis.
- Asignación del chasis A y B a los controladores.
- Actualizar la hora en los controladores.
- Habilitar el control del programa de usuario.



**Figura 2.3 Configuración del módulo de redundancia en RMCT**

Las tareas realizadas en el RMCT se muestran en la Figura 2.3, luego en los displays de los módulos redundantes se observó que el chasis con IP menor decía “PRIM” afirmando que es el controlador primario, mientras tanto en el otro chasis mostraba la palabra “DISQ” debido a que el PLC secundario se encontraba inhabilitado. El tiempo de sincronización no debería durar más de tres minutos para que se muestra el mensaje de “SYNC” en el chasis secundario.

La programación de los controladores fue desarrollada en la versión 31 del software Studio 5000 lanzada en el año 2018 en consecuencia, de utilizar la revisión del controlador mostrada en la Tabla 2.2. A continuación, los parámetros que se deben tener en cuenta al crear y realizar el proyecto son la revisión, chasis, la ranura del CPU del chasis redundante y por último tener habilitado la redundancia como se muestra en la Figura 2.4.



**Figura 2.4 Proyecto en Studio 5000**

### 2.2.2 Fuentes de alimentación redundante

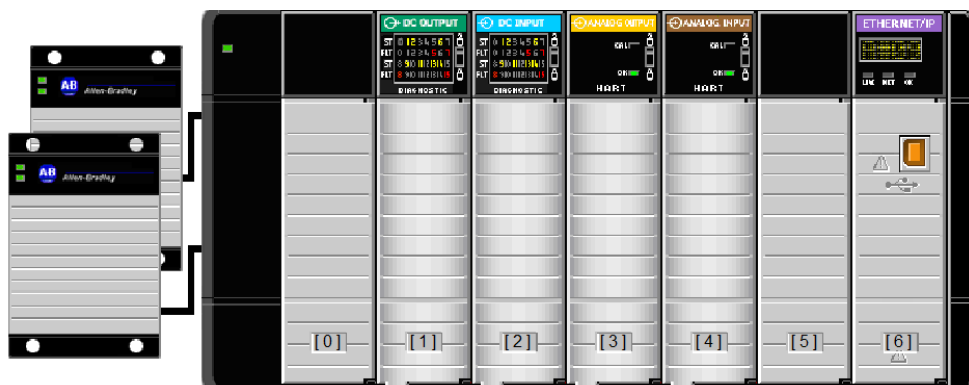
Los dos PLCs redundante contaba con un chasis de E/S digitales remota, cuya comunicación EtherNet/IP™ formaba parte del anillo en el área de redundancia. El chasis remoto se muestra en la Figura 2.5 y los módulos utilizados en este se detallan en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3 Componentes utilizados para el chasis remoto de E/S**

Número de catálogo	Cantidad	Descripción
1756-A7	1	Chasis del ControlLogix con 7 ranuras
1756-L73	1	Controlador
1756-IB16D	1	Módulo de entradas digitales
1756-OB16D	1	Módulo de salidas digitales
1756-EN2TR	1	Módulo EtherNet/IP™
1756-IF8IH	1	Módulo de entradas analógicas
1756-OF8IH	1	Módulo de salidas analógicas
1756-PSCA2	1	Módulo adaptador para fuentes redundante de chasis ControlLogix L73
1756-PA75R	2	Fuente de alimentación redundante AC para ControlLogix
1756-PSCA2	1	Módulo adaptador para fuentes redundante de chasis ControlLogix L73
1756-CPR2	2	Cables para conectar el PA75R con el PSCA2

La alimentación de energía eléctrica del chasis donde se encontraban las E/S remotas del chasis redundante, estuvo conformado por dos fuentes de alimentación formando así un suministro de energía redundante como se observa en la Figura 2.5. La cantidad de equipos y materiales con la cual se realizó el sistema de alimentación redundante son los cuatros últimos ítems de la Tabla 2.3.

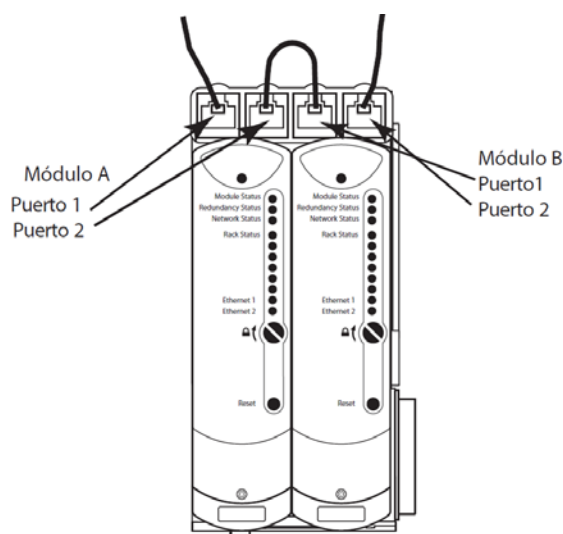
Se instaló la alimentación al chasis remoto de E/S, donde ambas fuentes contaban con indicadores del estado de operación. Si las dos fuentes de alimentación se encontraban encendidas (una activa y la otra en espera) el indicador era un led color verde en ambas fuentes y por último si cualesquiera de las dos dejaban de funcionar el estado era mediante un led color naranja. Sin embargo, el chasis aun funcionaba con normalidad.



**Figura 2.5 Chasis remoto de E/S**

### **2.2.3 Sistema de entradas y salidas redundante**

El par de chasis se comunicó con el sistema redundante de E/S formando parte del anillo en el área de redundancia a través de la red EtherNet/IP™, la conexión entre los chasis con los módulos de E/S redundante tanto digitales como analógicas fue a través del par de módulos AENTR como se muestra en la Figura 2.6.



**Figura 2.6 Topología de Ethernet en anillo para los módulos AENTR [12]**

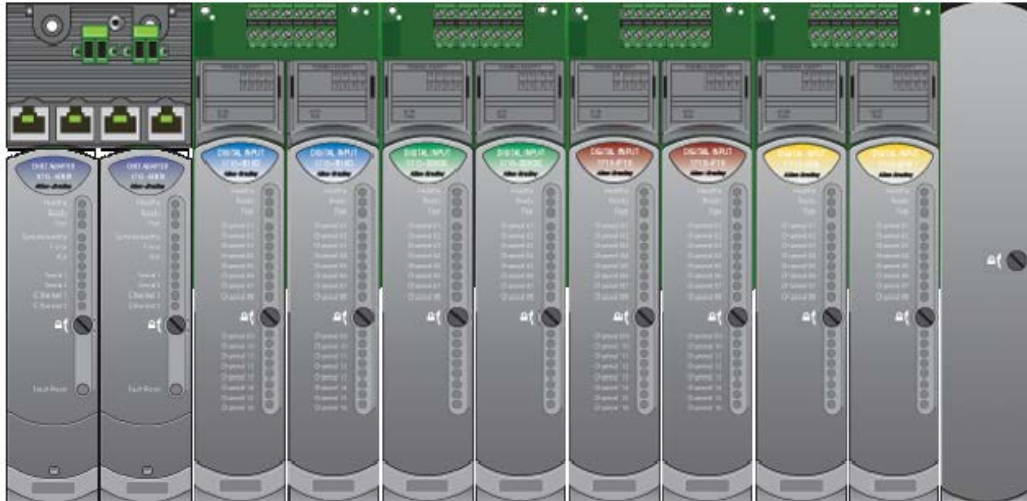
Los componentes y firmware del sistema de E/S redundante utilizados se indica en la Tabla 2.4, para la implementación del sistema la base principal fue el adaptador 1715-A2A para lograr la incorporación de los adaptadores AENTR. Posteriormente se ensambló los 3 adaptadores 1715-A3IO, luego se conectaron los adaptadores dúplex de E/S tanto digitales como analógicos y por último se acoplaron los módulos como se puede observar en la Figura 2.7.

**Tabla 2.4 Componentes utilizados para el sistema de E/S redundante**

Número de catálogo	Cantidad	Descripción	Firmware
1715-A2A	1	Adaptador base con 2 slots	--
1715-A3IO	3	Adaptador base para E/S con 3 slots	--
1715-AENTR	2	Adaptador "proxy" para el sistema redundante E/S	3.002
1715-TADIB16D	1	Adaptador para módulos de entradas digitales dúplex	3.001
1715-IB16D	2	Módulo de entradas digitales de 16 canales	--
1715-TADOB8DE	1	Adaptador para módulos de salidas digitales dúplex	--
1715-OB8DE	2	Módulo de salidas digitales de 8 canales	3.001
1715-TADIF16	1	Adaptador para módulos de entradas analógicas dúplex	--
1715-IF16	2	Módulo de entradas analógicas de 16 canales	3.001
1715-TADOF8	1	Adaptador para módulos de salidas analógicas dúplex	--
1715-OF8I	2	Módulo de salidas analógicas de 8 canales	3.001



Con el software de BOOT DHCP, se localizó la MAC del módulo AENTR con el propósito de cambiar la dirección IP de fábrica.



**Figura 2.7 Chasis del sistema E/S redundante**

### **2.3 Aplicación industrial simulada en factory i/o**

La aplicación industrial es la escena de ensamblaje digital del software factory i/o la cual es controlada por el chasis redundante, consiste en ensamblar tapas en bases. Las tapas y bases están dadas por dos bandas transportadoras independientes, mediante un brazo robótico de dos grados de libertad son ensamblarlas como se observa en la Figura 2.8.



**Figura 2.8 Escena de ensamblaje de piezas en factory i/o [13]**

La comunicación de factory i/o con el chasis redundante es mediante la dirección IP del PLC primario, con la finalidad que la comunicación sea exitosa entre ambas partes. En la Figura 2.9 se muestra el direccionamiento de los sensores y actuadores que conforman el proceso simulado, usando memorias internas para la programación del PLC. Según el fabricante de factory i/o los nombres de las variables deben tener un formato en específico como por ejemplo BOOL\_IN\_0, cabe mencionar que el formato de E/S es tanto en el software del entorno virtual en 3D como en el software de diseño para la programación del controlador.

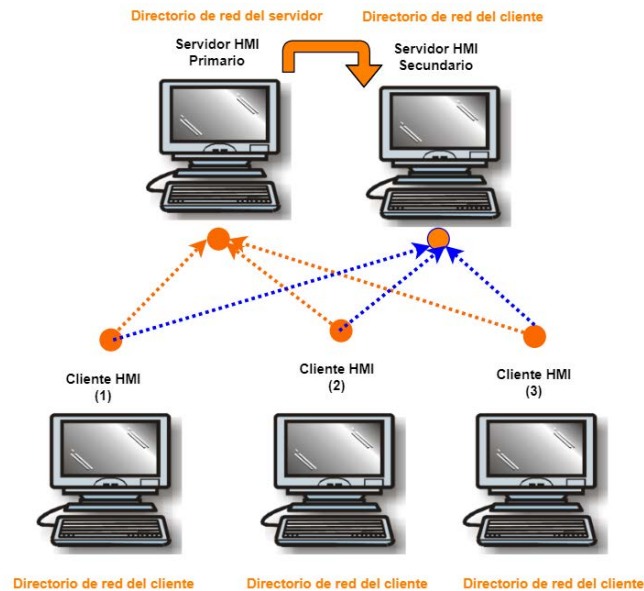
Host: 192.168.31.129			
Moving X	BOOL_IN_0	BOOL_OUT_0	Move X
Moving Z	BOOL_IN_1	BOOL_OUT_1	Move Z
Item detected	BOOL_IN_2	BOOL_OUT_2	Grab
Lid at place	BOOL_IN_3	BOOL_OUT_3	Lids conveyor
Lid clamped	BOOL_IN_4	BOOL_OUT_4	Clamp lid
Pos. at limit (lids)	BOOL_IN_5	BOOL_OUT_5	Pos. raise (lids)
Base at place	BOOL_IN_6	BOOL_OUT_6	Bases conveyor
Base clamped	BOOL_IN_7	BOOL_OUT_7	Clamp base
Pos. at limit (bases)	BOOL_IN_8	BOOL_OUT_8	Pos. raise (bases)
Part leaving	BOOL_IN_9	BOOL_OUT_9	Start light
Start	BOOL_IN_10	BOOL_OUT_10	Reset light
Reset	BOOL_IN_11	BOOL_OUT_11	Stop light
Stop	BOOL_IN_12	INT_OUT_0	Counter
Emergency stop	BOOL_IN_13		
Auto	BOOL_IN_14		
FACTORY I/O (Running)	BOOL_IN_15		

**Figura 2.9 Direcciones de sensores y actuadores en factory i/o [14]**

## 2.4 SCADA redundante

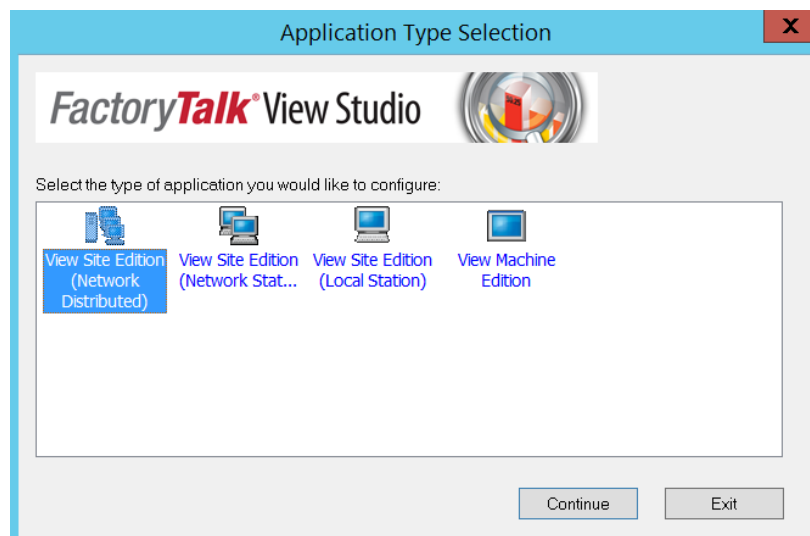
La aplicación del SCADA se realizó en el software FTV Studio instalada en máquinas virtuales con sistemas operativos Windows Server 2012, donde en el proyecto se configuró para mantener la sincronización de datos en el caso que el servidor primario no esté disponible el de respaldo se hará cargo. El cambio de servidor es desapercibido por los tres clientes configurados en máquinas físicas. La localización del directorio de FactoryTalk del servidor primario se configura como maquina local (localhost), mientras en las demás computadoras incluyendo al servidor secundario deben ser configurados con el instalado en el primario,

teniendo así un directorio en común entre las computadoras que conforman la red como se muestra en la Figura 2.10.



**Figura 2.10 Servidores y clientes HMI**

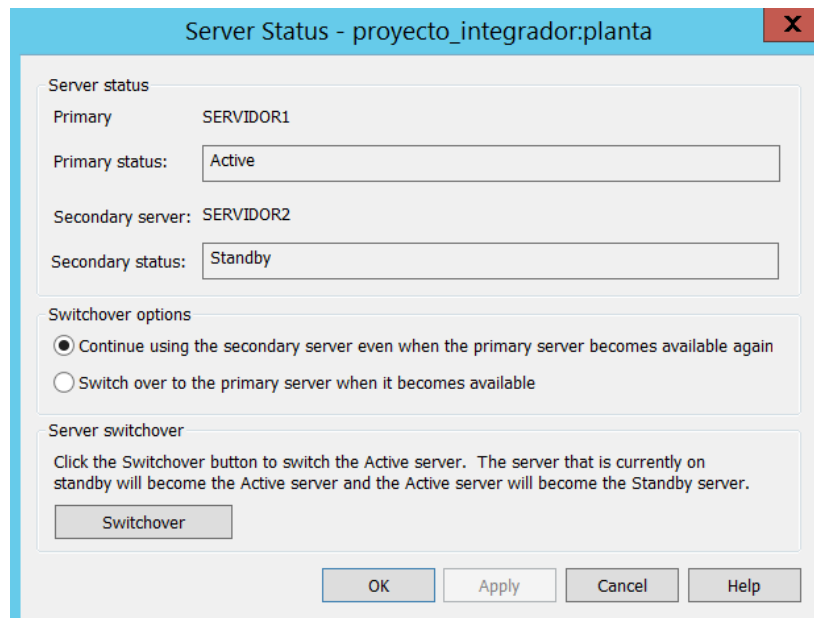
Para desarrollar la aplicación del SCADA se utiliza el software de FTV SE en una red distribuida como se muestra en la Figura 2.11, porque la redundancia de un servidor HMI y un servidor FactoryTalk Linx solo se realiza en esta configuración. En el proyecto se agregan los servidores ya mencionados anteriormente.



**Figura 2.11 Selección del tipo de aplicación en FTV Studio**

Mediante el software HMI Server Backup and Restore se realiza un respaldo del servidor HMI creado, luego en el servidor secundario se la procede a restaurar en la ruta donde por defecto se guardan los proyectos de HMI en SE. En las propiedades del servidor HMI de la computadora primaria se habilita la opción de cargar y ejecutar componentes de inicio cuando el sistema operativo se inicialice. Además, se proporciona la opción de redundancia utilizando un servidor secundario, para lo que es necesario buscar o escribir el nombre de la computadora que hará de servidor HMI secundario. En la opción de cambios se selecciona la alternativa de continuar con el servidor secundario en el caso que el primario vuelva a estar activo, para que permita la intervención del usuario a través del SCADA en la conmutación de los servidores.

El estado del servidor HMI puede ser monitoreada a través de la pantalla que se muestra en la Figura 2.12, donde la sincronización se realizó con éxito estando el primario activo mientras el secundario se encuentra en modo de espera. También el servidor FactoryTalk Linx puede ser monitoreado a través de una ventana similar al del servidor HMI.



**Figura 2.12 Estado del servidor HMI**

## 2.5 Reporte de alarmas

El diagrama de bloques que se muestra en la figura 2.13 está compuesta de la siguiente manera:

- *FTV SE (Network Distributed)*, permite mediante un servidor de alarmas y eventos con datos históricos vincular la base de datos de SQL server en las conexiones de este software. Además, crear etiquetas analógicas y digitales con los mensajes de alarmas que se desean mostrar en el reporte.
- *Microsoft SQL Server (2012)*, maneja la base de datos de las alarmas y eventos creados en FTV SE.
- *Java*, es el lenguaje de programación con la que se crea el ejecutable con extensión .JAR para que mediante una interfaz de usuario inicie sesión teniendo acceso a la base de datos.
- *Archivo en formato PDF*, es el documento digital donde se almacenan los mensajes de las alarmas que han ocurrido en la red industrial.



Figura 2.13 Diagrama de bloques para elaborar el reporte de alarmas

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan y analizan los resultados alcanzados en el sistema redundante, conformado principalmente por los chasis y SCADA redundante ante posibles fallas en los componentes primarios o secundarios que lo conforman.

### 3.1 Hardware

#### 3.1.1 HMI en el área de servomotores

En la Figura 3.1 se observa la primera área donde se creó el HMI en una pantalla PanelView Plus 1000 e instalada en un tablero junto con los servos drives (Kinetix 5700) y conectados a estos los servomotores. La comunicación de estos fue mediante EtherNet/IP™ conectados en estrella a un switch Stratix 5700 de seis puertos. La problemática en el área fue la comunicación del operario y el panel, porque necesitaba estar junto al equipo para cambiar los parámetros de la aplicación. Sin embargo, la interfaz creada en el panel también se lo realizó de manera idéntica en el SCADA para que cualquier falla del hardware o software del equipo se maximice la disponibilidad del proceso, dicho de otro modo, existe un respaldo de la aplicación del área de servomotores en el componente físico (PanelView) o mediante un software instalado en un computador.



Figura 3.1 Área de servomotores



### 3.1.2 Controlador redundante

En la Figura 3.2 se aprecia la segunda área donde se encontraban los chasis junto con los demás equipos que realizaban redundancia, instalados en un tablero didáctico. El tipo de comunicación que se desarrolló fue igual que la primera área, con la diferencia que la topología era en anillo mediante el uso de un switch Stratix 5700 con 18 puertos, que además permitió conectar otros dispositivos en estrella. El chasis controlaba el proceso simulado de ensamblaje en un entorno virtual en 3D.



Figura 3.2 Área de redundancia

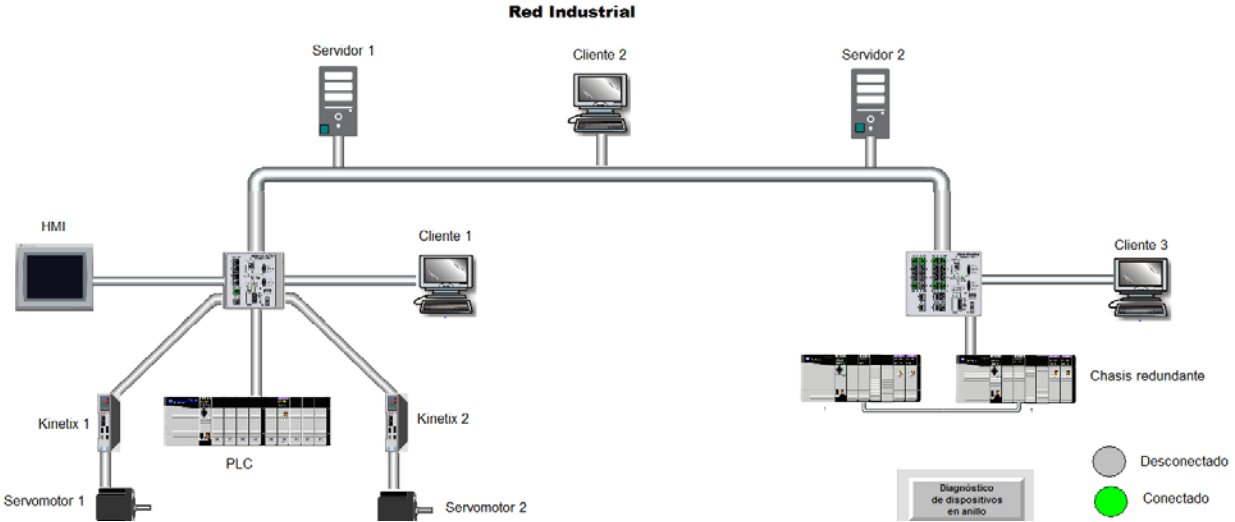
## 3.2 Software

Los tres clientes configurados a través de FTV SE Client en computadoras físicas podían simultáneamente controlar y monitorear la aplicación creada en FTV Studio. Además, la aplicación se inició ocupando toda la ventana del monitor, donde la pantalla inicial fue título del proyecto junto con una imagen de un proceso. A continuación, se explican las pantallas que conformaron la aplicación.

### 3.2.1 Monitoreo de la red industrial

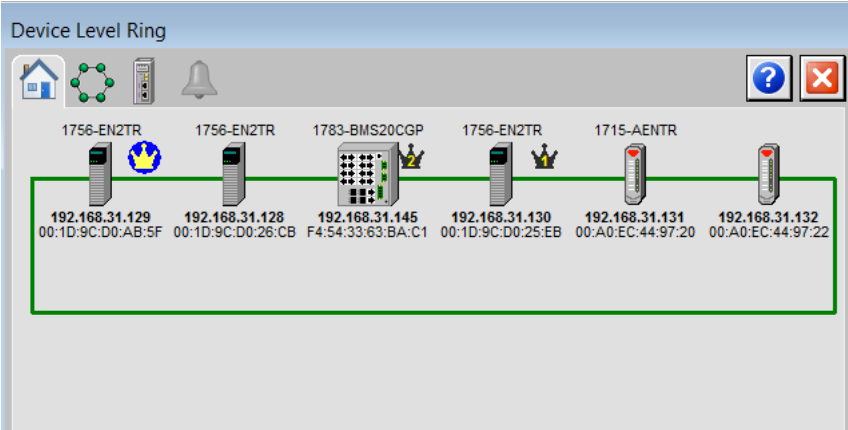
En el menú de la aplicación del SCADA, se pudo monitorear la red industrial de las conexiones de los elementos que la conformaron como se observa en la Figura 3.3, la mayoría de estos equipos eran conectados en estrella. En relación con el cambio de

color de las conexiones que los conformaban se manifestó el estado de estos, es decir, el color verde represento el estado activo de los equipos mientras el color plomo el estado de desconexión. Con respecto a la segunda área, los equipos estaban conectados en anillo por lo que se empleó una ventana emergente como se observa en la Figura 3.4, cuando se presionaba el botón de diagnóstico de estos dispositivos.



**Figura 3.3 Monitoreo de la red industrial**

En la Figura 3.4 se puede observar como se mostraba la IP del switch y los módulos de comunicación Ethernet/IP™ de los equipos que conformaban la red en anillo. Donde el manejo de la gama de color es similar en cuanto a actividad de conexión y desconexión en la red. Además, a través de otra pestaña se observó las características del switch conectado en el anillo.



**Figura 3.4 Ventana de diagnóstico de dispositivos en anillo**



### 3.2.2 Monitoreo de la redundancia del servidor HMI

En el menú de la aplicación del SCADA, existió una opción para monitorear el estado de los servidores HMI y FactoryTalk Linx redundante mediante mensajes y cambios de colores de los recuadros como se observa en la Figura 3.5, haciendo referencia a los servidores primarios y secundarios que lo conformaban. Además, permitió conmutar los roles de los servidores a través de un botón, es decir el rol del servidor activo cambió al de espera mientras el rol del servidor en espera se volvió activo.

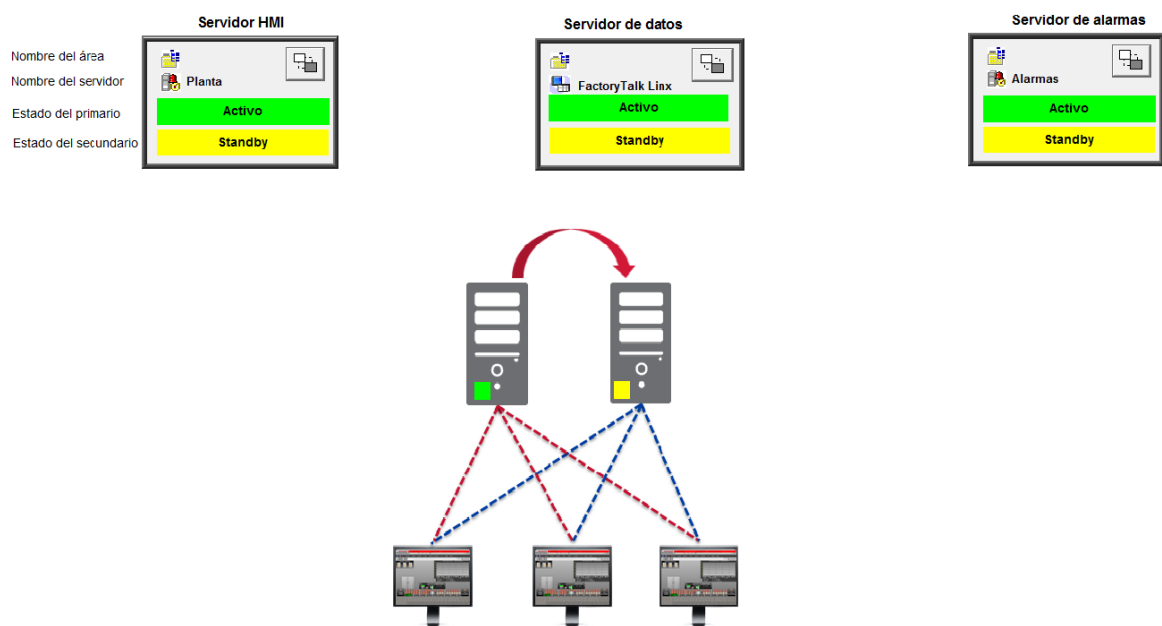
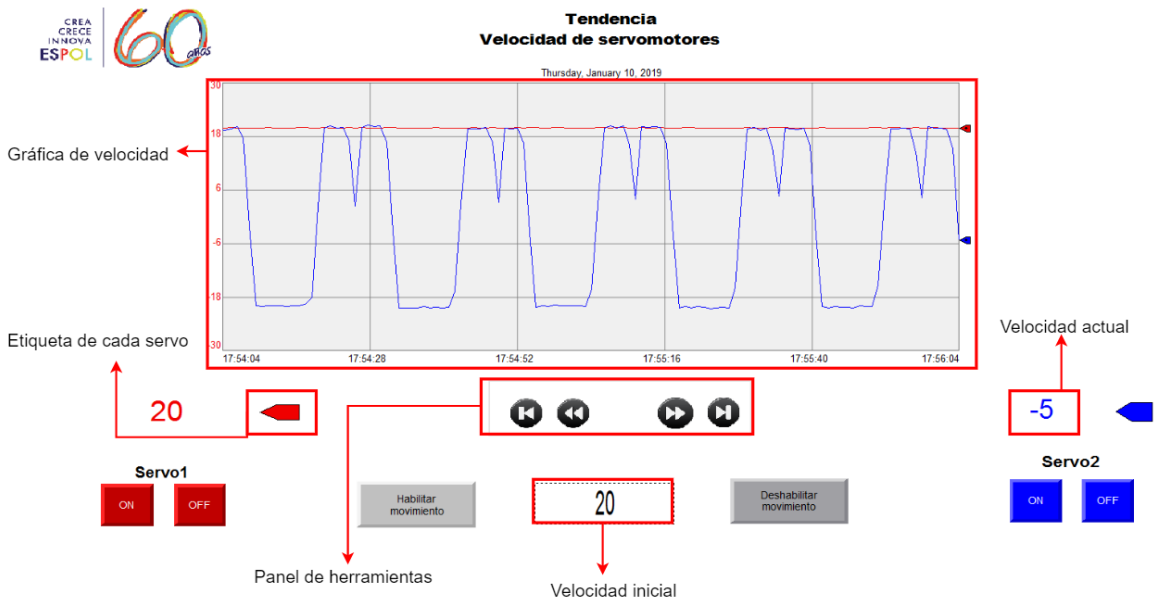


Figura 3.5 Estado de servidor HMI, datos y alarmas

### 3.2.3 Monitoreo y control del área de servomotores

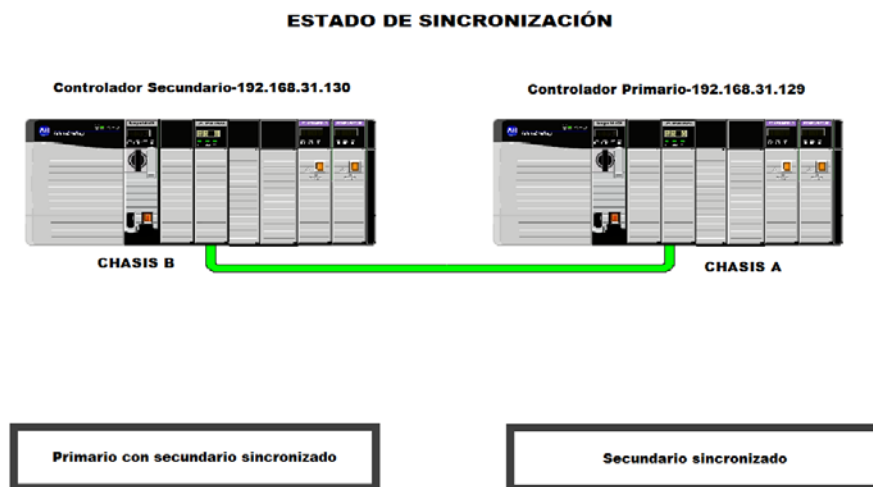
En el menú de la aplicación del SCADA, la tendencia y control de velocidad de los servomotores se visualizaron tanto en el PanelView como en la aplicación, referirse a las Figuras 3.1 y 3.6 respectivamente. Para esto se creó la pantalla junto con la asociación de variables del controlador en FTV ME, luego se importó el proyecto HMI a la red distribuida obteniendo la misma pantalla. A pesar de que el PanelView Plus (Hardware) estuvo apagado, se visualizó la gráfica y se modificó parámetros de los servos drives.



**Figura 3.6 Gráfico de tendencia de velocidad de servomotores**

### 3.2.4 Monitoreo del controlador redundante

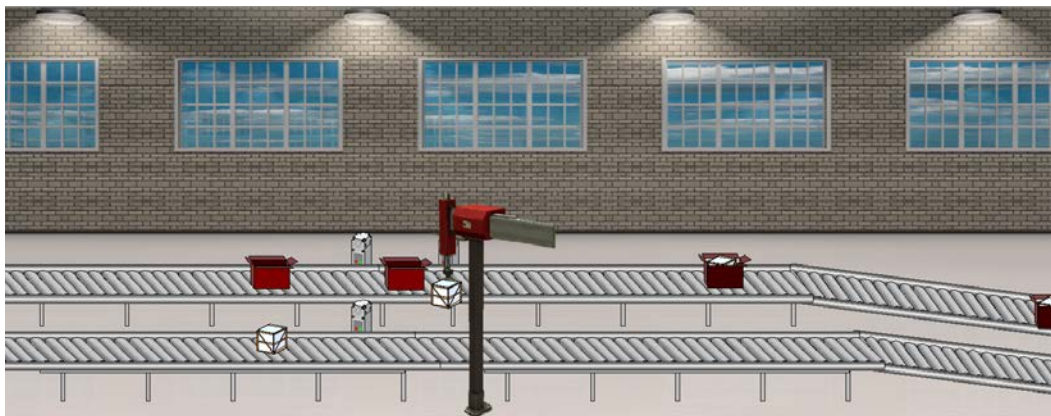
En el menú de la aplicación del SCADA, La sincronización del chasis redundante tanto del primario como secundario fueron mostrados mediante mensajes como se muestra en la Figura 3.7, el tiempo de sincronización fue de dos minutos aproximadamente. Además, se mostró la configuración en el que se encontraban operando el chasis A y B, es decir, cual chasis era primario o secundario y la IP asignada en cada controlador. Por último, la operatividad de estos fue mostrada a través del cambio de color del enlace de comunicación entre los dos chasis.



**Figura 3.7 Monitoreo del estado del chasis redundante**

### 3.2.5 Proceso simulado en el SCADA

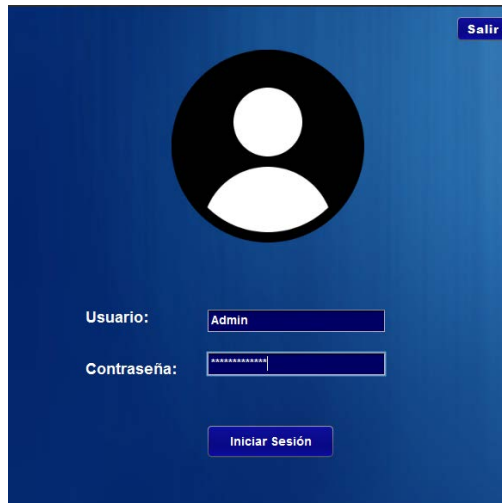
El proceso simulado de ensamblaje a través del SCADA fue realizado mediante una animación, este proporcionó una perspectiva de lo realizado en el proceso del entorno virtual en 3D. El proceso simulado de ensamblaje se observó en 3D y experimentó las diferentes posibilidades del desarrollo de este, es decir, en el entorno virtual se representó un proceso real sin la necesidad de tener los sensores, actuadores e infraestructura del proceso físico. Además, el software de simulación fue una alternativa para conocer los equipos que se necesitan en una línea de producción de ensamblaje de piezas.



**Figura 3.8 Proceso de ensamblaje monitoreado en el SCADA**

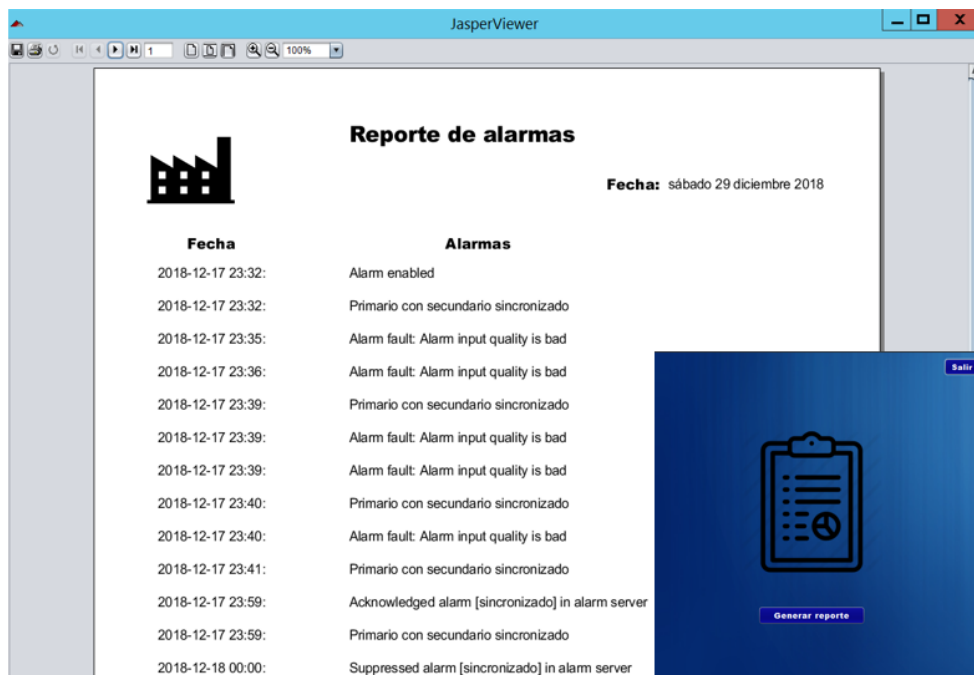
### 3.2.6 Aplicación para generar reporte de fallas

La aplicación fue desarrollada en el servidor primario, se utilizó una cuenta predefinida dándole importancia a la seguridad como se muestra en la figura 3.9, para ello se debió digitar correctamente tanto el usuario como la contraseña. Sin embargo, la cuenta no permitió ser modificada a través de la interfaz sino directamente del código fuente.



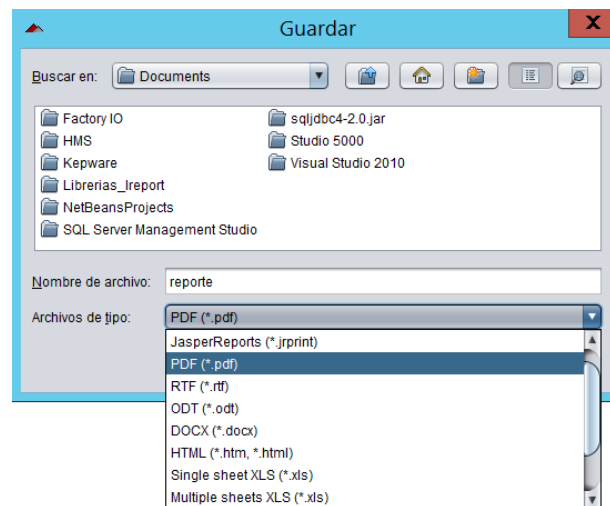
**Figura 3.9 Interfaz de ingreso para generar reporte de alarmas**

El inicio de sesión satisfactorio permitió mostrar la siguiente ventana de la aplicación, donde se escogió la opción de generar el reporte como se muestra en la Figura 3.10. Dicho de otra manera, la aplicación requiere el inicio de sesión mediante usuario y contraseña para posteriormente obtener las alarmas que fueron generadas por los equipos en la red industrial en un documento digital, para cerrar la aplicación se presionó el botón de salir.



**Figura 3.10 Reporte de alarmas generado**

El documento digital generado fue diferente a los formatos que por lo general se conocen. Sin embargo, en la barra de menú permitió guardar el archivo especificando la ruta y además seleccionar el tipo de formato de una lista desplegable como por ejemplo PDF o CSV, obsérvese la Figura 3.11.



**Figura 3.11 Formatos de archivos disponible para guardar el reporte**

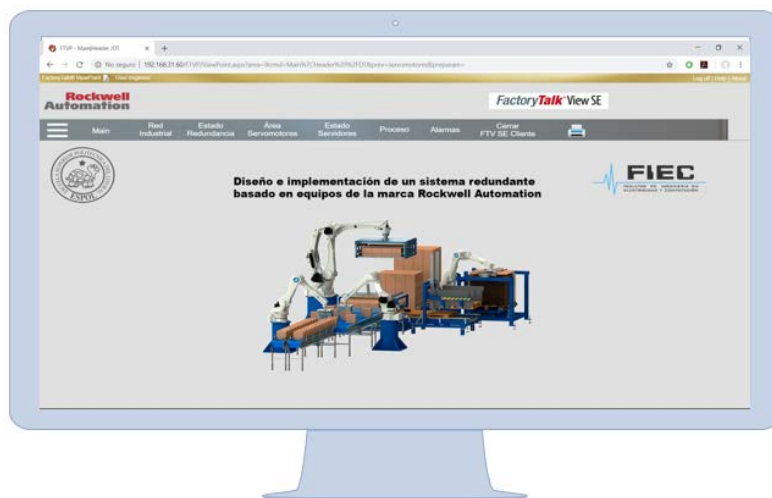
### **3.2.7 SCADA desde el navegador de dispositivos**

Múltiples navegadores accedieron simultáneamente a la aplicación creada en FTV SE (Distributed). Sin embargo, la cantidad de dispositivos fue limitada por la licencia adquirida para la activación de FTV Point, permitiendo 50 navegadores. Además, la seguridad del acceso al servidor web fue de acuerdo con los privilegios de la sesión iniciada, es decir, se configuró dos usuarios donde, uno permitió leer y modificar datos de las pantallas mientras que otro solo la lectura. Los dispositivos móviles conectados a la red o a través de una extensión de la red industrial, es decir, una Red Privada Virtual (VPN) observaron el SCADA, Figura 3.12, mediante el navegador ingresando la siguiente dirección URL, 192.168.31.60/FTVP/m.



**Figura 3.12 SCADA desde el navegador web de un celular**

Las computadoras mediante el navegador y conectadas a la red observaron el SCADA Figura 3.13, ingresando a la siguiente dirección URL, 192.168.31.60/FTVP.



**Figura 3.13 SCADA desde el navegador web de una computadora**

### **3.3 Análisis de costos**

La depuración causas por desperfectos en los controladores es más fácil realizarlo en los equipos de Rockwell Automation comparado con sistemas de otros fabricantes, debido a que por lo general para las líneas de producción requieren de un chasis de gama alta siendo este modular, por lo tanto, se pueden agregar o

quitar módulos de comunicación, módulos de entradas y salidas para adecuarlo a los requerimientos de la industria.

Además, el controlador redundante es ideal para industrias que requieren reducir ineficiencias en las líneas de producción ahorrando grandes cantidades de dinero, ya que al menos un controlador va a estar a cargo del proceso para mantener la producción. El costo de los equipos se muestra en la Tabla 3.1, para el desarrollo tanto del área de servomotores como redundante.

**Tabla 3.1 Análisis de costos**

Número de catálogo	Descripción	Cantidad	Precio por unidad	Precio total
1715-A2A	Adaptador base con 2 slots	1	\$ 558.00	\$ 558.00
1715-A3IO	Adaptador base para E/S con 3 slots	3	\$ 132.00	\$ 396.00
1715-AENTR	Adaptador "proxy" para el sistema redundante E/S	2	\$ 1,700.00	\$ 3,400.00
1715-IB16D	Módulo de entradas digitales de 16 canales	2	\$ 1,200.00	\$ 2,400.00
1715-IF16	Módulo de entradas analógicas de 16 canales	2	\$ 1,550.00	\$ 3,100.00
1715-OB8DE	Módulo de salidas digitales de 8 canales	2	\$ 944.00	\$ 1,888.00
1715-OF8I	Módulo de salidas analógicas de 8 canales	2	\$ 1,920.00	\$ 3,840.00
1715-TADIB16D	Adaptador para módulos de entradas digitales dúplex	1	\$ 330.00	\$ 330.00
1715-TADIF16	Adaptador para módulos de entradas analógicas dúplex	1	\$ 330.00	\$ 330.00
1715-TADOB8DE	Adaptador para módulos de salidas digitales dúplex	1	\$ 185.00	\$ 185.00
1715-TADOF8	Adaptador para módulos de salidas analógicas dúplex	1	\$ 235.00	\$ 235.00
1756-A7	Chasis del ControlLogix con 7 slots	3	\$ 481.00	\$ 1,443.00
1756-EN2T	Módulo EtherNet/IPTM 1 puerto	3	\$ 2,660.00	\$ 7,980.00
1756-EN2TR	Módulo EtherNet/IP™ 2 puertos	3	\$ 2,860.00	\$ 8,580.00
1756-IB16D	Módulo de 16 entradas digitales	1	\$ 578.00	\$ 578.00
1756-IF8IH	Módulo de 8 entradas analógicas	1	\$ 2,270.00	\$ 2,270.00
1756-L73	Controlador ControlLogix 8 MB	3	\$ 10,600.00	\$ 31,800.00
1756-OB16D	Módulo de 16 salidas digitales 24VDC	1	\$ 776.00	\$ 776.00
1756-OF8IH	Módulo de 8 salidas analógicas	1	\$ 2,296.00	\$ 2,296.00
1756-PA75	Fuente de alimentación	3	\$ 1,070.00	\$ 3,210.00

1756-PAR2	Fuente de Alimentación redundante	1	\$ 2,640.00	\$ 2,640.00
1756-RM2	Módulo Redundante	2	\$ 4,640.00	\$ 9,280.00
1756-RMC1	Cable de fibra óptica 1 m	2	\$ 159.00	\$ 318.00
1783-BMS20CGP	Switch Stratix 5700 18 puertos	1	\$ 3,070.00	\$ 3,070.00
VPL-A1001M-CJ12AA	Servo Motor	1	\$ 1,170.00	\$ 1,170.00
2711P-T10C4A9	PanelView Plus	1	\$ 4,380.00	\$ 4,380.00
1756-A10	Chasis con 10 slots	1	\$ 587.00	\$ 587.00
2198-H003-ERS	Servo drive Kinetix 5500	2	\$ 1,260.00	\$ 2,520.00
889P-M3AB-3	Cable con Piezas de Conexión	2	\$ 20.60	\$ 41.20
1783-BMS06TA	Switch Stratix 5700 de 6 Puertos	1	\$ 1,120.00	\$ 1,120.00
<b>Total</b>				<b>\$ 100,721.20</b>



# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- La red industrial conformadas por topologías en anillo y estrella permitió identificar mediante la supervisión de los equipos en cual sucede la perdida de comunicación.
- La redundancia del controlador en el proceso simulado de ensamblaje garantizó la disponibilidad de la producción ante posibles fallas de comunicación o factores imprevistos al chasis. Además, el monitoreo del controlador redundante se lo realizo con el fin de identificar el chasis primario y secundario, obteniendo la dirección IP configuradas.
- Como demuestran los resultados, se obtuvo un HMI tanto para el equipo físico como la aplicación del SCADA, la cual permitió que en el caso de alguna falla en el hardware existía un respaldo en software o viceversa.
- Se demostró que a través del servidor redundante se logró la disponibilidad en la supervisión y control de los equipos que conformaron la automatización del área de servomotores y redundancia.
- De acuerdo con los resultados obtenidos, las personas que desean monitorear la aplicación del SCADA pueden realizarlo a través del navegador de un celular o computadora, siempre que se encuentren conectados a la misma red de los equipos de automatización o a través de VPN porque se puede formar parte de la red sin la necesidad de conectarse físicamente. Sin embargo, debido a las limitaciones que presenta el software no se logró mostrar el estado de los servidores HMI y de datos a través del navegador.
- Se desarrolló un archivo ejecutable mediante programación orientada a objetos, vinculando una base de datos con el servidor de alarmas de FactoryTalk View SE para el almacenamiento en tiempo real de estas. Además, presentar las alarmas en formato PDF o CSV y respaldar en un documento digital los eventos suscitados en los equipos de la red industrial, lo que permite reportes actualizados y veraces.

- Los equipos y softwares de la marca Rockwell Automation permitieron la viabilidad y ejecución de manera ininterrumpida de un proceso industrial de ensamblaje simulado en un entorno virtual en 3D. Además, maximizar la disponibilidad de las computadoras que son utilizadas como servidores para el almacenamiento de la aplicación del SCADA, logrando el monitoreo continuo de la red industrial y el proceso simulado.

## **4.2 Recomendaciones**

- Revisión técnica de la red Ethernet antes de la implementación del proyecto, debido a que en ocasiones se presentan fallas de comunicación para evitar problemas en los enlaces entre los equipos.
- En primera instancia el servidor de las alarmas en FactoryTalk se deberá desarrollar y comprobar que funcionen sin aplicar redundancia, con el fin de simular los resultados y depurar la aplicación en el caso de ser necesario.
- A pesar de haber realizado redundancia en el controlador y en la aplicación del SCADA siendo estas las más importantes en la industria, también es necesario en el caso de replicar el proyecto efectuarlo en el software de la base de datos donde se almacenan las alarmas con el propósito de ejecutarlo en cualesquiera de los servidores.
- La capacidad de clientes que tienen acceso a la aplicación del SCADA es limitada por el grupo de trabajo de las computadoras, entonces para obtener más disposición de clientes conectados es necesario que tanto los servidores como los clientes formen parte de un dominio de la red.
- En el SCADA redundante para futuros trabajos es posible agregar el monitoreo y control de equipos cuyos fabricantes sean de otras marcas, para lo cual se necesita agregar la comunicación OPC e inclusive añadir la redundancia OPC que posee el servidor FactoryTalk redundante de Rockwell.
- En el ámbito a nivel industrial es importante conocer el tipo de licencia en los softwares, ya que algunas veces los programas los requieren e incluso son adquiridos de manera individual y dependiendo de esto permite realizar un cierto tipo de proyecto y configuraciones. Además, hacer uso de licencia originales según la ley de Propiedad Intelectual.

- El reporte de alarmas debe ser considerado por las personas responsables del mantenimiento de los equipos al tomar decisiones, debido al grado de confiabilidad de este reporte.
- Las últimas actualizaciones de los softwares de Rockwell Automation pueden representar una gran importancia al momento de elaborar un proyecto de automatización, ya que en algunos casos las versiones más recientes poseen características, y funciones que las anteriores no contaban, así como correcciones de errores.
- Si bien la inversión económica del proyecto está relacionada con la calidad de los equipos de la marca Rockwell Automation, se debe considerar estudios complementarios de la ubicación idónea del proceso a controlar en la planta industrial.

# BIBLIOGRAFÍA

- [1] W. Cheng, F. Yushuan, y X. Deyun. (2014). *Computer integrated manufacturing*. [En línea]. Disponible en: <http://www.simflow.net/publications/books/cimie-part1.pdf>. [Accedido: Noviembre 8, 2018].
- [2] SMC International Training. (2017). *Automatización*. [En línea]. Disponible en: <https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/311>. [Accedido: Noviembre 8, 2018].
- [3] F. Pablo y M. Javier. (2007). *Arquitectura Integrada*. [En línea]. Disponible en: [https://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1569/Ponencia\\_ROCKWELL\\_SI\\_2.pdf](https://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1569/Ponencia_ROCKWELL_SI_2.pdf). [Accedido: Noviembre 16, 2018].
- [4] E. Fábregas. (2009, May. 21). *EtherNet/IP*. [En línea]. Disponible en: [http://automata.cps.unizar.es/conferencias/rockwell/EtherNetIP\\_210509.pdf](http://automata.cps.unizar.es/conferencias/rockwell/EtherNetIP_210509.pdf). [Accedido: Noviembre 16, 2018].
- [5] Rockwell Automation Inc. (2018, febr.). *FactoryTalk View Site Edition User's Guide*. [En línea]. Disponible en: [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/viewse-um006\\_-en-e.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/viewse-um006_-en-e.pdf). [Accedido: Noviembre 17, 2018].
- [6] Rockwell Automation Inc. (2018). *FactoryTalk View Site Edition Installation Guide*. [En línea]. Disponible en: [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/viewse-in003\\_-en-e.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/viewse-in003_-en-e.pdf). [Accedido: Noviembre 17, 2018].
- [7] Rockwell Automation Inc. (2018). *FactoryTalk ViewPoint Quick Start Guide*. [En línea]. Disponible en: [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/qs/ftvp-qs002\\_-en-e.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/qs/ftvp-qs002_-en-e.pdf). [Accedido: Noviembre 18, 2018].
- [8] Rockwell Automation Inc. (2018, Ago. ). *ControlLogix Redundancy*. [En línea]. Disponible en: [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um535\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um535_-en-p.pdf). [Accedido: Noviembre 19, 2018].
- [9] N. I. Sucunuta Lozada y O. G. Castro Torres, “*Automatización y control de un proceso de destilación de alcohol crudo y etílico por medio de un pac controllogix, con redundancia en control y comunicación, usando rslogix 5000 v16 e intouch 10.0*”, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, 2012.

- [10] AVEVA. (2015, Jun.). *Redundant Server System*. [En línea]. Disponible en: [https://www.citect.aveva.com/webhelp/vijeo750/Content/Redundant\\_server\\_system.html](https://www.citect.aveva.com/webhelp/vijeo750/Content/Redundant_server_system.html). [Accedido: Noviembre 17, 2018].
- [11] Real games (2006). *Acerca de FACTORY I/O*. [En línea]. Disponible en: <https://factoryio.com/docs/>. [Accedido: diciembre 15, 2018].
- [12] Rockwell Automation, Inc. (2018, Oct.). *Redundant I/O System*. [En línea]. Disponible en: [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1715-um001\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1715-um001_-en-p.pdf). [Accedido: Noviembre 8, 2018].
- [13] Real games (2006). *Assembler*. [En línea]. Disponible en: <https://factoryio.com/docs/manual/scenes/assembler/>. [Accedido: Diciembre 15, 2018].
- [14] Real games (2006). *Assembling with a CompactLogix*. [En línea]. Disponible en: <https://factoryio.com/docs/tutorials/allen-bradley/sample-logix5000/>. [Accedido: Diciembre 16, 2018].

# APÉNDICES

# APÉNDICE A

## Manual para usuario del sistema redundante propuesto

### Introducción

Las plantas industriales buscan automatizar los procesos de producción para aumentar la productividad y el aprovechamiento de los recursos. Sin embargo, en la actualidad los componentes de la automatización interrumpen parcial o totalmente el proceso, lo que ha generado cuantiosas pérdidas económicas e incluso riesgos laborales. El proyecto se lo realizó en un proceso simulado de ensamblaje para que la supervisión y control de la red industrial continúen siempre disponible en caso de fallas de los equipos de automatización.

Dicho de otro modo, realizar redundancia con equipos primarios y secundario para posibles fallas por hardware, software o fuente de alimentación de los componentes que lo conforman. Cabe mencionar que la mayoría de los equipos y softwares utilizados fueron de la marca de Rockwell Automation, los softwares estaban situados en máquinas virtuales con Windows Server 2012 (servidores). Sin embargo, el proceso simulado en un entorno virtual en 3D junto con los clientes del SCADA se ejecutó en máquinas físicas.

Además, en el servidor primario estaban tanto la aplicación para generar reportes de fallas como el servidor web para realizar reportes de las alarmas de los componentes de la automatización y mediante los navegadores de los dispositivos conectados a la red industrial acceder al SCADA respectivamente.

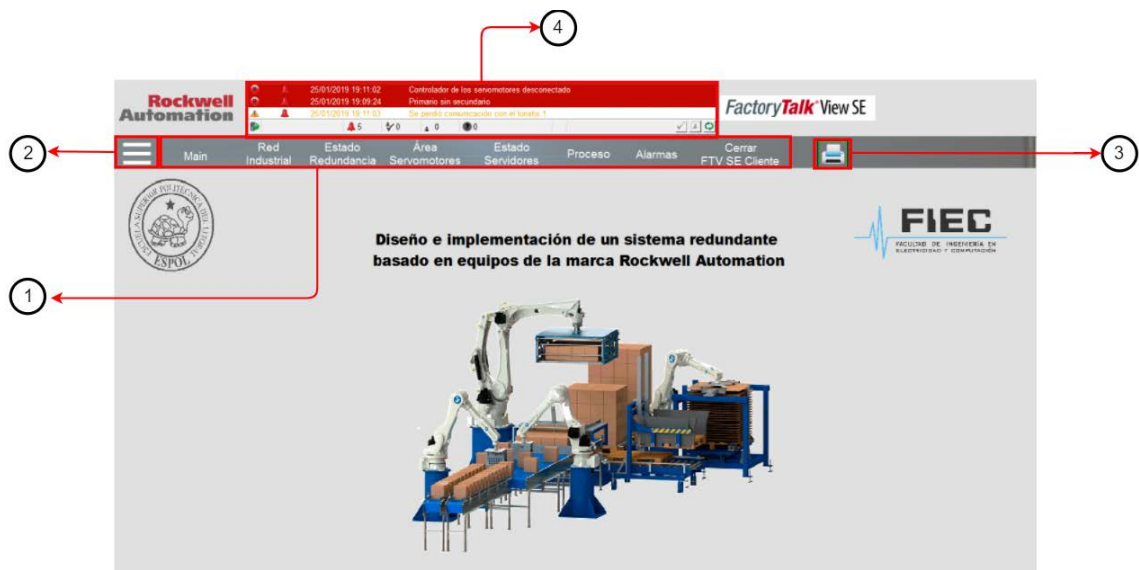
## Características

- Máquinas virtuales utilizando el software VMware Workstation.
- Sistema gestor de base de datos mediante Windows SQL Server 2012 para almacenar en tiempo real las alarmas de los equipos de la red industrial.
- Sistema operativo Windows Server 2012 para la administración de la red industrial.
- Sistema operativo Windows 7 para los clientes del SCADA.
- Desarrollo de la programación de los PLCs ControlLogix a través de Studio 5000 v31.
- Desarrollo del SCADA a través de FactoryTalk View Studio 10.0.
- Servidor web del SCADA realizada en FactoryTalk View Point 10.0 para el acceso de dispositivos conectados a la red a través de navegadores web.
- Configuración de múltiples usuarios del SCADA por medio de FactoryTalk View Client 10.0.
- Proceso simulado de ensamblaje a través de un entorno virtual 3D del software Factory I/O v2.3.
- Aplicación para generar reportes de alarmas mediante programación orientada a objetos (java), mediante la plataforma NetBeans IDE 8.2.
- Diagnóstico de los dispositivos conectados en anillo en el SCADA gracias a DLR faceplate V3.02 proporcionado por el fabricante.
- SCADA redundante en los servidores virtuales configurados como primario y secundario para el monitoreo y control en caso de fallas de hardware o software.
- Controlador redundante con PLCs ControlLogix para el control de un proceso simulado de ensamblaje en un entorno virtual en 3D.
- Respaldo de la interfaz de una pantalla HMI en el SCADA cuando se presenten fallas en el hardware o software del equipo.



## Descripción general

En la Figura 1 se muestra la ventana principal del SCADA cuando es iniciada desde el cliente, contiene el título del proyecto junto con el logotipo de la universidad y la facultad. Además, es posible abrir otras ventanas a través de la barra de menú.



**Figura 1 Pantalla de inicio del SCADA**

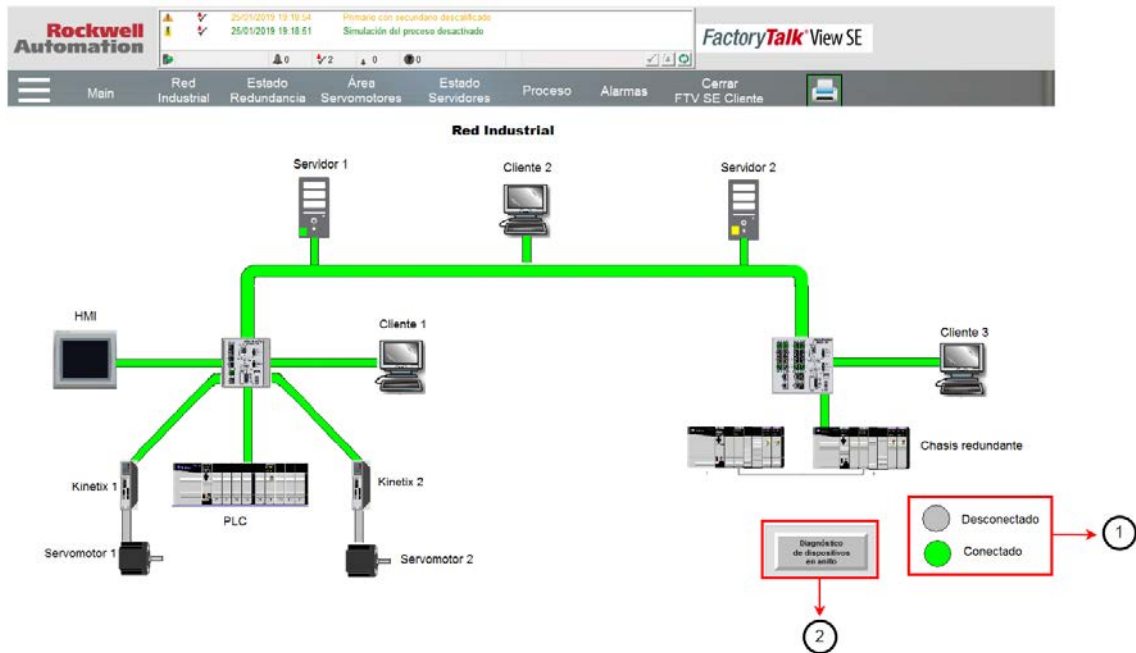
Las partes de la pantalla principal del SCADA están enumeradas. Con esto se quiere decir, que la descripción de estas se encuentra en la Tabla 1.

**Tabla 1 Componentes de la pantalla principal del SCADA**

Componente	Descripción
1. Barra de menú	Opción para visualizar las pantallas del SCADA.
2. Menú de navegación	Contiene un historial de las pantallas que se han abierto.
3. Imprimir	Al presionar el icono captura la pantalla para luego guardarlo en formato PDF.
4. Banner de alarmas y eventos	Se visualiza máximo cuatro alarmas y eventos suscitados.

La segunda pantalla es el monitoreo de la conexión y desconexión de los dispositivos de la red industrial como se muestra Figura 2, donde se tiene las siguientes propiedades:

- (1) La gama de colores del estado de los dispositivos.
- (2) Botón para el diagnóstico de dispositivos en anillo.

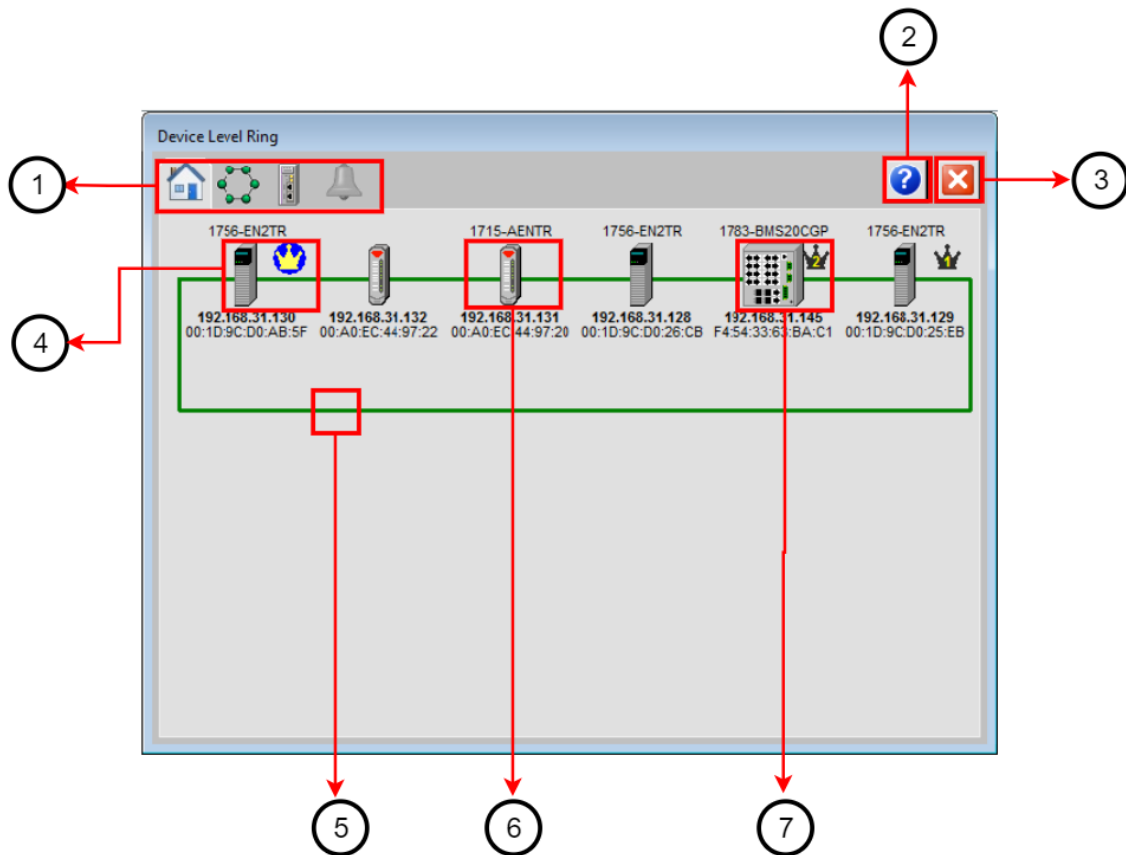


**Figura 2 Pantalla de la red industrial del SCADA**

Al presionar el botón de diagnóstico se muestra la Figura 3, esta pestaña proporciona la interconexión e información detallada de los dispositivos en anillo de la red de manera gráfica. En la siguiente tabla se describe la pestaña principal DLR.

**Tabla 2 Componentes de la pantalla de inicio de los dispositivos en anillo**

Componente	Descripción
1. Barra de menú	Botones de navegación a través de las pestañas DLR.
2. Ayuda	Contiene un historial de las pantallas que se han abierto.
3. Cerrar	Cerrar las ventanas de diagnóstico.
4. Supervisor del anillo activo	Es el encargado de manejar el tráfico de la comunicación y recolectar información de la red en anillo.
5. Conexión de los dispositivos	Enlace del estado de conexión de los dispositivos.
6. Participante del anillo	Encargado de procesar los datos transmitidos y extender la información al siguiente nodo de la red en anillo.
7. Supervisor de respaldo del anillo	Opera como un nodo más de la red en anillo, sin embargo, al no estar presente el supervisor primario este suplirá la función.

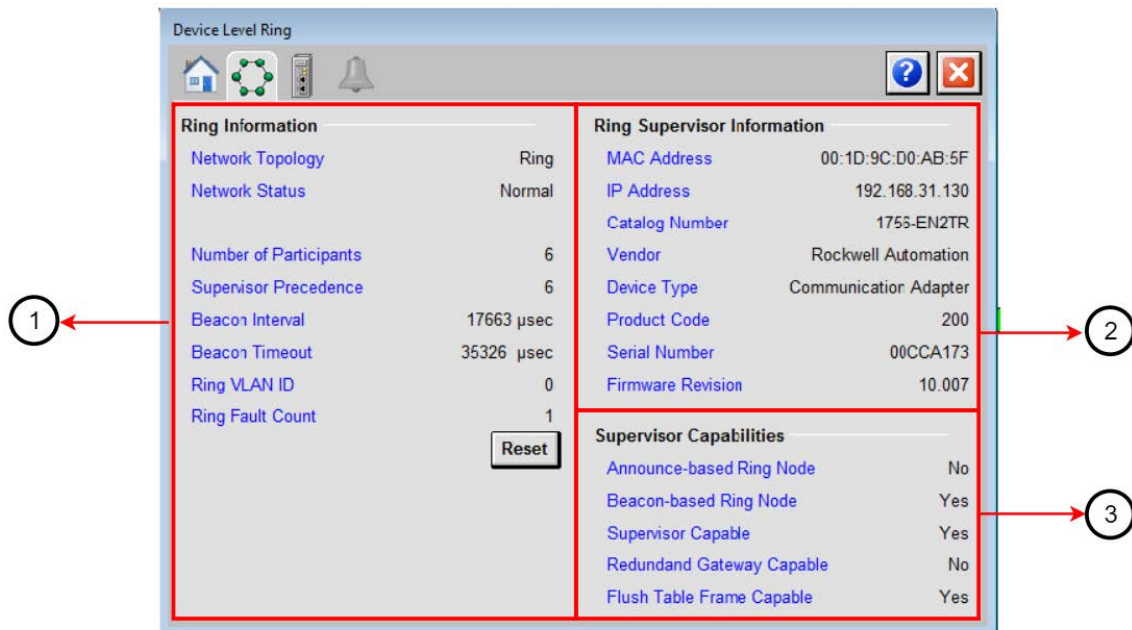


**Figura 3 Pantalla de inicio de dispositivos en anillo**

La siguiente ventana detalla información acerca de la red en anillo, así como las características del supervisor.

**Tabla 3 Componentes de la pantalla de información de la red anillo**

Componente	Descripción
1. Información del anillo	Indica el tipo y estado de la red. Además, se visualiza el número de participantes del anillo siempre que al menos de estos se encuentra configurado como supervisor.
2. Información del supervisor del anillo	Detalla la información del dispositivo configurado como supervisor como por ejemplo la dirección MAC, dirección IP, numero de catálogo, el tipo de dispositivos y el firmware.
3. Capacidades del supervisor	Muestra las capacidades que posee un supervisor DLR.

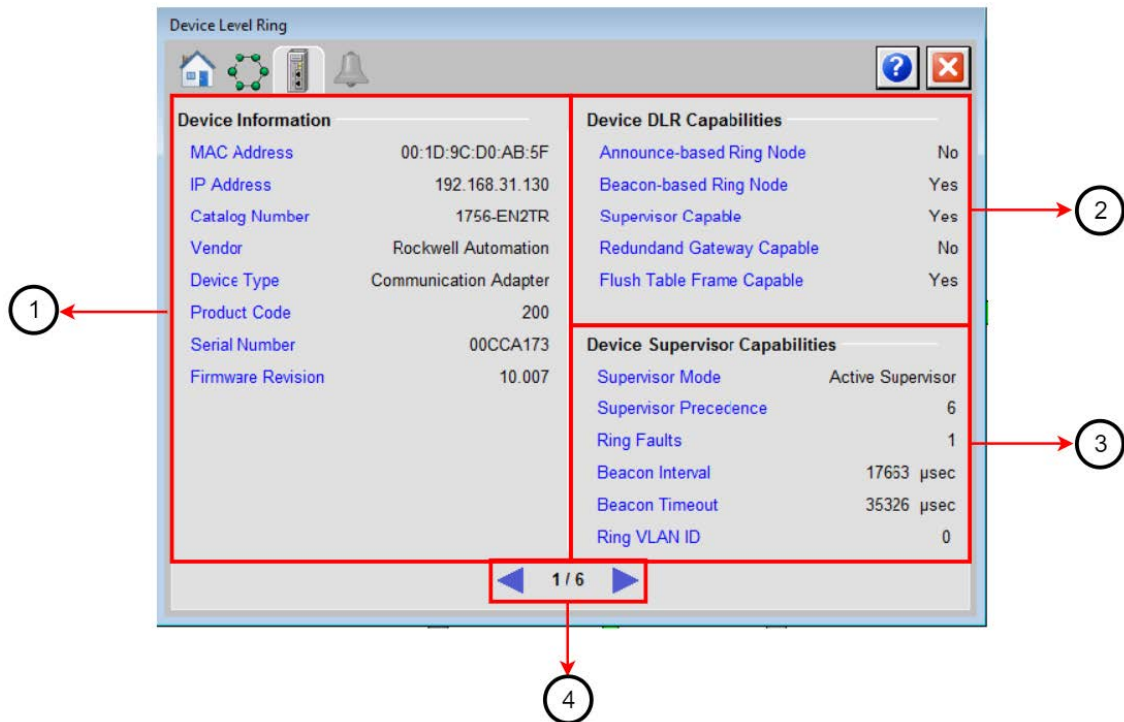


**Figura 4 Pantalla de información del supervisor DLR**

Otra ventana muestra el detalle de los dispositivos de la red en anillo e inclusive mostrar si fue configurado como supervisor.

**Tabla 4 Componentes de la pantalla de información de los dispositivos en anillo**

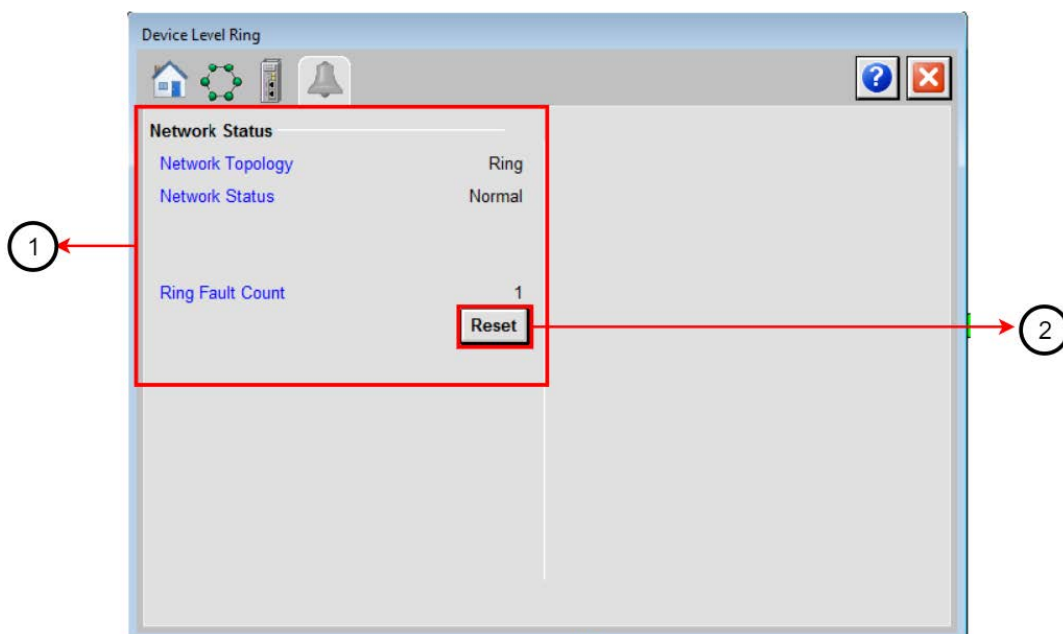
Componente	Descripción
1. Información del dispositivo	Detalla la información del dispositivo que conforma la red en anillo como por ejemplo la dirección MAC, dirección IP, número de catálogo, el tipo de dispositivos y el firmware.
2. Capacidades del dispositivo DLR	Contiene un historial de las pantallas que se han abierto.
3. Dispositivo supervisor	Cerrar las ventanas de diagnóstico.
4. Desplazamiento	Permite conocer la información de todos los dispositivos de la red. Además, muestra la cantidad total de dispositivos, la cantidad máxima que puede estar presente es de 38 para que el programa cumpla con su funcionalidad.



**Figura 5 Ventana de información de dispositivos de la red en anillo**

La última ventana es de alarmas de la red en anillo como se muestra en la Figura 6, donde:

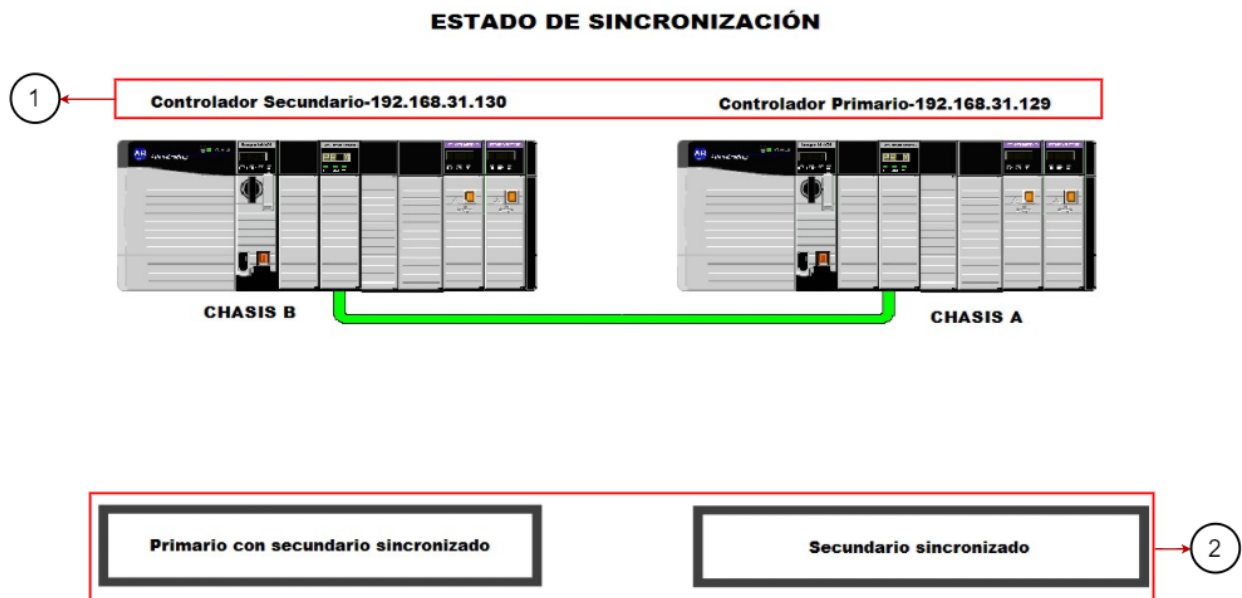
- (1) El estado de la topología de la red.
- (2) Botón reset del contador de fallas de la red en anillo.



**Figura 6 Ventana de alarmas DLR**

La tercera pantalla es el estado del controlador redundante como se muestra en la Figura 7, se tiene las siguientes características del chasis redundante:

- (1) La dirección IP y la configuración de cada controlador.
- (2) El estado de sincronización de los controladores.



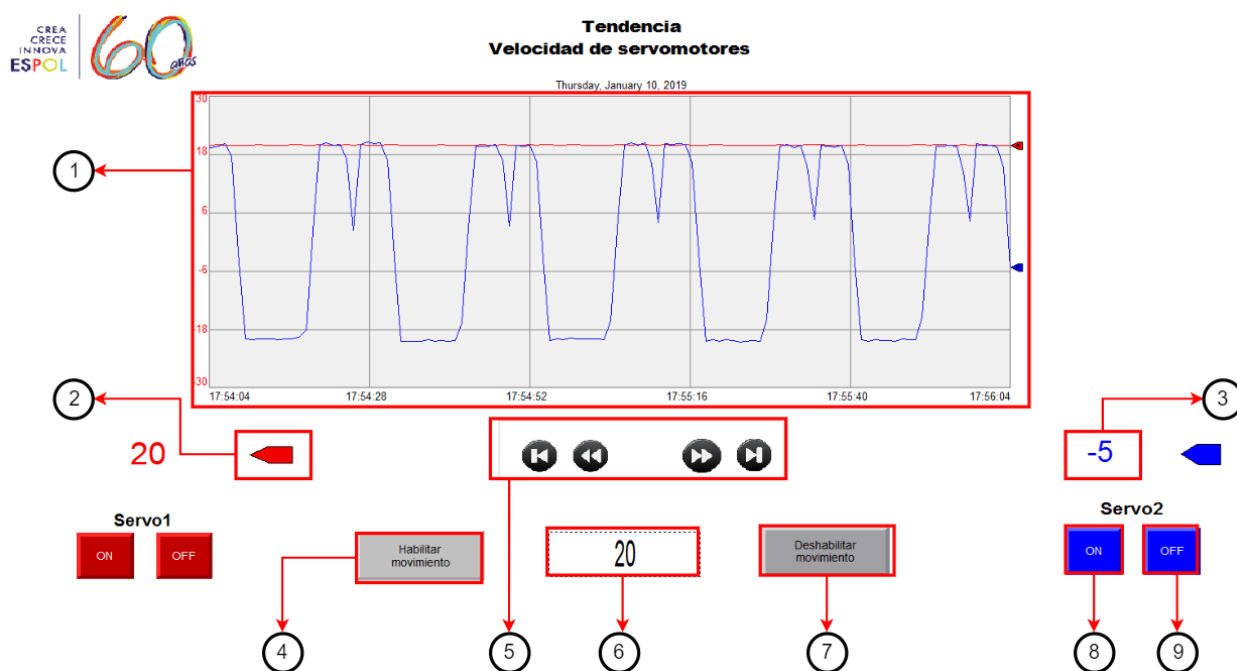
**Figura 7 Pantalla del estado del chasis redundante**

La cuarta pantalla corresponde a la gráfica de tendencia de velocidad de servomotores del área respectiva como se muestra en la Figura 8.

**Tabla 5 Componentes de la pantalla de tendencia de velocidad de servomotores**

Componente	Descripción
1. Gráfica de velocidad	Permite visualizar la velocidad en RPM de los servomotores acorde a la etiqueta correspondiente.
2. Etiqueta	Identifica a los servos en la gráfica, es decir, el color rojo es la velocidad del servomotor 1 mientras que el azul es del servomotor 2.
3. Velocidad actual	Representa la velocidad del servomotor en RPM, si el movimiento es en contra de las manecillas del reloj es negativo caso contrario positivo.
4. Habilitar movimiento	Acciona el campo magnético del servomotor.
5. Panel de herramientas	Permite conocer el historial de velocidad.
6. Velocidad inicial	Es la velocidad predefinida del servomotor 1, mientras que la velocidad del servomotor 2 se le aumenta 10 RPM a la que se.

7. Inhabilitar movimiento	El campo magnético del servomotor es inhabilitado.
8. Encendido	Proporciona movimiento al servomotor con la velocidad inicial establecida.
9. Apagado	Permite cesar el movimiento del servomotor.



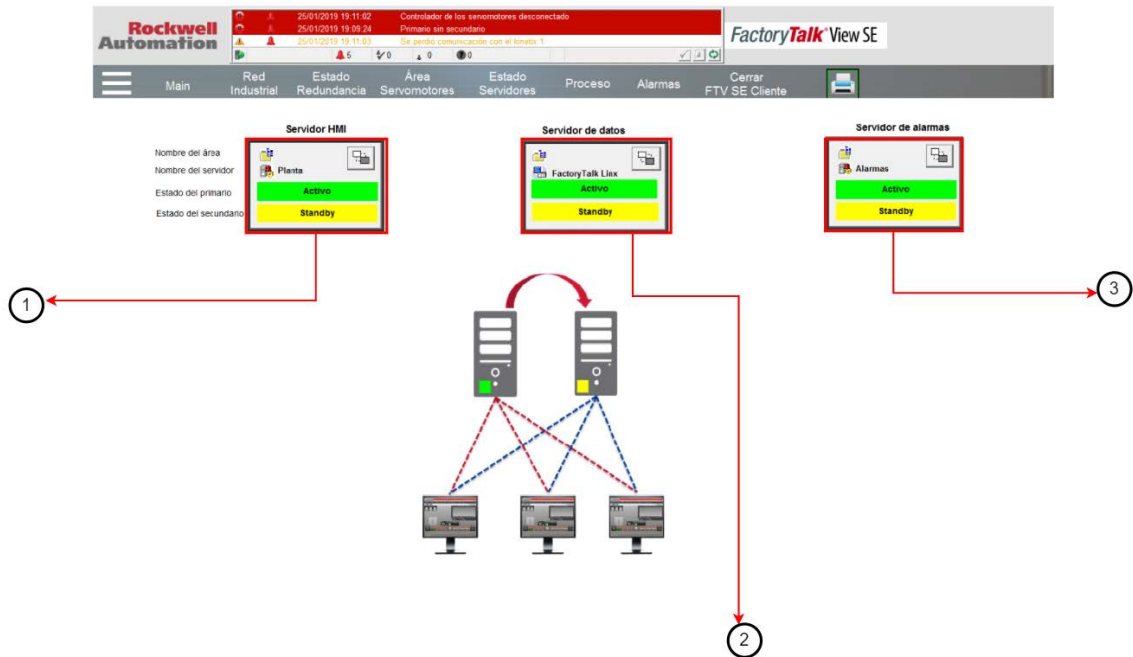
**Figura 8 Pantalla de la tendencia de velocidad de servomotores**

La quinta pantalla es el estado de los servidores configurado como redundante tales como el nombre del área, del servidor en el proyecto de FTV SE, así como el estado del servidor primario y secundario.

**Tabla 6 Componentes de la pantalla del estado de servidores**

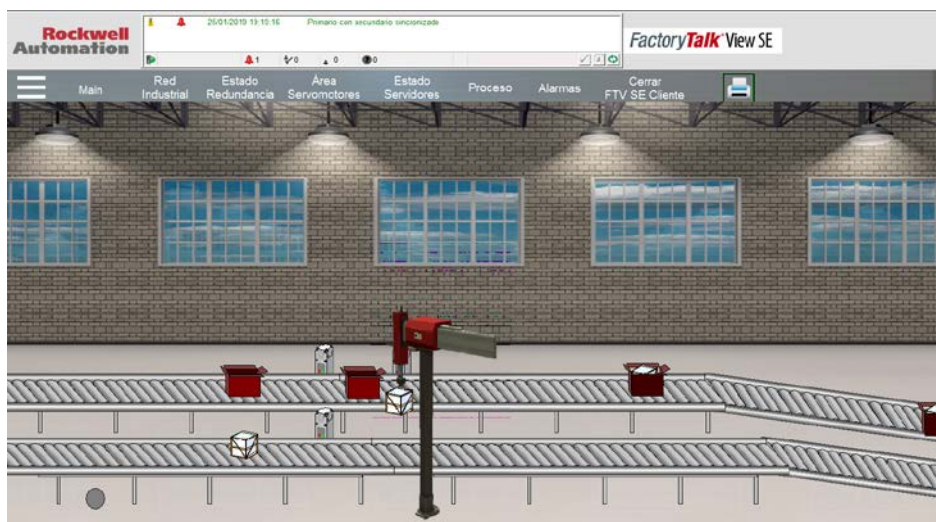
Componente	Descripción
1. Servidor HMI	Es el proyecto que contiene todos los gráficos, pantallas, recetas, entre otras para un área definida de un sistema HMI.
2. Servidor de datos	Se encarga de enviar y recibir desde una fuente de datos, en este caso la fuente es el controlador.
3. Servidor de alarmas	Permite la disponibilidad de información de alarmas desde los controladores y servidores hacia el sistema HMI.





**Figura 9 Pantalla de monitoreo de servidores HMI, datos y alarmas**

La sexta pantalla como se muestra en la Figura 10, es la animación del proceso a través de movimientos similares a la del proceso virtual.



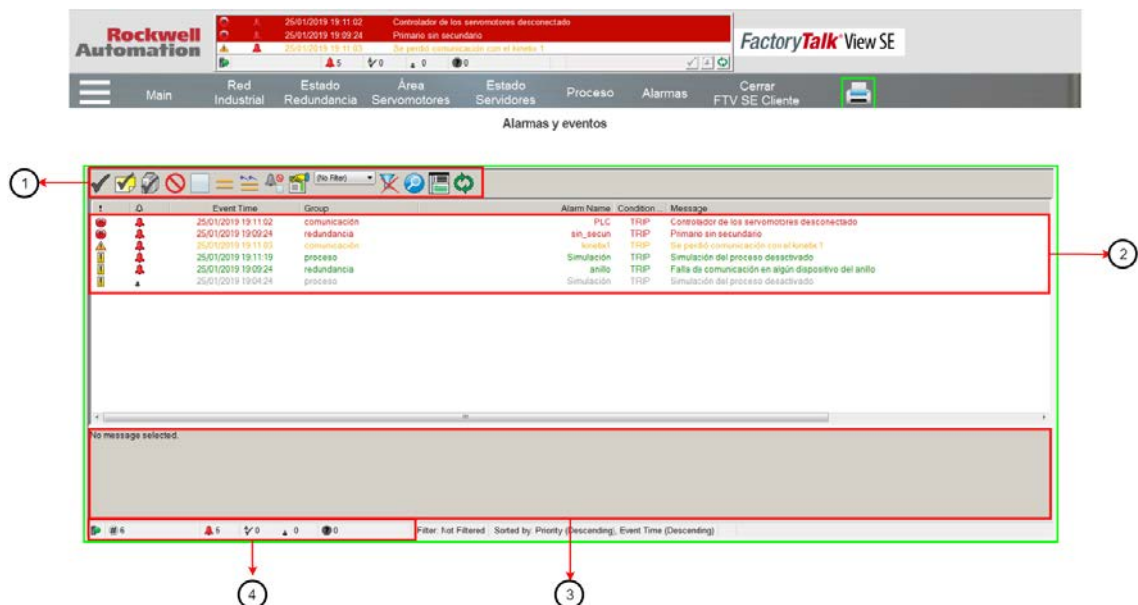
**Figura 10 Pantalla de monitoreo del proceso simulado**



La séptima pantalla es el monitoreo de las alarmas que se presentan tanto en la comunicación de los equipos como en la red industrial.

**Tabla 7 Componentes de la pantalla de alarmas y evento del SCADA**

Componente	Descripción
1. Barra de herramientas	Las acciones más importantes son filtrar las alarmas por el grupo y reconocer las alarmas para que ya no aparezcan por pantalla. Además, permite la actualización de las alarmas y silenciar las alarmas en caso de que se requiera.
2. Eventos y alarmas activas	Muestra las características de las alarmas tales como el mensaje configurado, la fecha en el cual se activó, el grupo al que pertenece y el tipo de alarma sea este bajo, medio o alto.
3. Detalle de alarma seleccionada	Muestra detalles de la alarma seleccionada tales como la prioridad, la fecha en que se registró la alarma y el valor actual de la alarma.
4. Barra de estado de alarmas	Permite visualizar el estado de las etiquetas de las alarmas y de los servidores. Además, la cantidad de alarmas reconocidas y las que se normalizaron.



**Figura 11 Pantalla de alarmas y eventos configurados**

## Cargar programación al controlador redundante

1. Abrir el software Studio 5000 v31, en la barra de herramienta seleccionar “File” y luego clic en “Open”, se realiza este procedimiento para abrir el proyecto de “redundancia”.

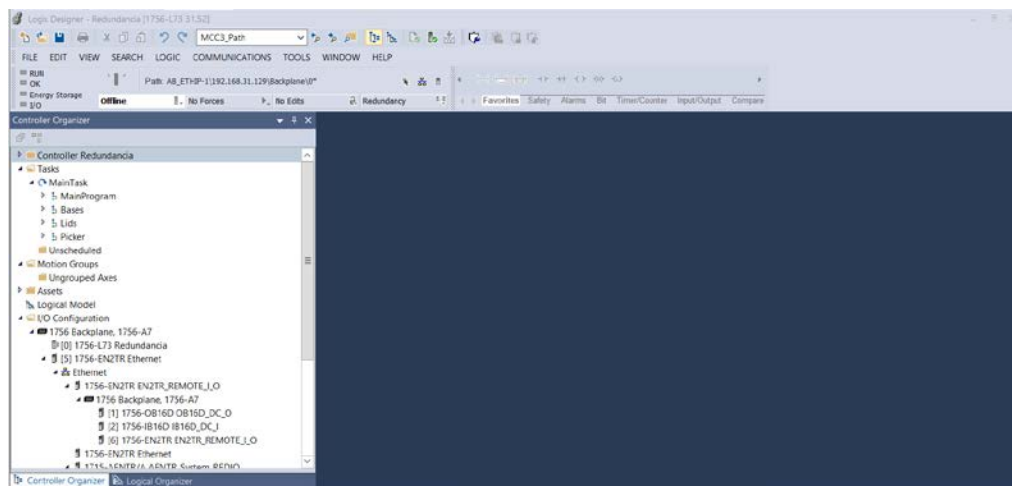


Figura 12 Software Studio 5000 v31

2. En la sección de “I/O Configuration” se muestran los equipos y módulos a utilizar, estos deben conectarse a la red Ethernet IP™ y a los chasis respectivamente.

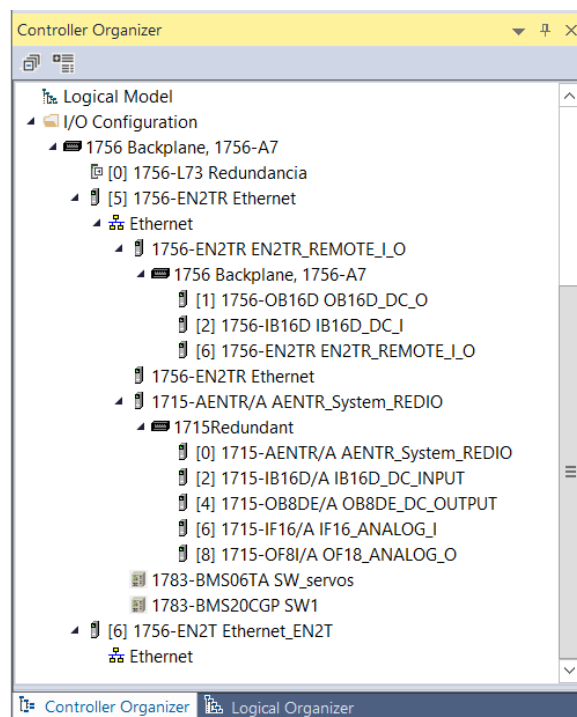
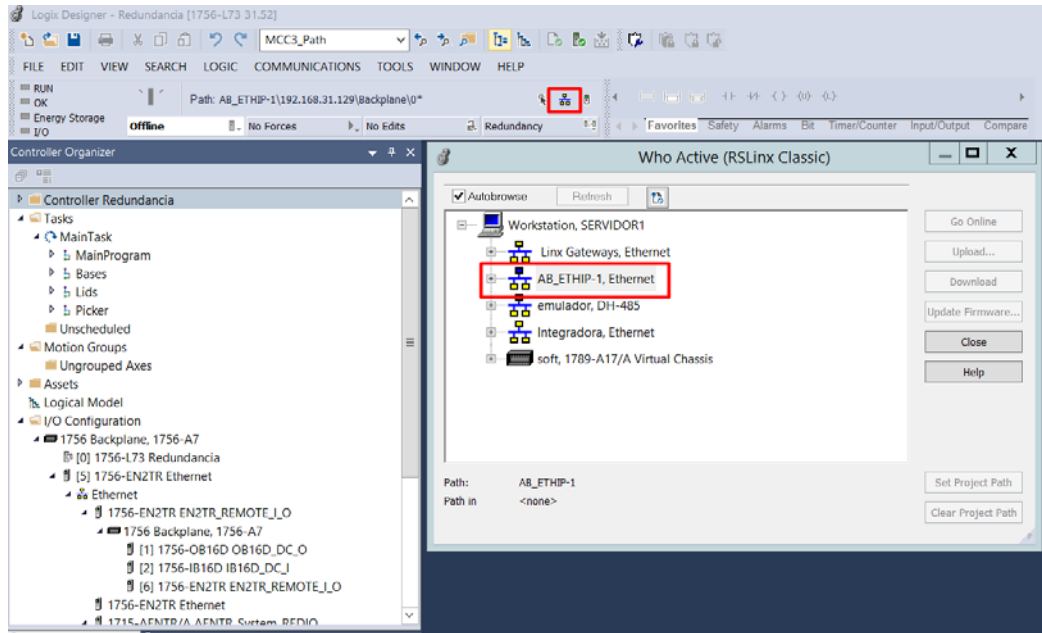


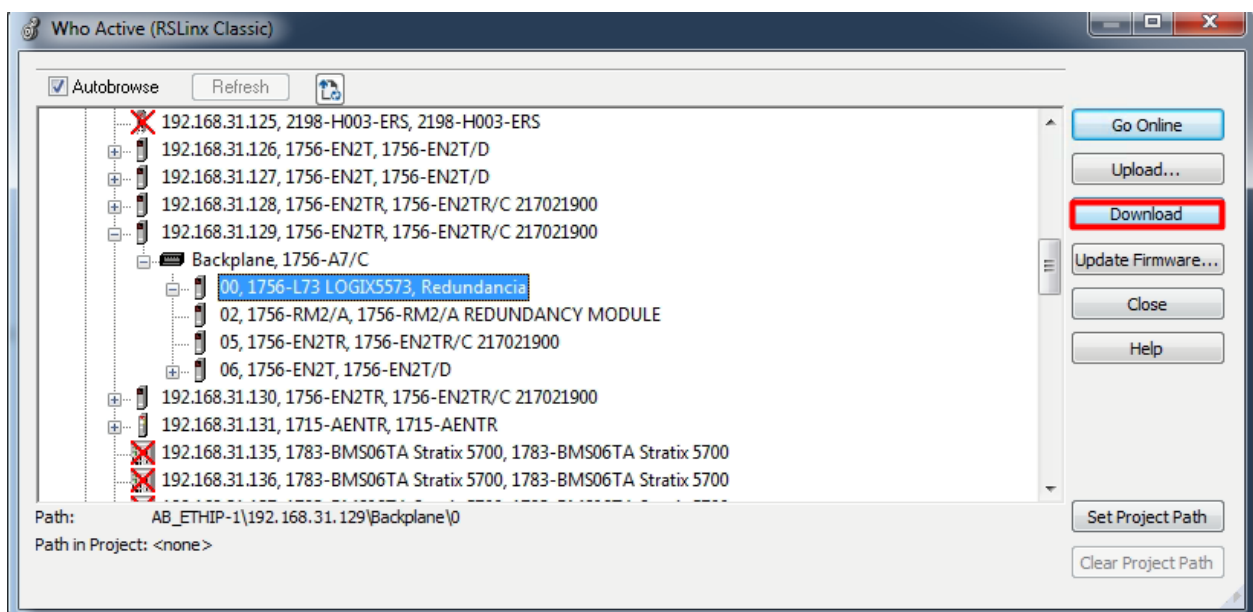
Figura 13 Software Studio 5000 v31

3. En la barra de herramienta se debe seleccionar “RSWho” para distinguir el tipo de comunicación a utilizar y consecutivamente crear la ruta de acceso donde se cargará la programación.



**Figura 14 Ventana de RsLinx Classic en Studio 5000**

4. Por último, buscar la IP del controlador primario y dar clic en “Download” para cargar la programación el controlador.



**Figura 15 Cargar programación al PLC**

# Restaurar proyecto en FactoryTalk View Machine Edition

- 1. Ejecutar el programa "Application Manager".



Figura 16 Software Application Manager de Rockwell

- 2. Se muestra la siguiente ventana donde se escoge el tipo de aplicación, en este caso seleccionar "Machine Edition".

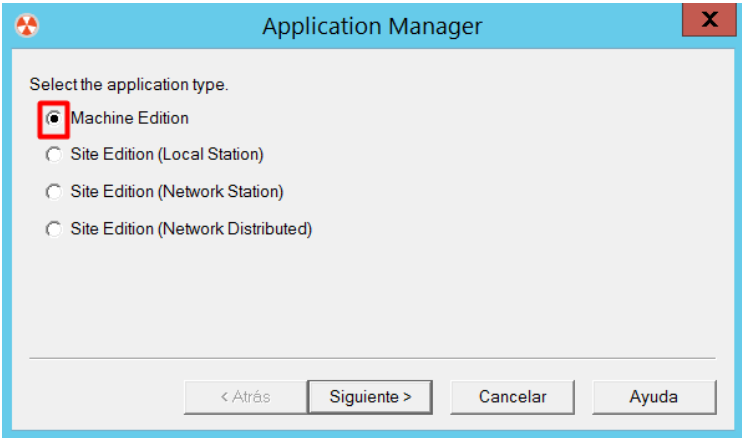
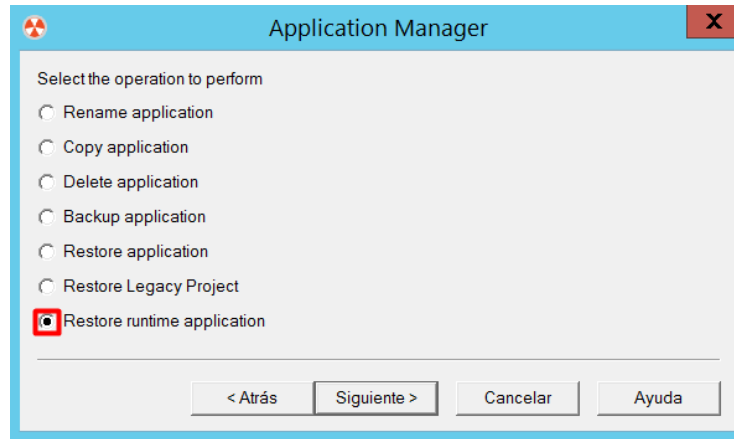


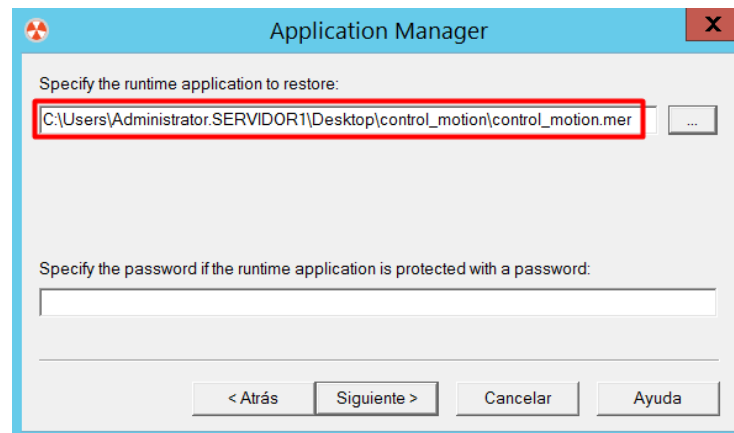
Figura 17 Tipo de aplicación de FactoryTalk View

3. Luego, nos aparecerá la siguiente ventana para escoger la acción a realizar elegimos “Restore runtime application” debido a que el archivo tiene una extensión MER.



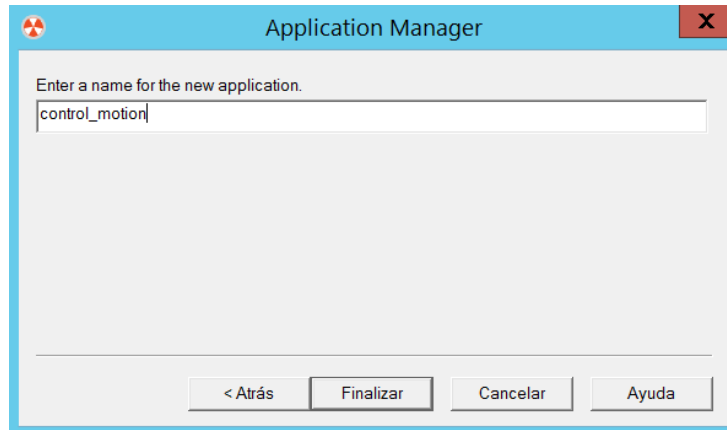
**Figura 18 Selección de las alternativas de la aplicación**

4. En la siguiente ventana se debe especificar la ruta donde se encuentra el archivo a restaurar.



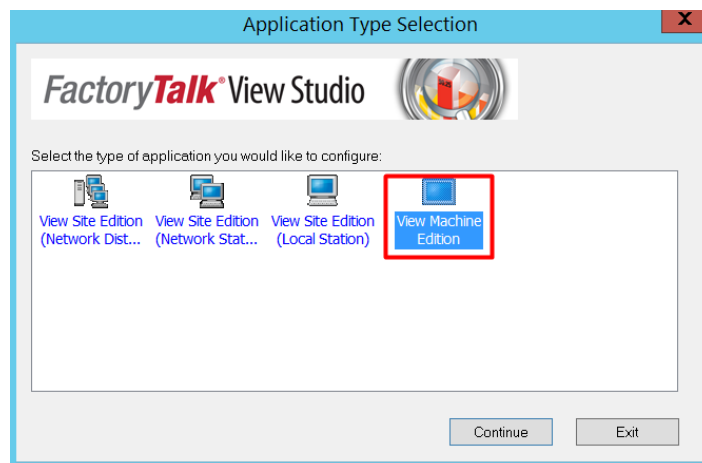
**Figura 19 Ruta del archivo de FTV ME**

5. Para finalizar, se debe asignar un nombre a la aplicación el cual aparecerá en el software FactoryTalk View Studio.



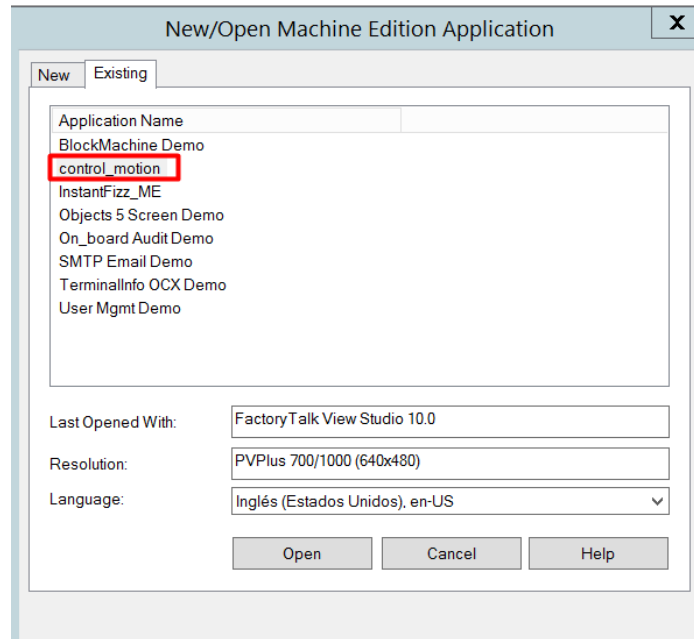
**Figura 20 Asignación del nombre de la aplicación Proyecto en FactoryTalk View Machine Edition**

1. Ejecutar el software FactoryTalk View Studio y escoger la aplicación “View Machine Edition” debido a que es un proyecto para una pantalla PanelView.



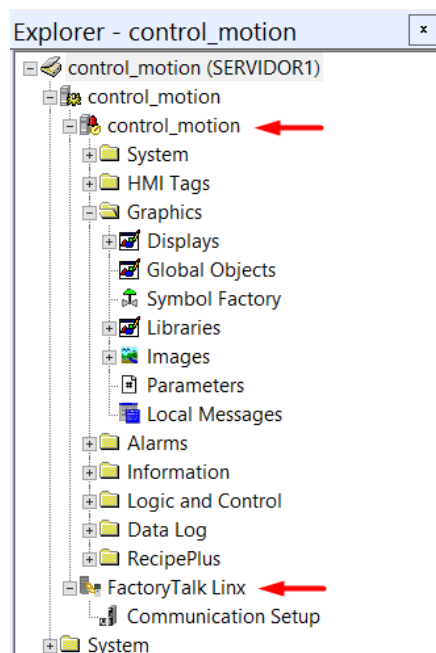
**Figura 21 Aplicación en FactoryTalk View Studio**

2. Aparecerá la siguiente ventana, escoger la pestaña “Existing” seleccionar y abrir el proyecto de ME que se restauró en pasos anteriores.



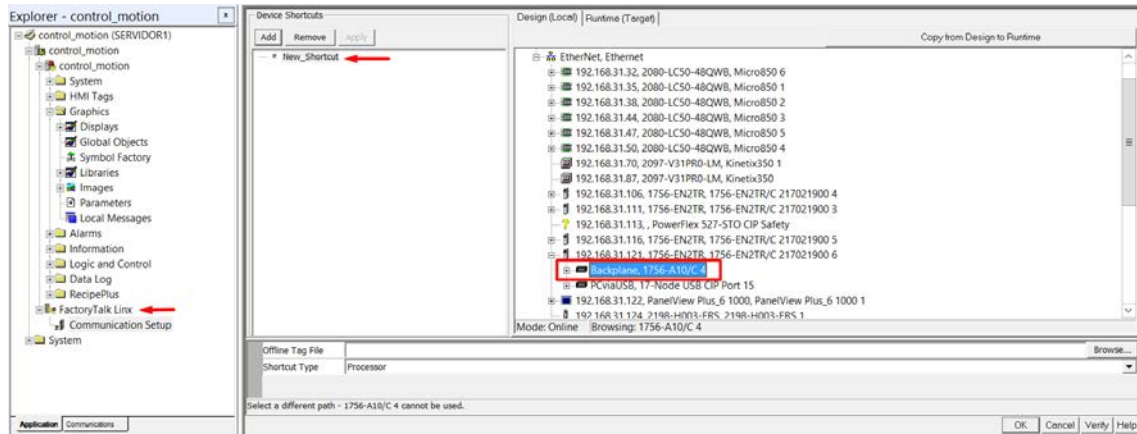
**Figura 22 Proyectos en FactoryTalk View Machine Edition**

3. En el explorador del proyecto se puede observar el proyecto HMI “control\_motion” en el cual están alojadas las pantallas, etiquetas, imágenes entre otras. Además, el servidor de datos “FactoryTalk Linx” donde se configura el acceso directo a las variables alojado en la programación del PLC.



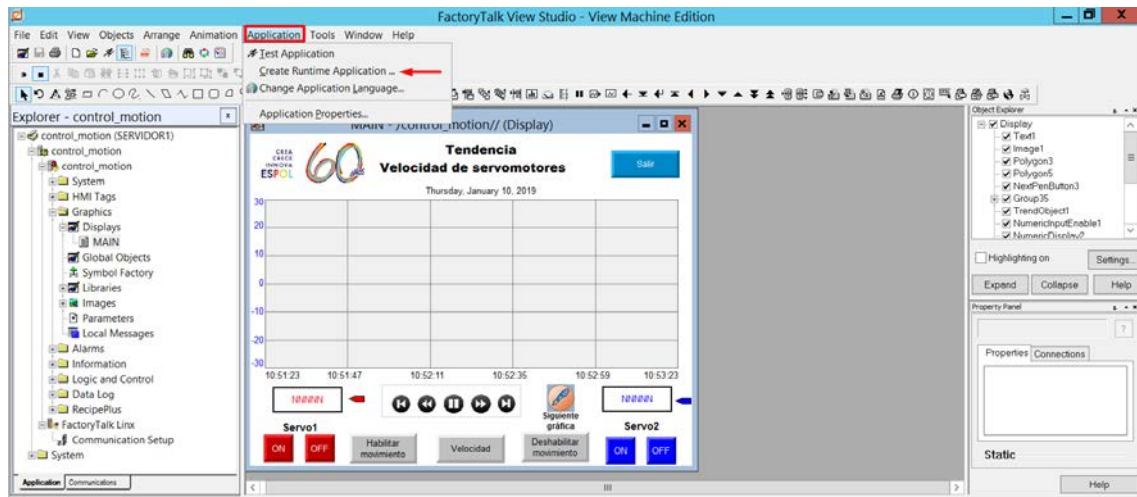
**Figura 23 Explorador del proyecto en FTV ME**

- En el servidor de datos se establece la ruta de las variables del controlador, se debe seleccionar “comunicación setup” para después dar clic en “New\_Shortcut”. En la pestaña “Design (Local)” escoger la opción EtherNet y buscar la IP del controlador de los servomotores. Por último, dar clic en “Copy from Design to Runtime”.



**Figura 24 Comunicación en FTV ME**

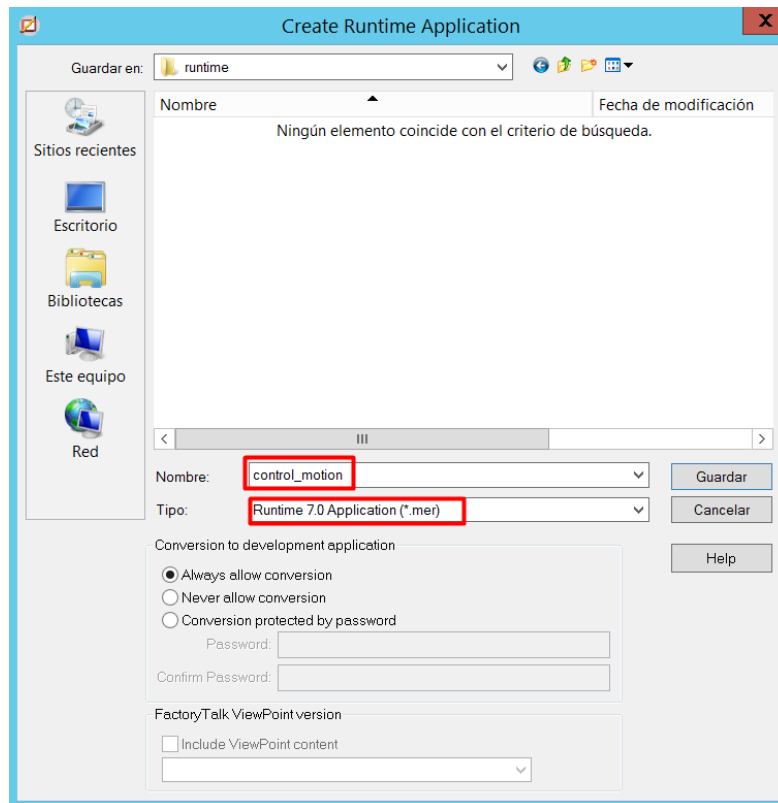
- En la barra de herramientas escoger la opción “Application”, luego dar clic en “Create Runtime Application”.



**Figura 25 Crear aplicación para el PanelView**

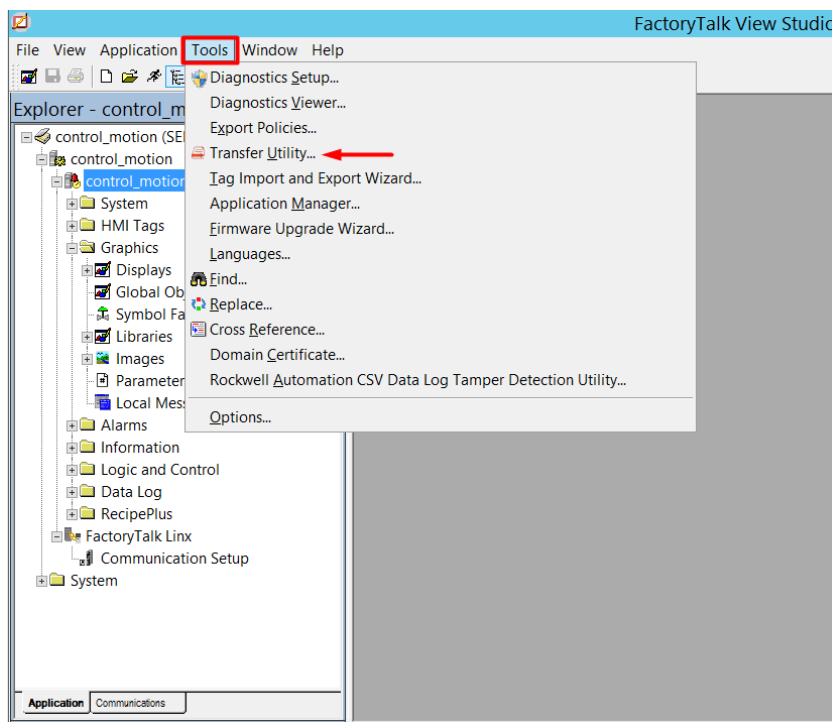
- Se deberá asignar un nombre, así como el tipo de archivo el cual dependerá del firmware del PanelView. Luego, escoger la ruta donde se guardará el archivo.





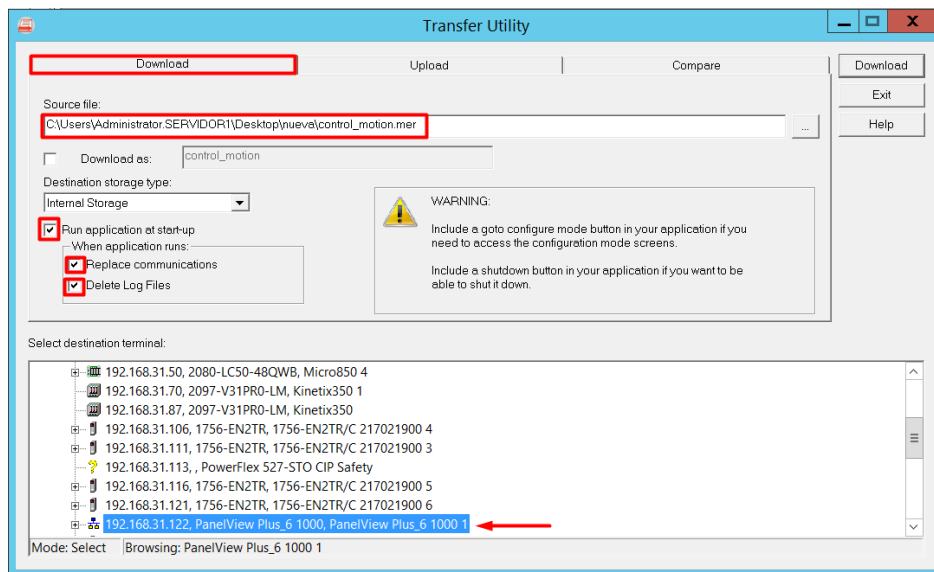
**Figura 26 Ruta para guardar el archivo**

7. En la barra de herramientas escoger la opción “Tools”, luego dar clic a “Transfer Utility” con el fin de cargar, descargar o comparar archivos MER.



**Figura 27 Herramientas de FactoryTalk View Studio**

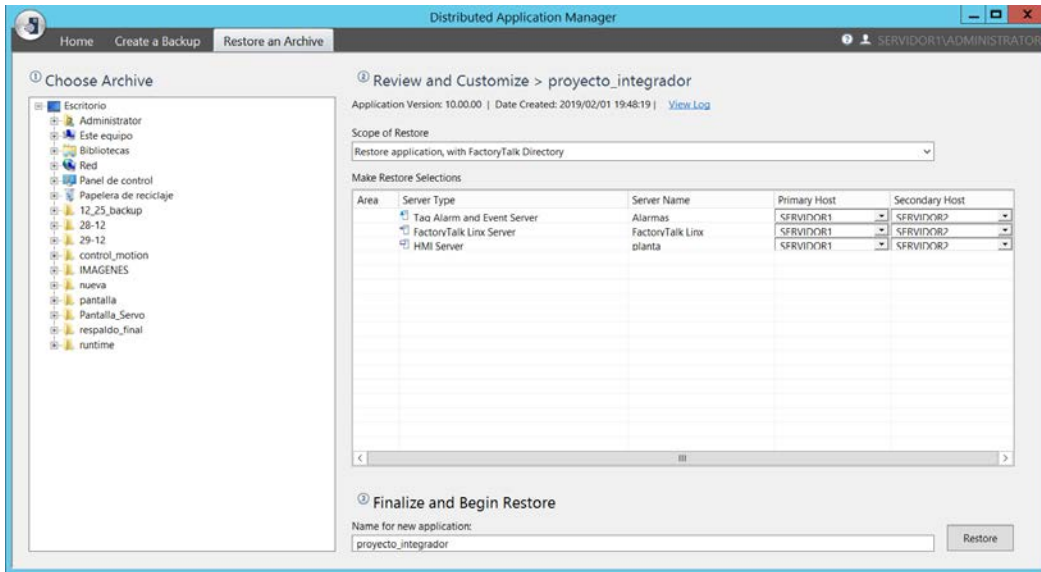
- En la pestaña “Download” del software “Transfer Utility” se debe buscar el archivo MER el cual se va a cargar en el HMI. Luego, se debe seleccionar el destino que es el PanelView a través de la IP. Adicionalmente, se habilita “Run application at start-up” para que la aplicación se inicie apenas se encienda el PanelView. Por último, dar clic en “Download”.



**Figura 28 Herramienta de transferencia del proyecto hacia el HMI**

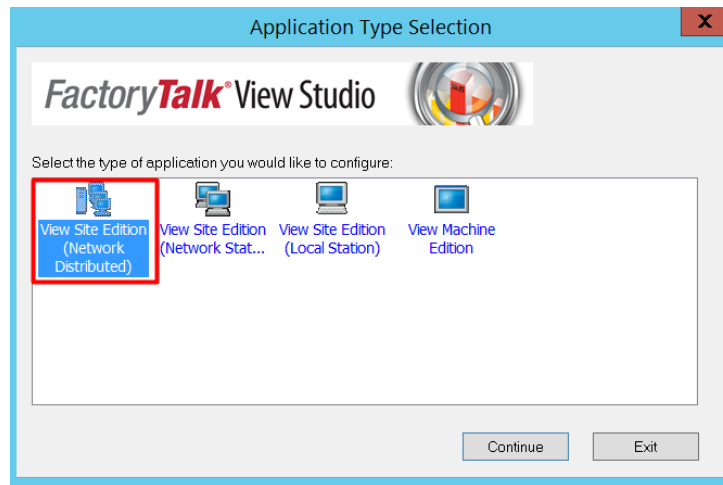
### **Restaurar el proyecto de FactoryTalk View Site Edition**

- Ejecutar el software “Distributed Application Manager”, luego en la pestaña “Restore an Archive” elegir la ubicación del proyecto de FTV SE. Cabe mencionar que el proyecto posee redundancia en el servidor de datos, HMI y alarmas por lo tanto se deberá escoger el nombre de las computadoras en la red tanto el primario como secundario donde se alojará el proyecto. Por último, asignar un nombre a la aplicación el cual aparecerá en FTV SE y proceder a dar clic en “Restore”.



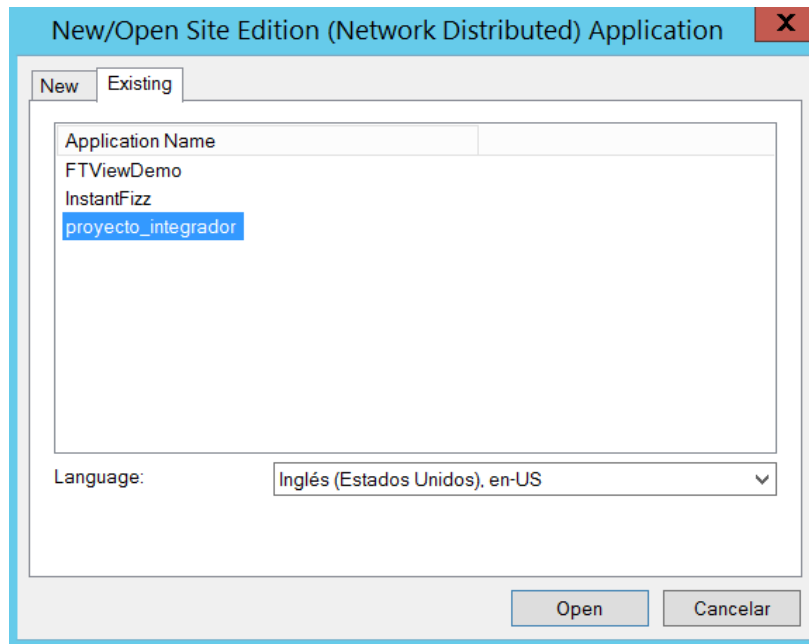
**Figura 29 Aplicación para restaurar proyecto de FTV SE**

2. Ejecutar el software FactoryTalk View Studio y dar clic en “View Site Edition (Network Distributed)” debido a que posee servidores redundantes.



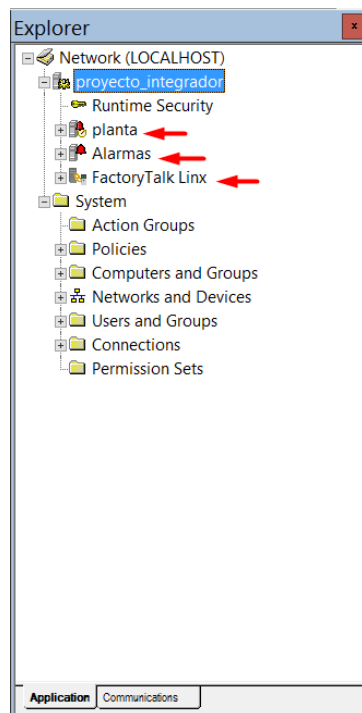
**Figura 30 Tipos de aplicaciones en FactoryTalk View Studio**

3. Aparecerá la siguiente ventana, escoger la pestaña “Existing” seleccionar y abrir el proyecto de SE que se restauró en pasos anteriores.



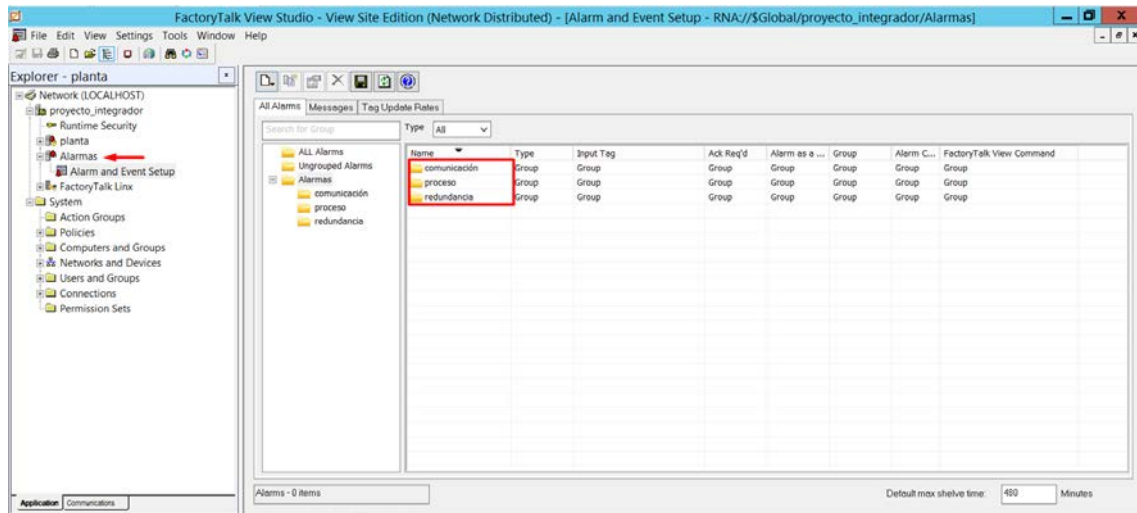
**Figura 31 Proyectos en FTV SE**

4. A continuación, se muestra el explorador del proyecto en SE en el cual se encuentran tres servidores “planta” que es servidor HMI, el servidor de alarmas y el servidor de datos “FactoryTalk Linx” todos en redundancia.



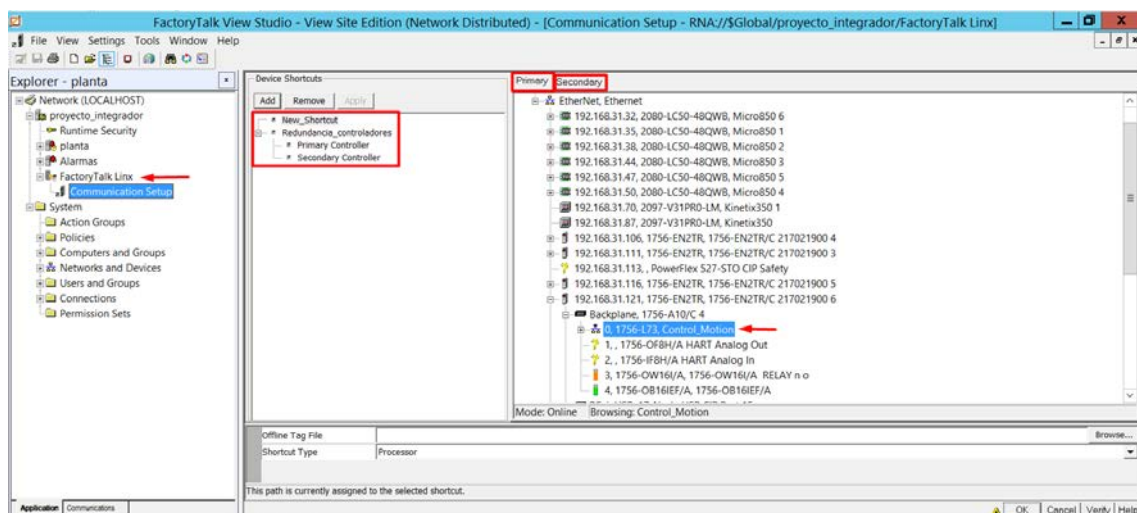
**Figura 32 Explorador del proyecto en FTV SE**

- En el servidor de alarmas dar clic en “Alarm and Event Setup” para agregar, modificar o eliminar alarmas analógicas o digitales en los grupos creados tales como comunicación, proceso y redundancia.



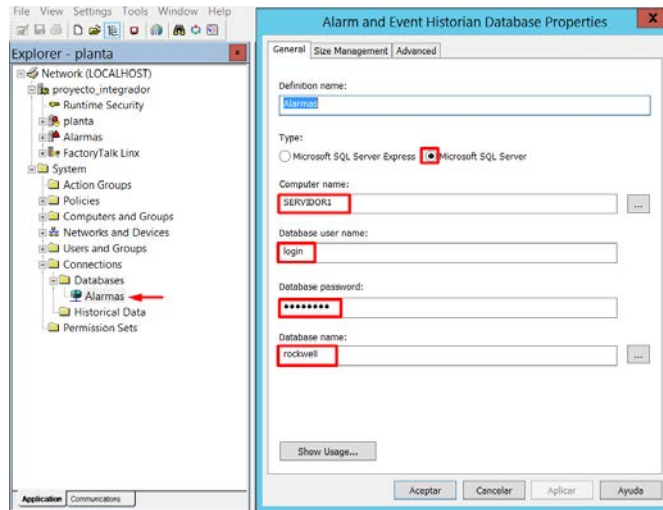
**Figura 33 Grupo de eventos en el servidor de alarmas**

- En el servidor de datos dar clic en “Communication Setup” para escoger los controladores del proyecto de acuerdo con el área. El acceso directo “New\_Shortcut” hace referencia al controlador del área de servomotores mientras que en “Redundancia\_controladores” al de redundancia. Cabe mencionar que en ambos casos se deberá seleccionar el PLC correspondiente tanto para el primario como secundario ya que posee redundancia en el servidor de datos.



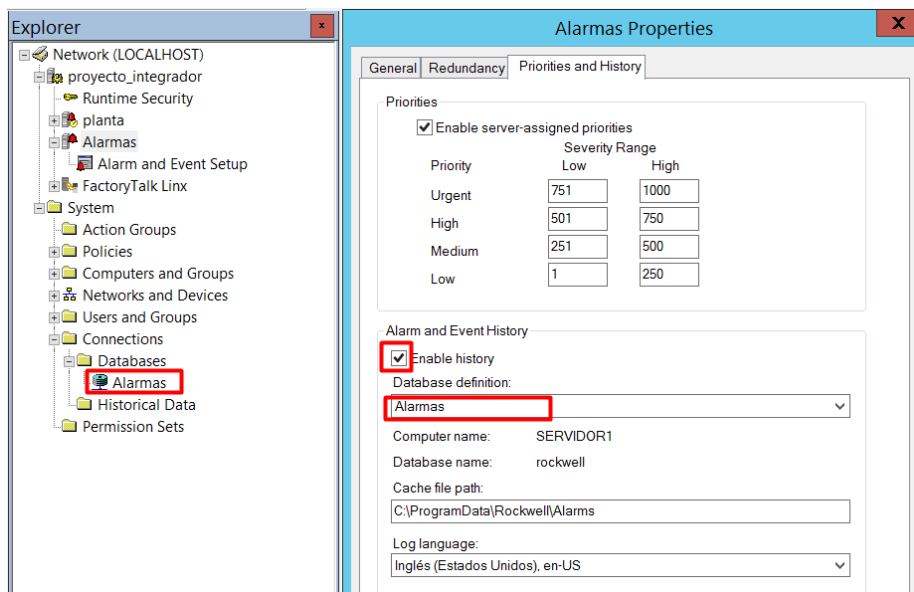
**Figura 34 Servidor de datos en FTV SE**

- En el explorador del proyecto desplegar “Connections”. Luego, en “Databases” dando clic en “Alarmas” se muestra “Alarm and Event Historian Database Properties” para configurar la base de datos como el tipo de gestor de base de datos, el nombre de la computadora, el usuario y contraseña de la base de datos y finalmente el nombre de la base de datos.



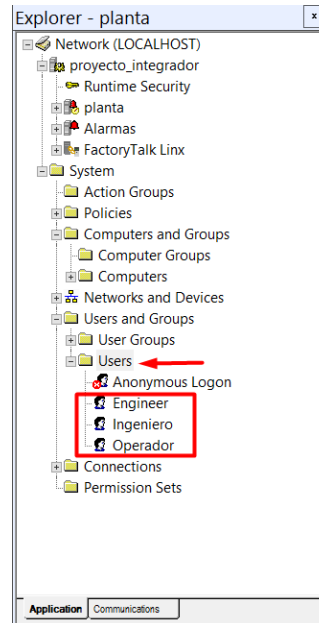
**Figura 35 Conexión con una base datos en FTV SE**

- A continuación, en las propiedades del servidor de alarmas en la pestaña de “Priorities and History” se habilita el historial de alarmas y eventos para después seleccionar la base de datos que se configuro con anterioridad (“Alarmas”).



**Figura 36 Conexión con una base datos en FTV SE**

9. En el explorador del proyecto desplegar “Users and Groups” a continuación, realizar lo mismo en “Users” donde se puede visualizar los usuarios creados tales como Engineer, Ingeniero y Operador.



**Figura 37 Usuarios en FTV SE**

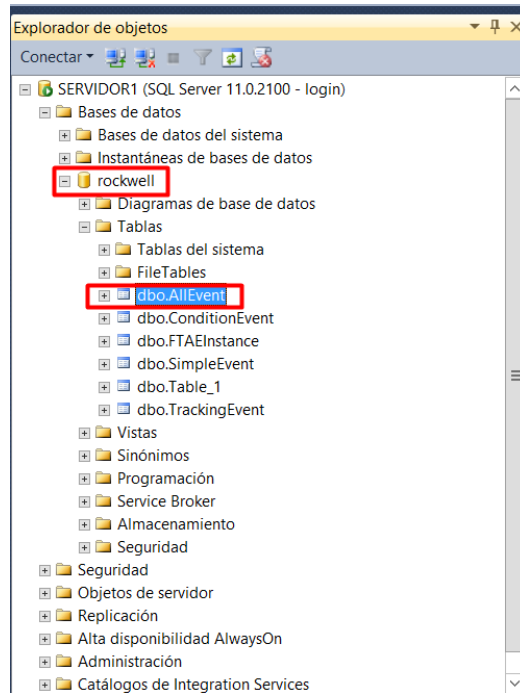
## Base de datos en SQL Server 2012

1. Ejecutar SQL server 2012, luego el tipo de autenticación debe ser a través de SQL Server, es decir, un usuario y contraseña para poder conectarse a la base de datos.



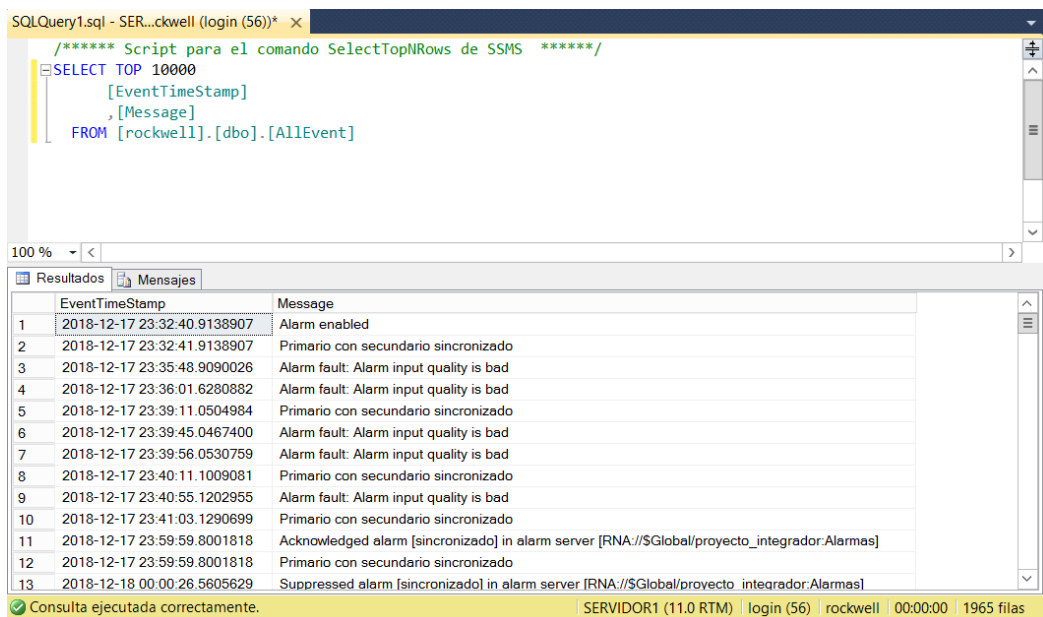
**Figura 38 Iniciar sesión en SQL Server 2012**

- En el explorador de objetos, en la carpeta base datos se observa todas las que se han creado hasta el momento. Se deberá escoger la que utilizará para el almacenamiento de alarmas, luego al expandirla en “dbo.AllEvent” es donde se recopilan todas los eventos del servidor de alarmas de FTV SE



**Figura 39 Explorador de una base de datos**

- Crear una nueva consultar para examinar los datos que se encuentran almacenado en la base de datos mediante el script que se muestra en la Figura 40.



**Figura 40 Script para visualizar las primeras 10000 de una base de datos**



## Aplicación en java para generar reporte de fallas de los elementos que conforman el sistema

1. Abrir NetBeans IDE luego en la barra de herramienta escoger “File” y dándole clic en la opción “Open Project” se procede a buscar la ruta del proyecto para posteriormente abrirlo.

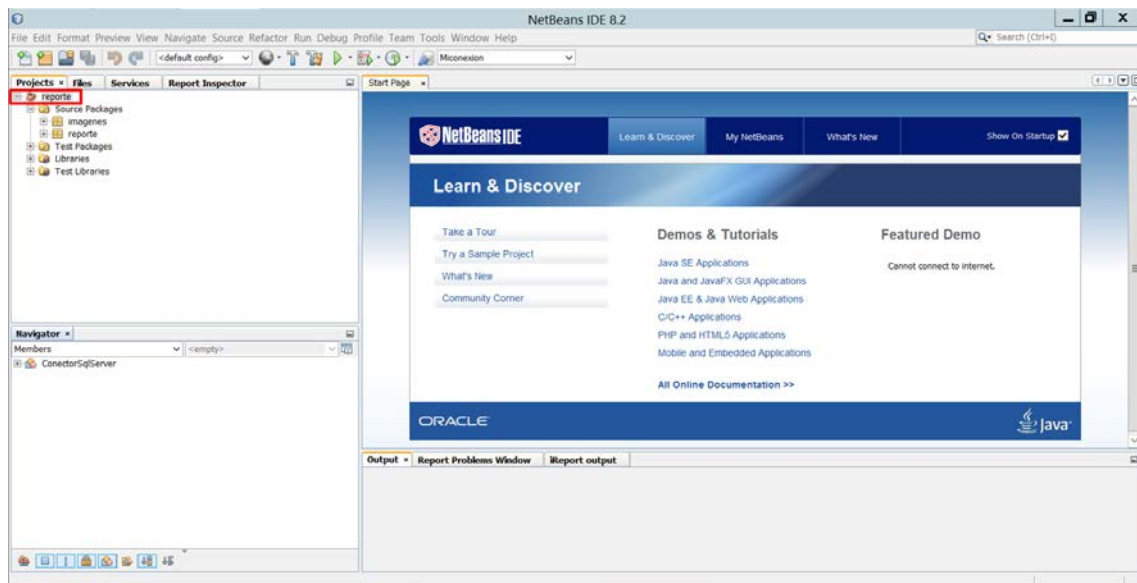


Figura 41 NetBeans IDE

2. A continuación, se necesita instalar complementos en el IDE para lo cual en la barra de herramientas en “Tool” dar clic en “Plugins”.

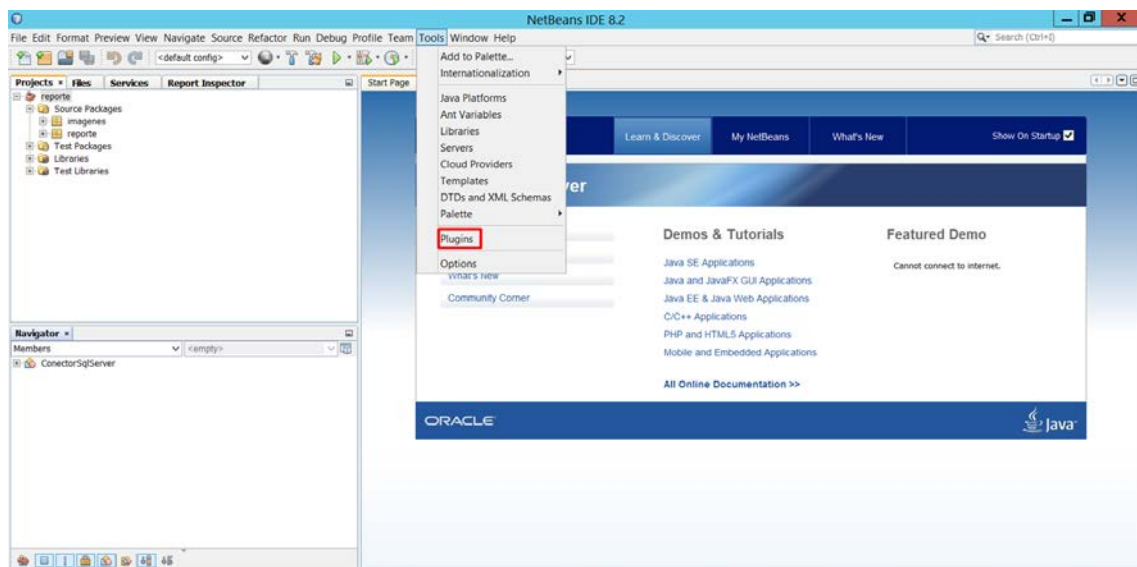
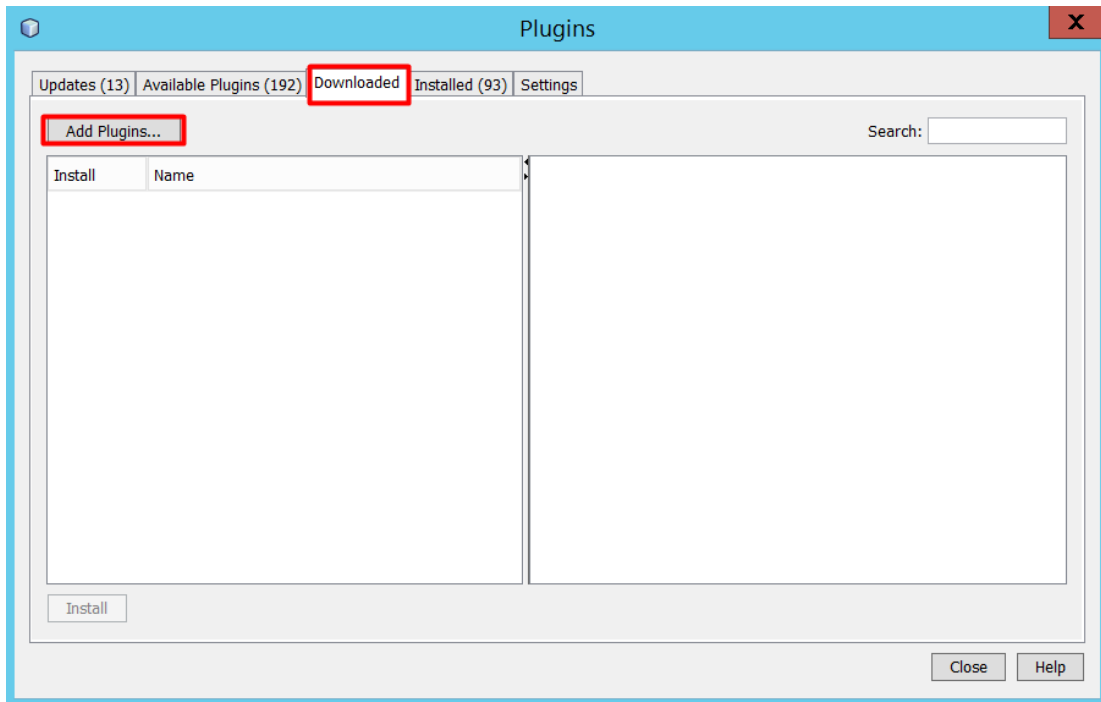


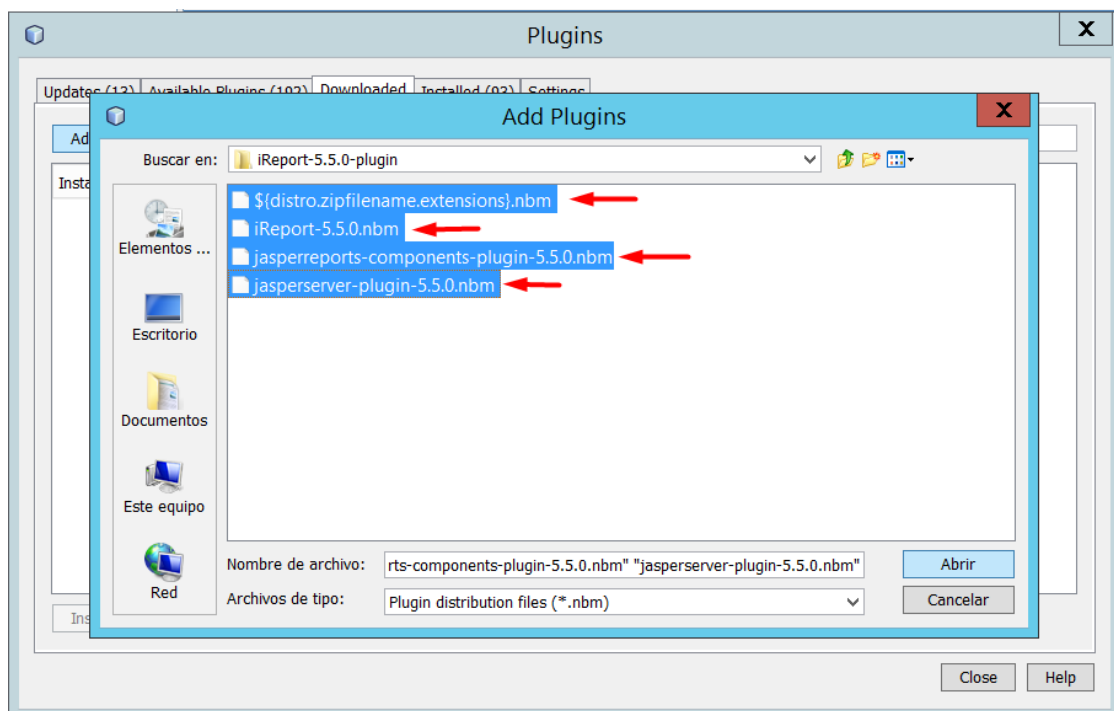
Figura 42 Herramientas de NetBeans IDE

3. En la pestaña "Downloaded" dar clic en "Add plugins".



**Figura 43 Plugins en NetBeans IDE**

4. Luego buscar la ruta del proyecto donde se encuentran los archivos del complemento jReport para el formato del reporte.



**Figura 44 Agregar plugins en NetBeans IDE**

5. A continuación, seleccionar los cuatro archivos agregados y proceder a instalar.

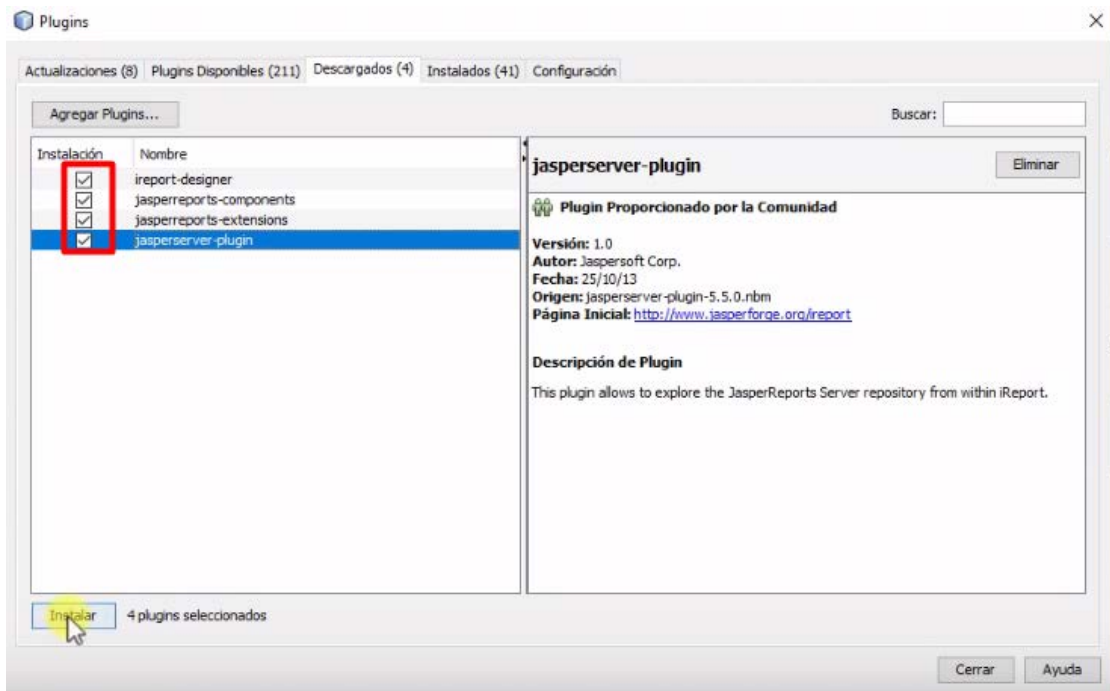


Figura 45 Instalación de plugins en NetBeans IDE

6. Para verificar que los complementos se han instalado correctamente en la pestaña “Installed” estos deberán estar activos.

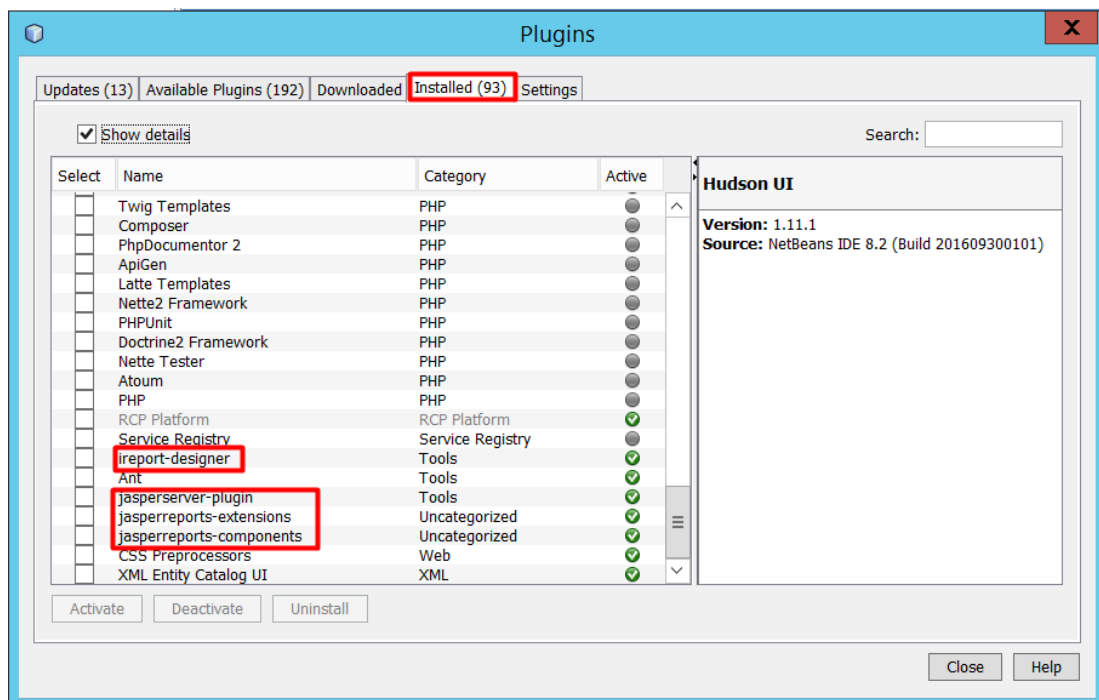


Figura 46 Plugins instalados en NetBeans IDE

7. El ejecutable se lo crea dando clic en “Clean and Build” en la barra de herramientas y si todo esta correcto deberá mostrar un mensaje que la compilación ha sido exitosa como se muestra en la Figura 47.

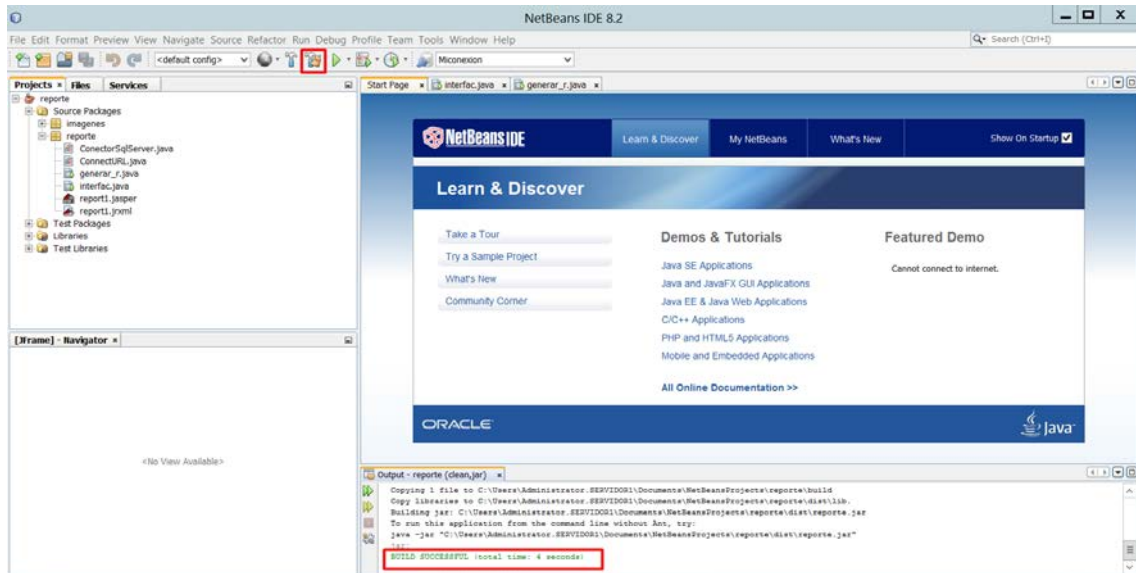


Figura 47 Generar ejecutable

8. El ejecutable por lo general se guarda en la ruta mostrada en la figura 48, luego se lo ejecuta para comprobar el funcionamiento de este.

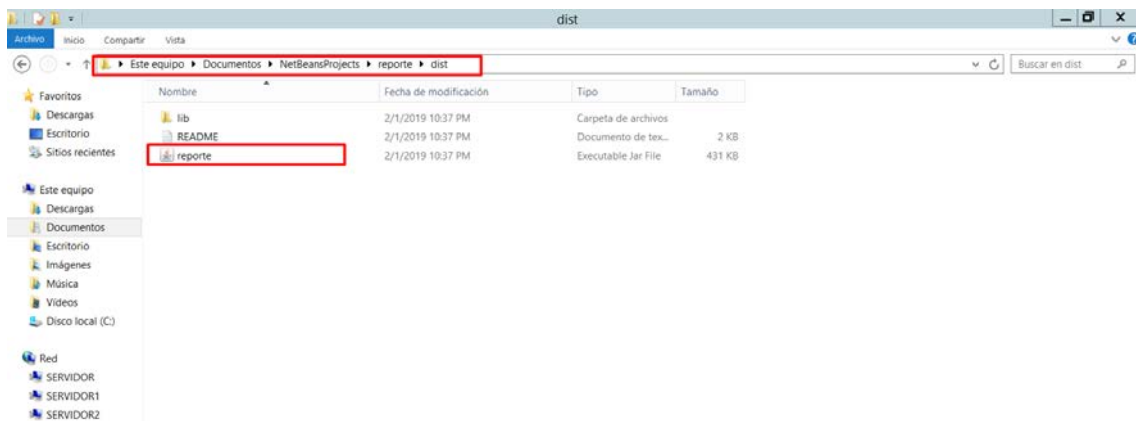
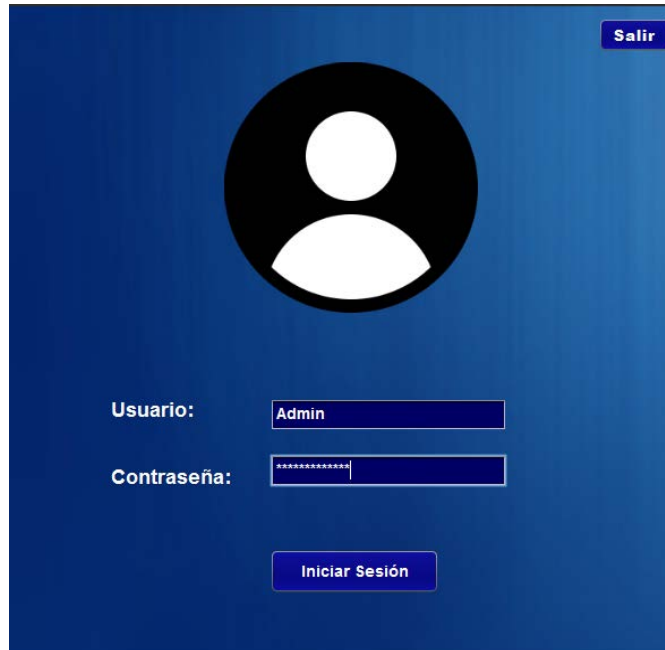


Figura 48 Ruta del archivo ejecutable

9. A continuación, se muestra la pantalla principal de la aplicación para lo cual se deberá digitar el usuario y contraseña configurada en la programación.

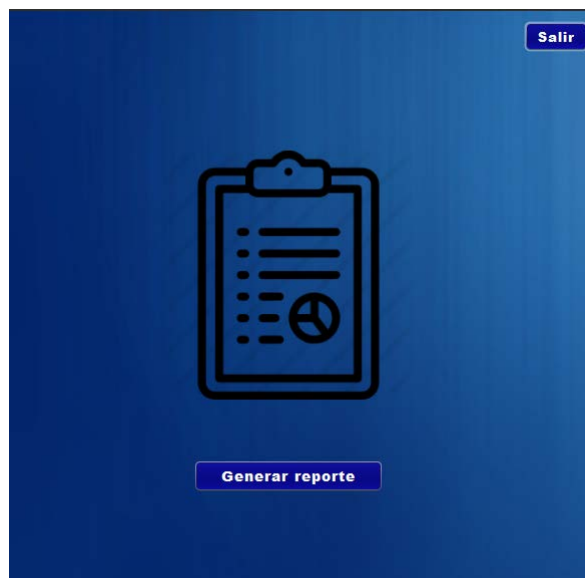
Usuario: Admin

Contraseña: administrador



**Figura 49** Pantalla principal del ejecutable en java

10. Luego de iniciar sesión correctamente la siguiente pantalla se muestra en la Figura 50, mediante un clic en “Generar reporte” se crea el informe de fallas debido a la conexión a través de la base de datos.



**Figura 50** Pantalla secundaria del ejecutable en java

11. El formato del reporte que se generó es el mostrado en la Figura 51.



Figura 51 Reporte de fallas

12. Por último, en la parte superior derecha dar clic en guardar mostrándose la Figura 52 donde se busca la ruta en la que se guardará, así como el nombre y el formato.

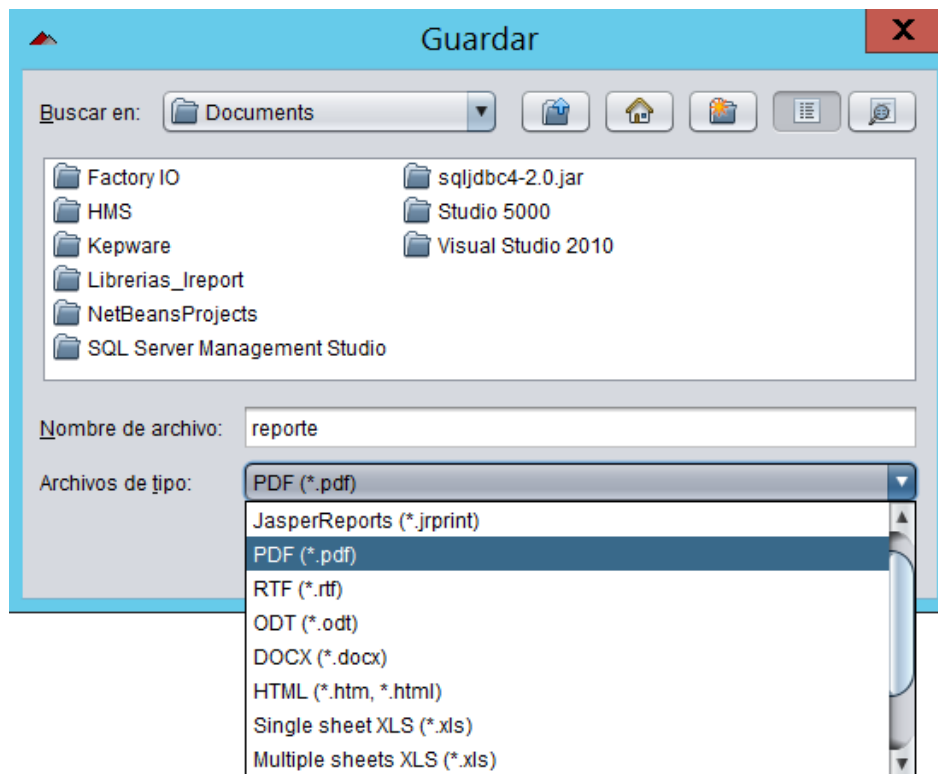
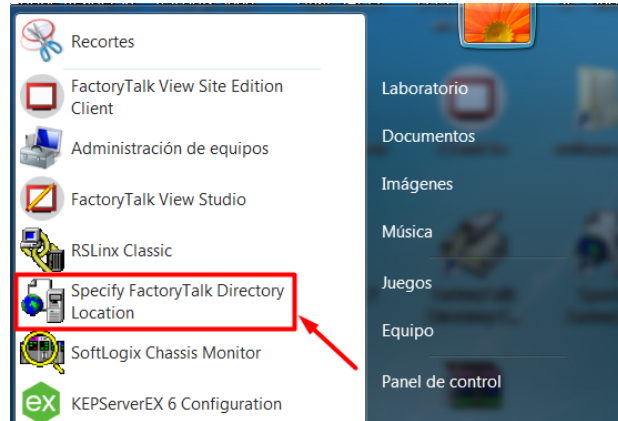


Figura 52 Opciones para guardar el reporte

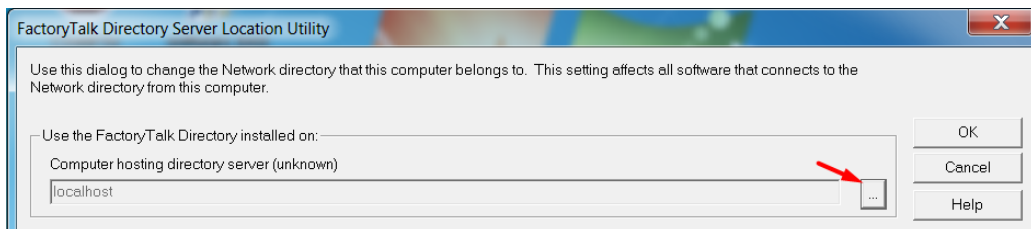
## Configuración de clientes para acceder al SCADA

1. Abrir el programa “Specify FactoryTalk Directory Location”.



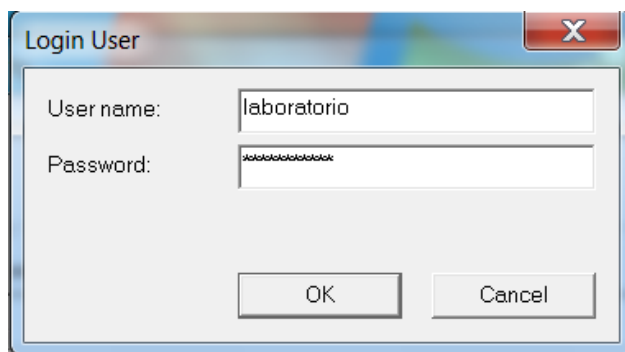
**Figura 53 Programa de localización del directorio de FactoryTalk**

2. Proceder a buscar el computador donde se alojará el directorio de FactoryTalk dándole clic en la ubicación que muestra la Figura 54.



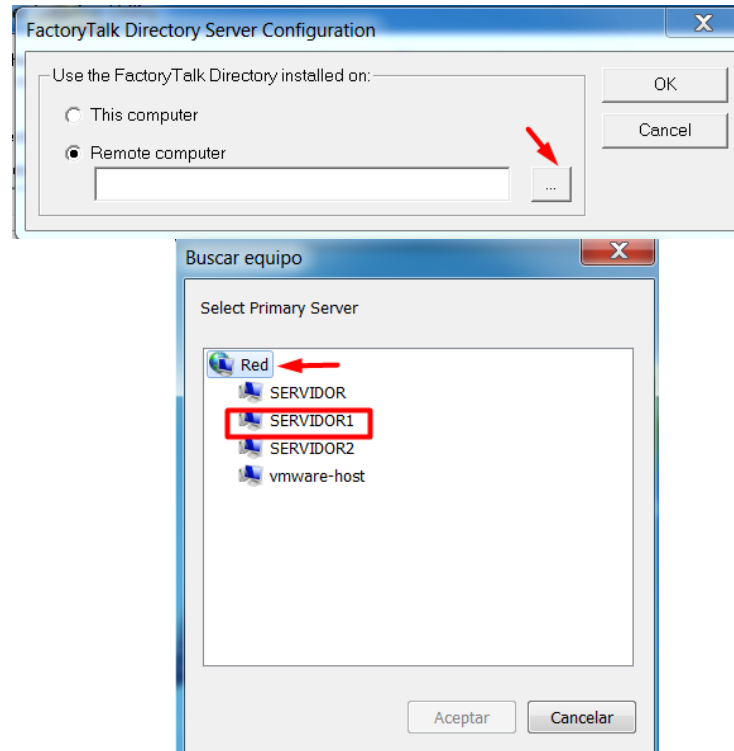
**Figura 54 Instalación del directorio de FactoryTalk**

3. Luego, se debe iniciar sesión con el usuario de Windows del computador.



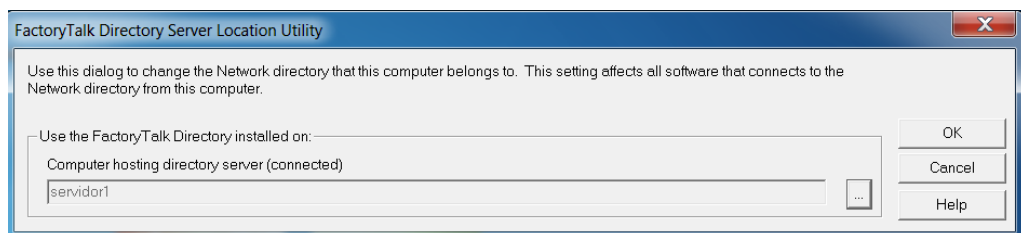
**Figura 55 Inicio de sesión del usuario del computador**

4. A continuación, seleccionar “Remote computer” y dar clic en el lugar que muestra la flecha de la Figura 56 para buscar el servidor primario que se configuro con anterioridad.



**Figura 56 Búsqueda de equipos remotos**

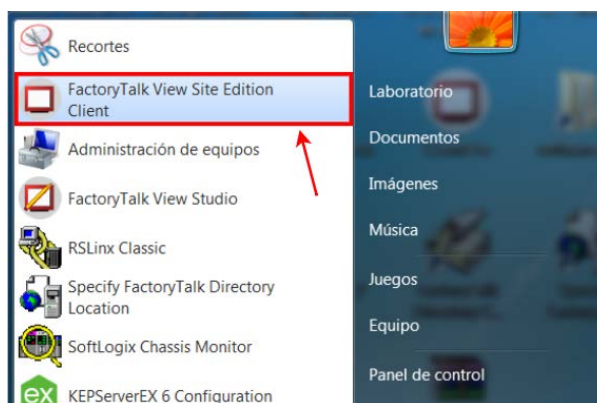
5. Por último, dar clic en OK para guardar los cambios de la localización del directorio.



**Figura 57 Directorio del servidor de FactoryTalk**

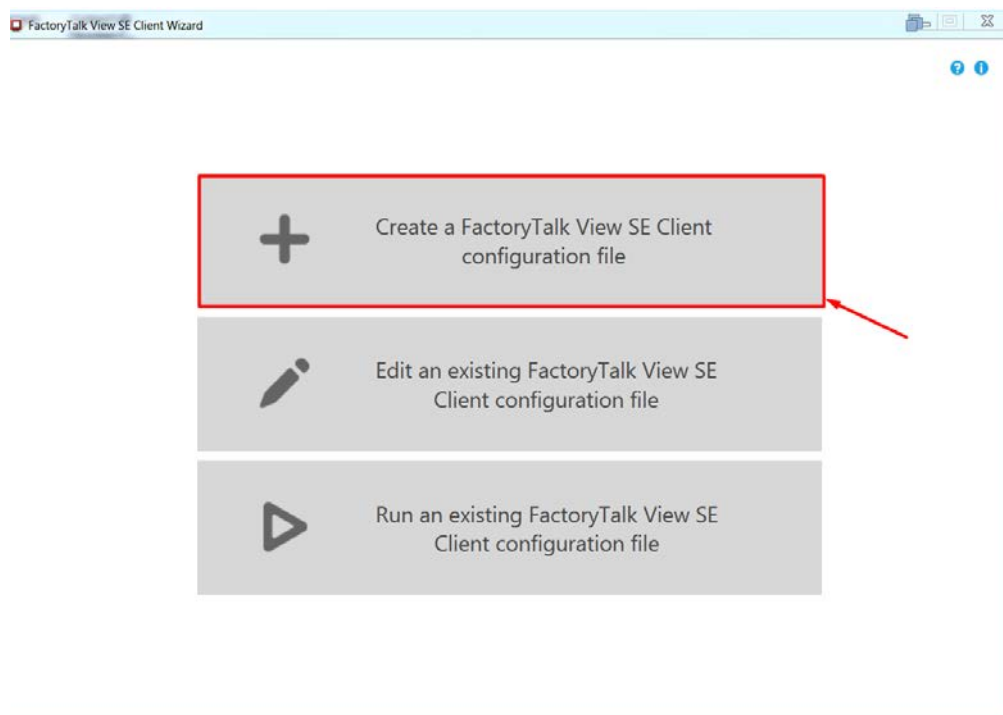


6. El siguiente paso es abrir el programa “FactoryTalk View Site Edition Client” para configurar la aplicación del SCADA en el computador.



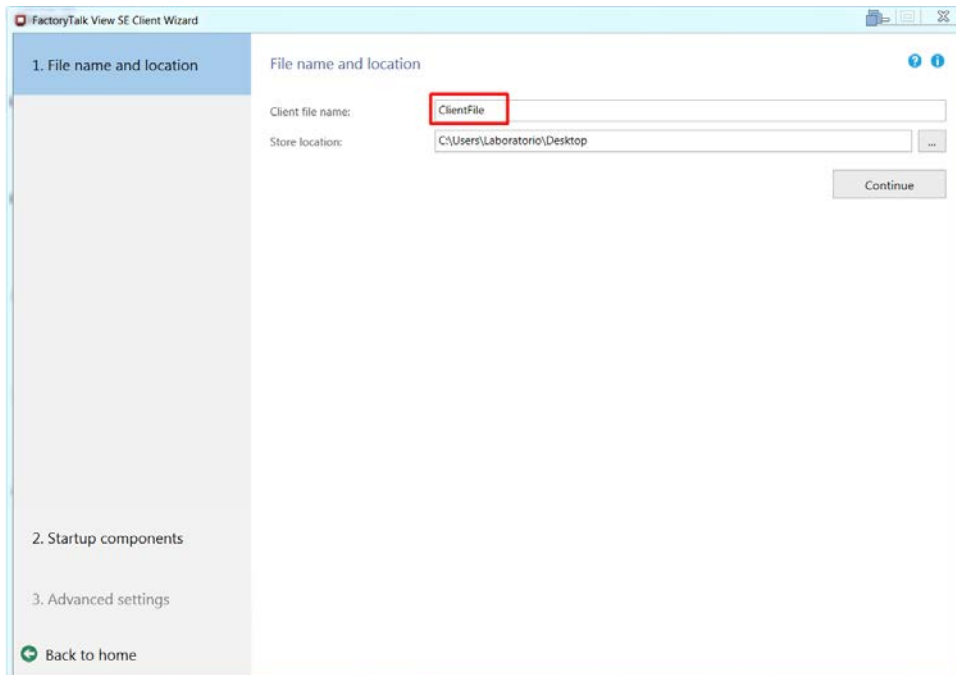
**Figura 58 Programa FTV SE Client**

7. En la pantalla principal del programa se va a crear las configuraciones del archivo para lo cual se da clic en el lugar que indica la flecha en la Figura 59.



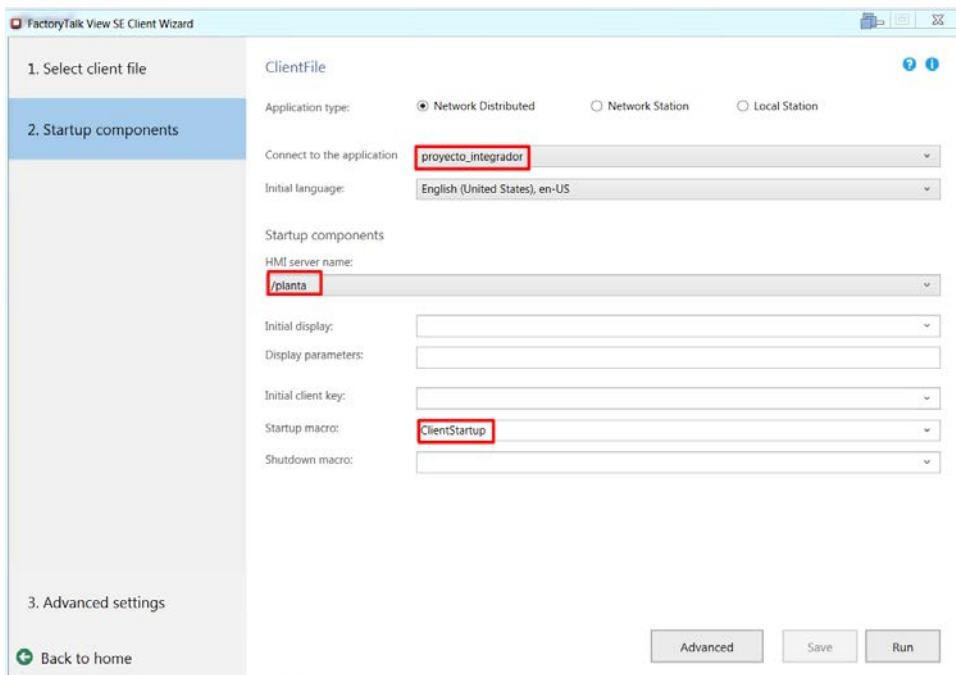
**Figura 59 Configuración del archivo de FTV SE Client**

8. A continuación, se le asigna la localización y nombre del archivo.



**Figura 60 Ubicación del archivo de FTV SE Client**

9. Luego, se selecciona el tipo de aplicación que es “Network Distributed” así como el nombre del servidor HMI y que al iniciar la aplicación se ejecute la macro configurada.



**Figura 61 Conexión con la aplicación de FTV SE**

10. Para finalizar en las configuraciones avanzadas se debe tener lo mismo que se muestra en la Figura 62 para que sea apreciable la aplicación en el monitor del cliente.

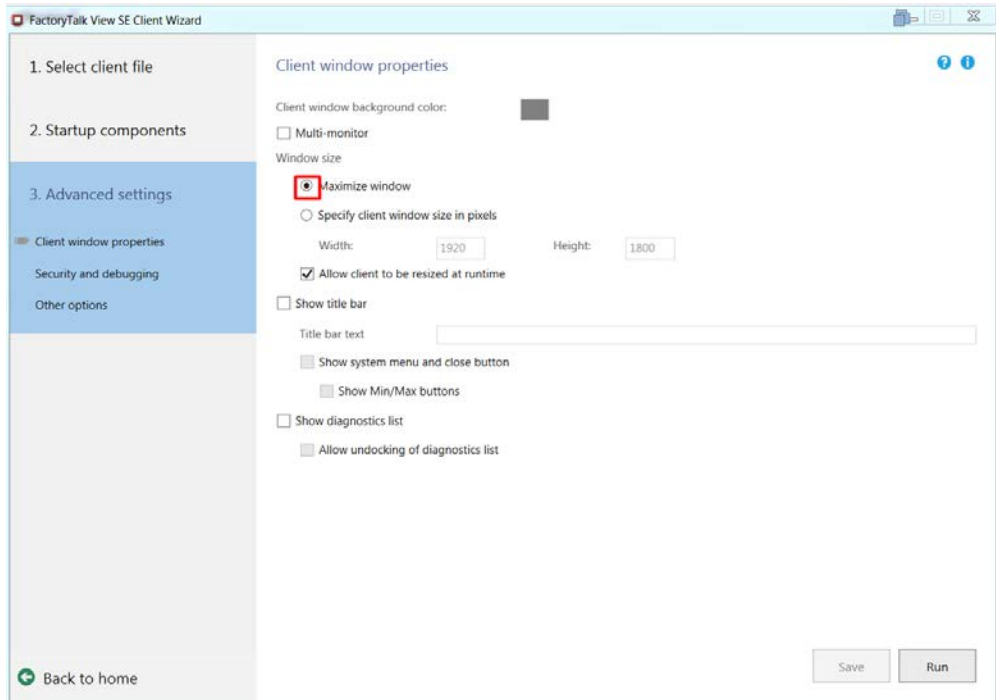


Figura 62 Propiedades de la ventana del cliente

## Configuraciones de la aplicación industrial utilizando el controlador redundante

1. Abrir el programa Factory I/O para abrir la escena de ensamblaje como se muestra en la Figura 63.

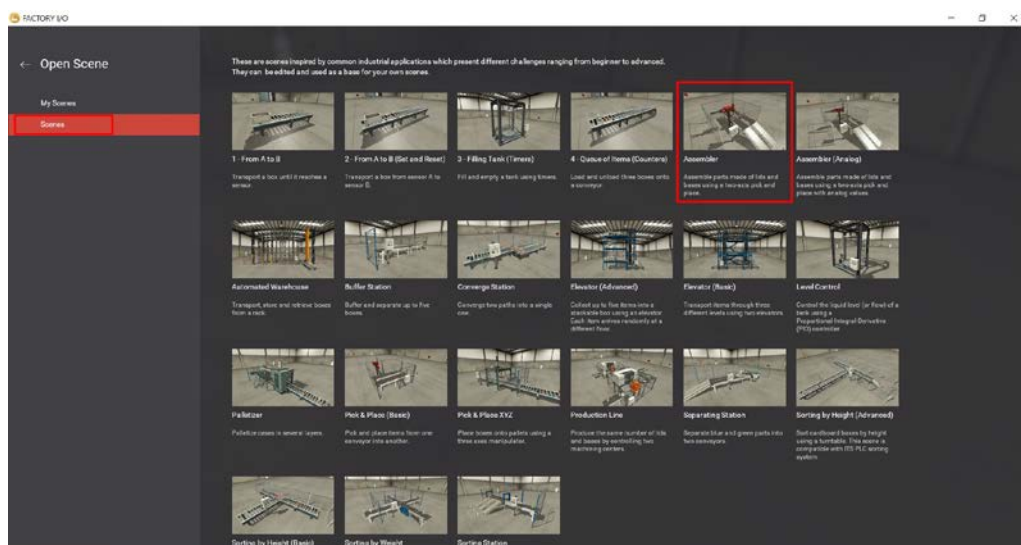


Figura 63 Programa Factory I/O

2. En la barra de herramienta seleccionar la opción “File” para dar clic en “Drivers”.



Figura 64 Escena de ensamblaje en Factory I/O

3. Luego en “Driver” buscar la opción “Allen-Bradley Logix5000 porque el PLC es un ControlLogix L73 de la marca Rockwell Automation.

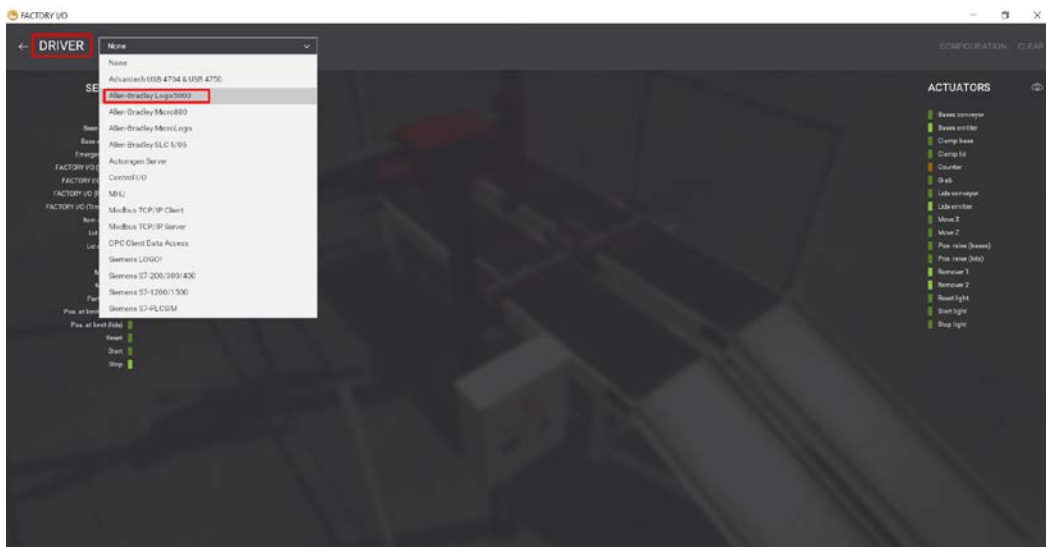


Figura 65 Selección del controlador de la aplicación

4. Dar clic en "Configuration".



Figura 66 Entradas y salidas para la escena de ensamblaje

5. En la siguiente ventana se escribe la IP del controlador primario, así como la ubicación del slot del CPU en el chasis para establecer la comunicación con el PLC.

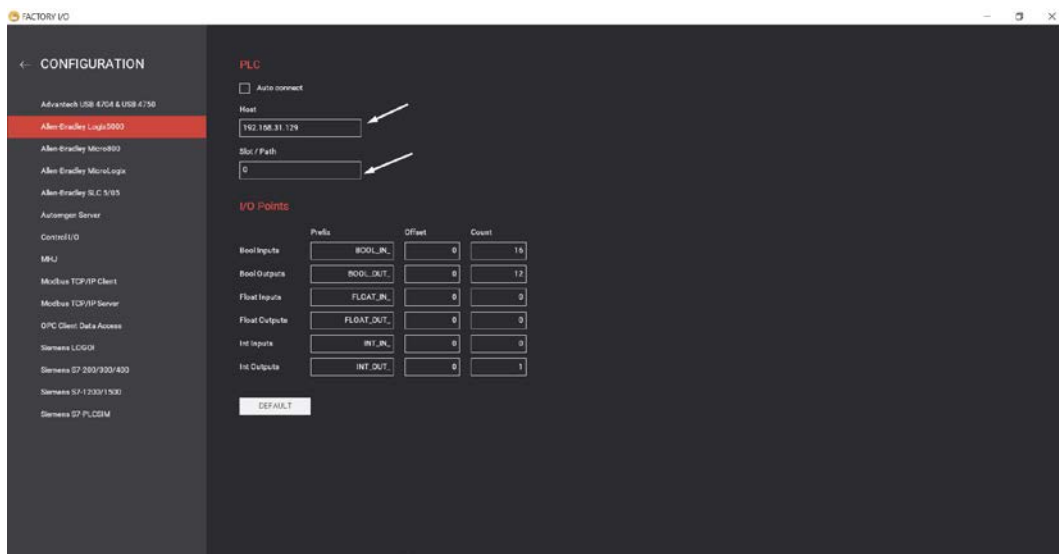


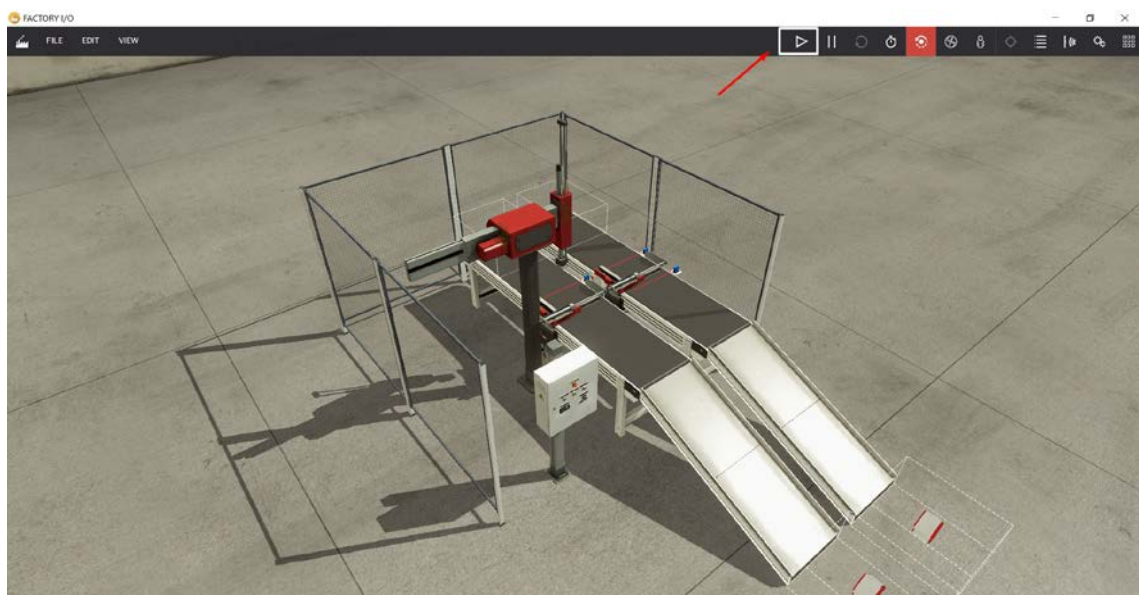
Figura 67 Configuración del PLC para la escena de ensamblaje

6. Dar clic en "Connect" para establecer la comunicación entre el controlador redundante con Factory I/O.



**Figura 68 Comunicación del PLC con Factory I/O**

7. Por último, para iniciar la simulación se debe dar clic en "Run" como se muestra en la Figura 69.



**Figura 69 Ejecutar la escena de ensamblaje en Factory I/O**

# Configuración del servidor web en el servidor primario

- 1. Abrir el programa FactoryTalk View Point.

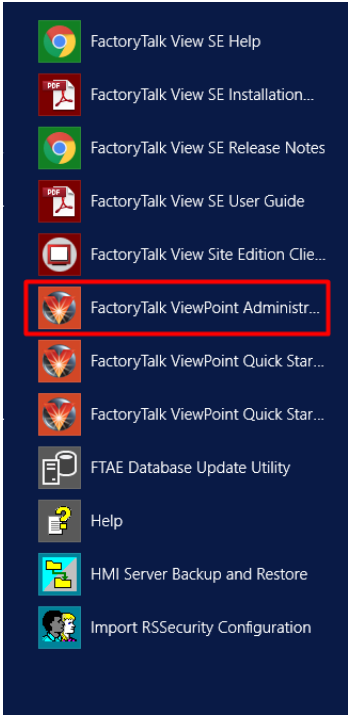


Figura 70 Programa FactoryTalk View Point

- 2. A continuación, las configuraciones se realizan en el navegador web de la computadora entonces para iniciarla dar clic en “Publish displays to Web”.

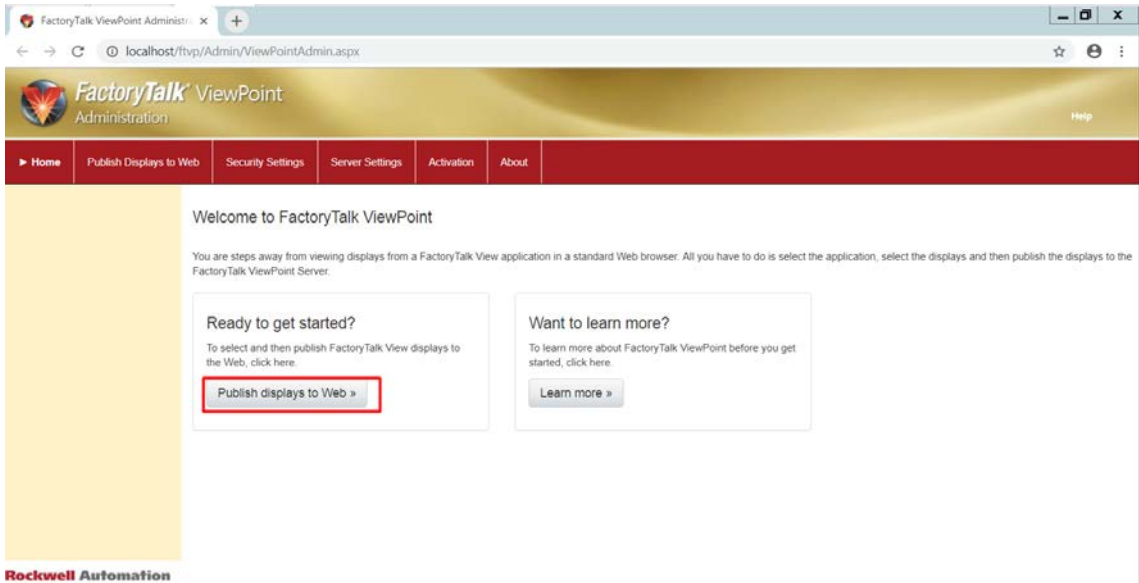


Figura 71 Ventana principal de FactoryTalk View Point



3. Luego se deberá seleccionar el tipo y el nombre de la aplicación de FTV SE, luego dar clic en “Select graphic displays.”

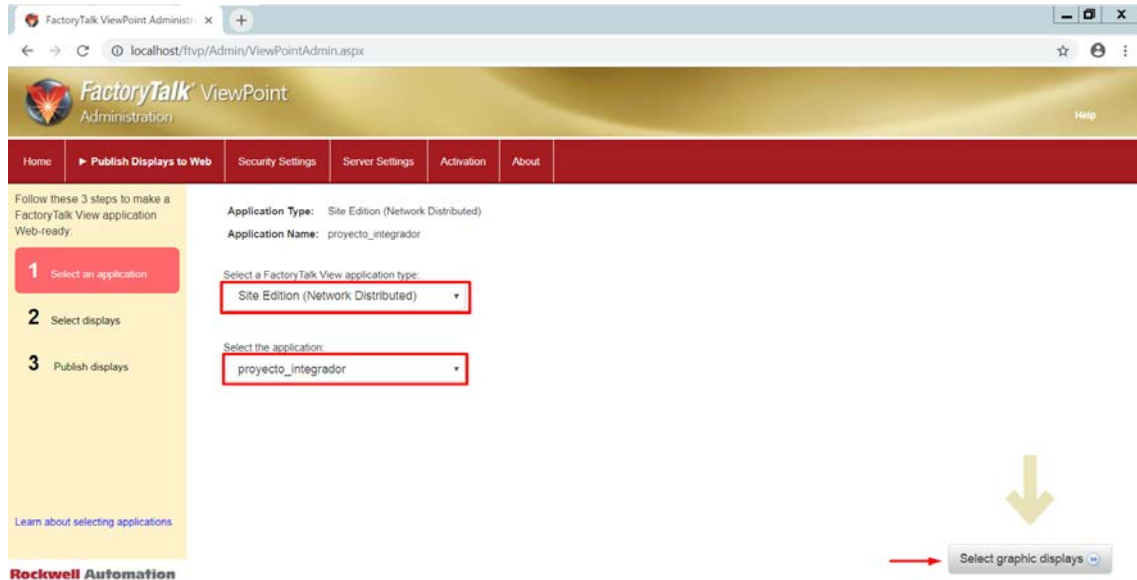


Figura 72 Selección del proyecto en FTV SE

4. Se debe seleccionar la pantalla principal y las pantallas que se mostrara en el navegador web tanto de una computadora como en un dispositivo móvil. Además, seleccionar la macro que se encuentra en el proyecto y dar clic en “Publish displays”.

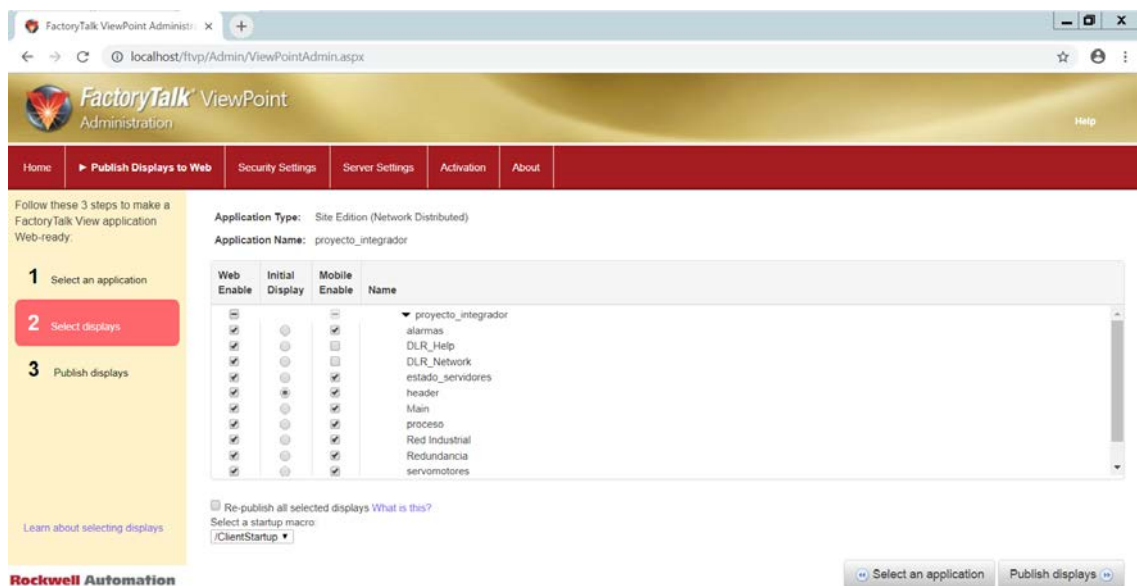
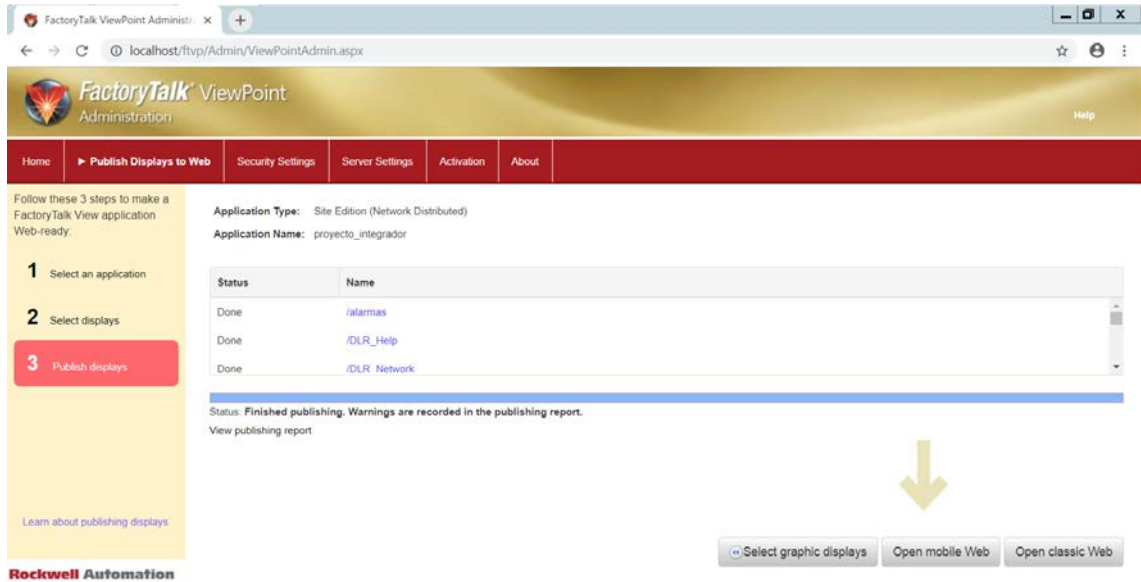


Figura 73 Habilitar pantallas para FTV Point

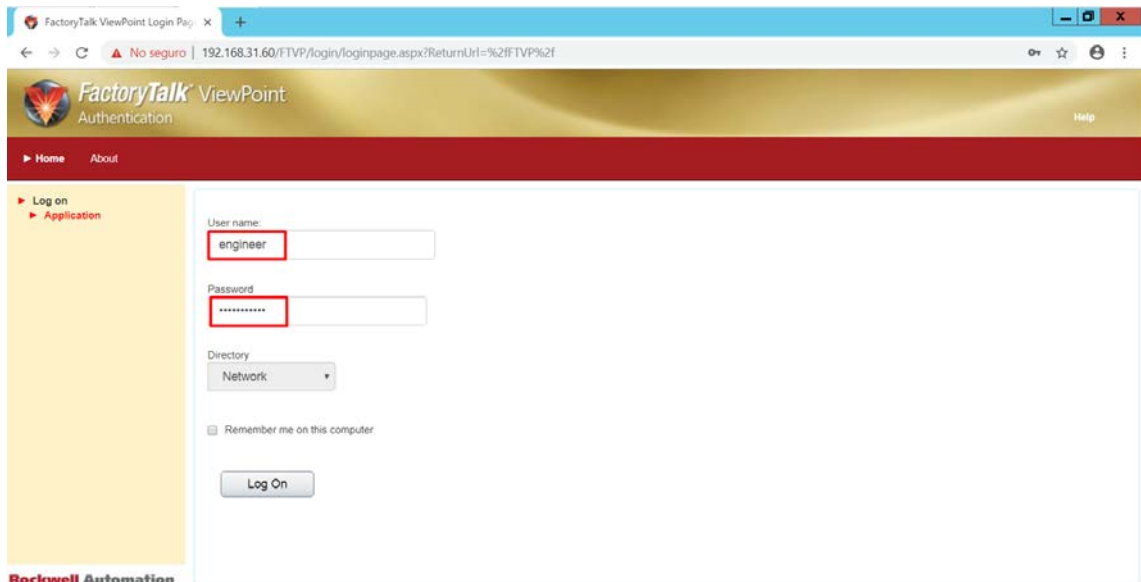


5. En la Figura 74 se muestra la publicación finalizada de las pantallas.



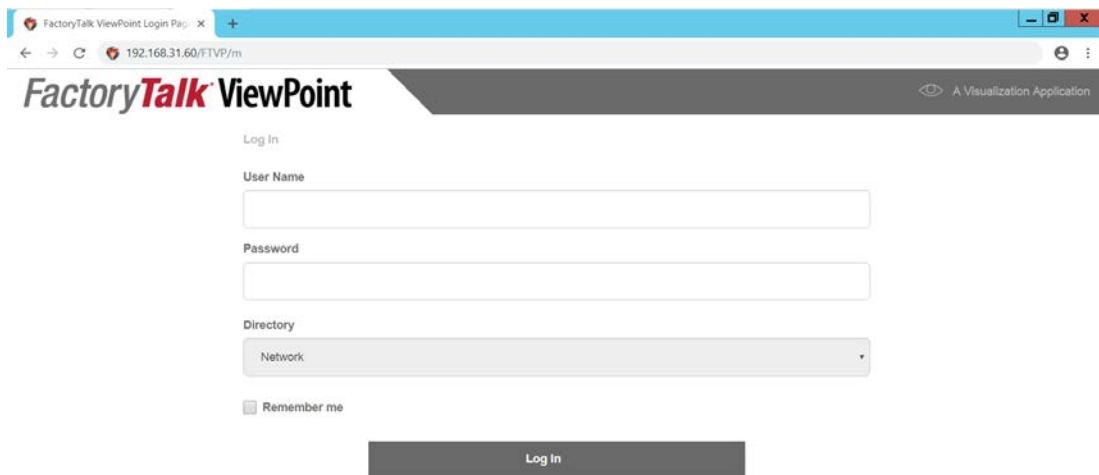
**Figura 74 Publicación de pantallas**

6. En el navegador web del dispositivo conectado a la red industrial se deberá escribir: "IP del servidor web" + "/" + "FTVP" es decir, 192.168.31.60/FTVP.



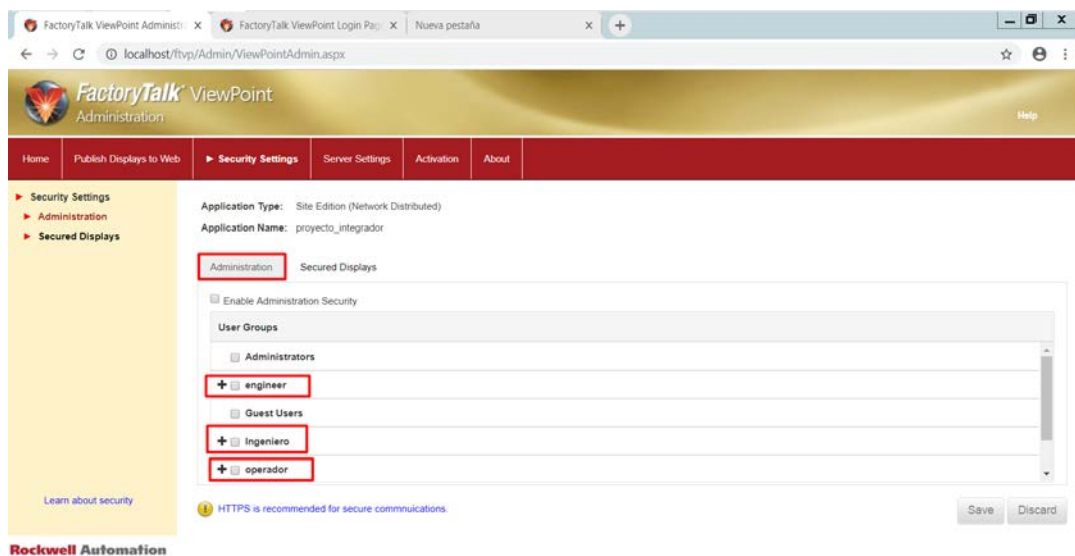
**Figura 75 SCADA en navegador web en una computadora**

7. En el navegador web del dispositivo móvil conectado a la red industrial se deberá escribir: “IP del servidor web” + “/” + “FTVP” + “/” + “m” es decir, 192.168.31.60/FTVP/m.



**Figura 76 SCADA en navegador web en un dispositivo móvil**

8. Luego para configurar el nivel de seguridad de acceso a las pantallas escoger en la barra de herramienta “Security Settings” para que en la opción “Administration” se seleccionen los usuarios de FTV SE que tendrán acceso.



**Figura 77 Administrador de usuarios en los ajustes de seguridad**

9. Por último, en la opción “Secured Displays” habilitar “Enable Application Security” a continuación, a los usuarios seleccionado con anterioridad permitirle el acceso de escribir o leer según corresponda como se muestra en la Figura 78.

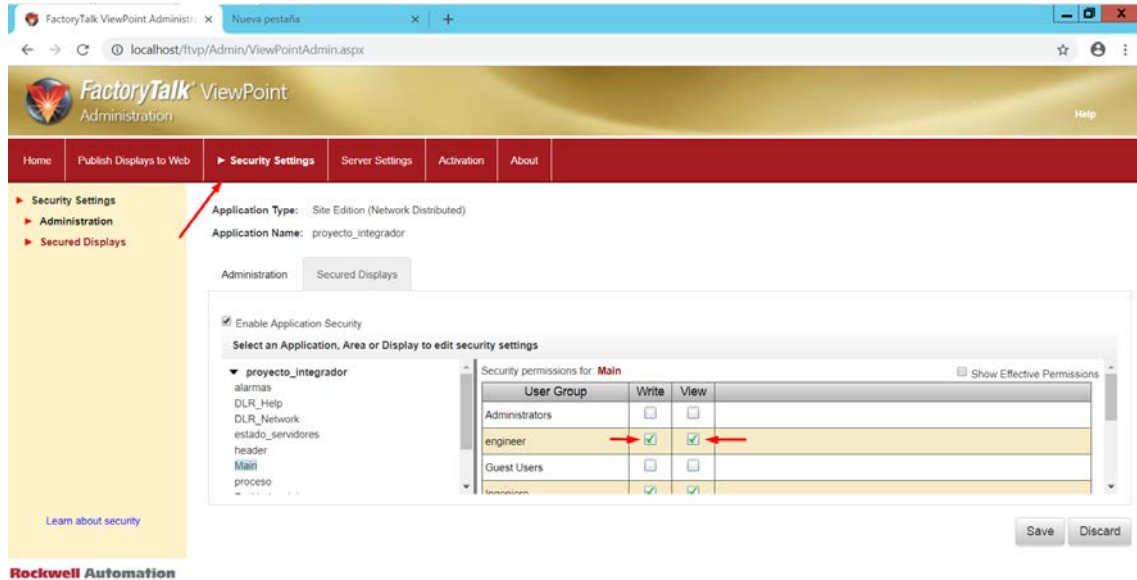


Figura 78 Ajustes de seguridad en las pantallas