

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**  
**Escuela de Ingeniería Electrónica**



**VIDRIERA CENTROAMERICANA**  
**VICESA**

**Desarrollo De Indicadores De Producción De Botellas Para VICESA**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en  
Electrónica con el grado académico de Licenciatura**

**Andrés Esteban Hidalgo Rojas**

**Cartago Noviembre, 2018**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**ACTA DE APROBACIÓN**

**Defensa de Proyecto de Graduación  
Requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica  
Grado Académico de Licenciatura  
Instituto Tecnológico de Costa Rica**

El Tribunal Evaluador aprueba la defensa del proyecto de graduación denominado Desarrollo De Indicadores de Producción de Botellas para VICESA, realizado por el señor Andrés Esteban Hidalgo Rojas y, hace constar que cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal Evaluador

  
Ing. Carlos Meza Benavides

Profesor lector

  
TEC | Tecnología de Costa Rica | Ingeniería Electrónica  
Ing. Sergio Morales Hernández

Profesor lector

  
Ing. Carlos Mauricio Segura Quirós

Profesor asesor

Cartago, 16 de Noviembre de 2018

## Declaratoria De Autenticidad

El presente trabajo de diseño de indicadores de la producción de botellas para VICESA, es original, realizado a partir de mis ideas. Caso contrario se realizarán las citas correspondientes, evidenciando, el autor y el origen de estas ideas. Declaro que el diseño no ha sido presentado anteriormente por ningún estudiante, para un proyecto de graduación o para la obtención de algún título universitario.

Tengo claro que al no respetar los derechos de autor es motivo de sanción universitaria y legal, por lo tanto, asumo toda la responsabilidad de los derechos de la obra que será presentada.

*Esteban Hidalgo Rojas* \_\_\_\_\_

Nombre: Andrés Esteban Hidalgo Rojas

Cédula: 304830671

II Semestre 2018

## Resumen

El presente proyecto se desarrolla en la empresa VICESA, la cual es la encargada de la manufactura de botellas de vidrio para industria alimenticia y farmacéutica, la elaboración de este producto requiere de muchas etapas en la empresa algunas de ellas son hornos industriales, etapa de cortes, molde, templado, verificación por máquina y verificación humana. Estas etapas mencionadas anteriormente son las que están involucradas en el presente proyecto.

Se elaboró un sistema de monitorización de la información en una línea de producción para la empresa VICESA, donde se desea obtener información de los PLC por cada etapa mencionada, con el fin de que las personas a cargo estén al tanto de lo que sucede en la planta a tiempo real, algunos ejemplos de datos importantes son la velocidad de la máquina, la eficiencia de los cortes en la máquina, y además obtener la información proveniente de los sensores que se encuentran a lo largo de la línea de producción.

El sistema de monitorización sería capaz de la predicción de alguna falla en la línea. Ya que, al tener la información de los sensores, se puede tener una respuesta más rápida para analizar la falla. Dicha monitorización cuenta con un interfaz humano máquina, donde se pueda observar el estado de los sensores de las máquinas e interacciones que debería realizar el administrador del SCADA.

Palabras Clave: PLC, Sensores, Programación Escalera, Visual Studio, SCADA

## Abstract

This Project is developed in the company VICESA, which is responsible for the manufacture of glass bottle for industry like alimentary and pharmaceutical. To get the final product it is necessary pass by many stages in the company, the most relevant to the project are the industrial furnaces, cutter, mold, temper, machine verification and human verification.

This project develops the systems to monitoring the information in a production line, where information can be obtaining form the PLCs. The main reasons are informing to every person in the plant about the speed, cutter efficiency of the machine, line efficiency. Another advantage from the monitoring system it is the detection about a failure in the line.

The monitoring system should have a human machine interface like a SCADA, where you can see the status of the sensors, and in the administrator, login has more options to interact in the SCADA.

Keywords: PLC, Sensors, Ladder Programming, Visual Studio, SCADA

## Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, por el apoyo incondicional a lo largo de la carrera y por enseñarme a nunca darme por vencido a pesar de que la situación sea difícil, a todas las personas que han llegado a mi vida y me han ayudado a salir adelante.

**Andrés Esteban Hidalgo Rojas**

## Agradecimientos

Le agradezco a Dios por permitirme llegar a este momento, a todos los profesores que han estado para enseñarme e instruirme en la carrera, a mi profesor asesor Ing. Carlos Mauricio Segura por sacar el tiempo para atender mis dudas y orientarme con el proyecto, a las personas cercanas que me han dado su apoyo incondicional, a todas las personas del departamento de Instrumentación en VICESA, pero en especial a Ing. Jorge Picado, Iván Ramírez y Marden Moraga, por los consejos, ayudas y tiempo que me dedicaron para que este proyecto fuese posible y por último a mis padres por ayudarme, tener la paciencia para estar conmigo en los momentos difíciles y siempre estar ahí para mí.

**Andrés Esteban Hidalgo Rojas**

# Índice General

---

Capítulo 1 Introducción .....	1
1.1 Entorno del Proyecto.....	1
1.2 Definición del Problema .....	2
1.2.1. Generalidades .....	2
1.2.2. Síntesis del Problema.....	3
1.3 Solución .....	3
1.3.1 Enfoque de la Solución.....	3
1.3.2. Propuesta de Solución .....	5
1.4 Meta .....	7
1.5 Objetivos .....	7
1.5.1 Objetivo General.....	7
1.5.2 Objetivos Específicos .....	8
Capítulo 2 Marco Teórico.....	9
2.1. Terminología.....	9
2.2 Recopilación de Datos .....	10
2.3 Procesamiento de Datos PLC.....	10
2.4 Comunicación de los PLC .....	11
2.5 Procesamiento de señales en el PLC Principal .....	13
2.6 SCADA.....	14
2.7 Validación del SCADA.....	15
2.8 Resumen de Datos de la Eficiencia.....	16
Capítulo 3 Desarrollo de Indicadores de Producción de Botellas VICESA.....	17
3.1 Datos de la Planta de Producción.....	17
3.2 Comunicación entre los PLC .....	19
3.3 Cálculo de Indicadores de Producción en el PLC Principal .....	24

3.4 Comunicación con SCADA.....	27
3.5 Tabla de Resumen en HTML.....	35
Capítulo 4 Análisis y Validación.....	36
4.1 Datos de la Planta de Producción.....	36
4.2 Comunicación entre los PLC .....	43
4.3 Cálculo de Indicadores de Producción en el PLC Principal .....	48
4.4 Comunicación con SCADA.....	55
4.4.1 Adquisición y Almacenamiento de Datos .....	64
4.4.2 Representación de las variables.....	64
4.4.3 Ejecución de Acciones de Control Para Modificar .....	64
4.4.4 Conectividad con Otras Aplicaciones y Bases de Datos .....	65
4.4.5 Arquitectura Abierta y Flexible.....	65
4.4.6 Supervisión .....	65
4.4.7 Transmisión de información.....	65
4.5 Tabla Resumen HTML .....	66
Capítulo 5 Conclusiones.....	68
Capítulo 6 Recomendaciones .....	69
Capítulo 7 Bibliografía.....	70
Capítulo 8 Apéndice .....	71
Capítulo 9 Anexos .....	75

## Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de propuesta de solución 1 .....	6
Figura 2. Banda Transportadora de Botellas .....	10
Figura 3. Ejemplo de configuración de comunicación .....	12
Figura 4. Ejemplo de configuración de comunicación vía ethernet .....	13
Figura 5. Ejemplo de un sistema SCADA con base de datos.....	14
Figura 6. Configuración IP de la computadora.....	20
Figura 7. Agregar Módulo En BOOT DHCP Server Para Cambiar IP .....	21
Figura 8. Cambio De IP En BOOT DHCP Al Módulo De Ethernet.....	22
Figura 9. Asignación De Variable Como Bit Consumido .....	23
Figura 10. Asignación de Variable como Bit Producido.....	24
Figura 11. Ubicación De Contadores Para Horno 100, Máquina 101 .....	26
Figura 12. Ubicación De PLC Para El Horno 100 .....	26
Figura 13. Primera Página Del SCADA.....	29
Figura 14. Información De Cada Máquina Para Un Usuario .....	31
Figura 15. Información De Cada Máquina Para Un Administrador.....	31
Figura 16. Código De Selección De Datos.....	32
Figura 17. Menú De Administrador .....	33
Figura 18. Formato Para Resumen De Eficiencia Por Cada Línea De Producción.....	33
Figura 19. Hoja De Resumen De Datos Por Cada Línea.....	34
Figura 20. Ejemplo De Tabla HTML .....	35
Figura 21. Datos De Contador En La Planta A Las 10:18 .....	37
Figura 22. Datos De Contador En El PLC A Las 10:18.....	38

Figura 23. Datos De Contador En La Planta A Las 10:30 .....	39
Figura 24. Datos De Contador En El PLC A Las 10:30.....	39
Figura 25. Datos Del PLC Horno 100 .....	47
Figura 26. Datos Del PLC Horno 200 .....	48
Figura 27. Programación Ladder Para Cálculo De Eficiencia.....	49
Figura 28. Eficiencia Línea 101 Excepción.....	50
Figura 29. Cálculo de Eficiencia .....	51
Figura 30. Cálculo De Velocidad A Doble Cavidad .....	52
Figura 31. Cálculo De Velocidad Máquina 101 .....	53
Figura 32. Velocidad Máquina 101 .....	54
Figura 33. Usuario O Contraseña No Existe .....	56
Figura 34. Datos De PLC En SCADA .....	57
Figura 35. Datos De PLC En RSLogix.....	58
Figura 36. Nuevo Usuario Agregado En SCADA.....	60
Figura 37. Segundo Usuario Agregado En SCADA .....	60
Figura 38. Prueba De Funcionamiento De SCADA.....	61
Figura 39. Datos De Eficiencias En El SCADA .....	62
Figura 40. Datos De Eficiencia Obtenidos Por VICESA .....	62
Figura 41. Formato HTML Sin Ningún Archivo Cargado .....	66
Figura 42. Formato HTML Con Datos Cargados.....	67

## Índice de Tablas

Tabla 1. Requerimientos del SCADA. [5].....	15
Tabla 2 Valores de MAC, IP, Para Los Módulos De Ethernet.....	21
Tabla 3. Valores de Botellas Para La Línea De La Máquina 101 .....	41
Tabla 4. Diferencia Porcentual Entre Contador y PLC .....	42
Tabla 5. Lista De Variables PLC 172.25.7.6, Horno 100.....	44
Tabla 6. Lista De Variables PLC 172.25.7.7, Horno 200.....	44
Tabla 7. Lista De Variables Reset PLC Horno 100.....	45
Tabla 8. Lista De Variables Reset PLC Horno 200.....	46
Tabla 9. Lista De Valores Para Cálculo De Eficiencia.....	51
Tabla 10. Lista De Valores Para Cálculo De Velocidad .....	55
Tabla 11. Valores de SCADA y PLC Para La Máquina 101 Línea 1 .....	59
Tabla 12. Valores De Eficiencia En SCADA Y Departamento Producción Máquina 101 ..	63

# Capítulo 1

## Introducción

---

Esta sección está compuesta por el entorno del proyecto, la definición del problema presente en VICESA, la solución para dicho problema, terminología del texto, la meta del proyecto y los objetivos, general y específicos.

### 1.1 Entorno del Proyecto

La empresa VICESA pertenece al grupo VICAL, el cual tiene como objetivo satisfacer el mercado de envases de vidrio a nivel Centro Americano y Caribe, como principal meta de la empresa tienen estar a la vanguardia tecnológica de la elaboración de sus productos para suplir al mercado de envases.[6]

En la empresa VICESA se realizan las botellas de vidrio a nivel nacional, en este proceso se tienen dos hornos industriales donde se calienta la materia prima, la cual deberá pasar por varios procesos para llegar al producto final, la empresa cuenta con dos etapas, una etapa caliente en donde se pasa de materia prima a gotas de vidrio (velas) y posteriormente al soplado de botellas, una vez moldeada las botellas deberán pasar por un proceso de acondicionamiento térmico, para llevarlas a la temperatura ambiente; una vez realizado este se pasa a la etapa fría, la cual se encarga de la verificación de imperfecciones, donde estas pasan por una máquina verificadora y seguidamente pasa a un verificador humano que las revisan nuevamente, con el fin de ver detalles que la máquina no detecta.

Para las etapas se cuenta con una serie de contadores a lo largo, sin embargo, estas dos etapas se encuentran separadas, esto genera que la información de éstas se encuentran aisladas entre sí, por lo que es necesario la contratación de dos personas que realicen las mediciones cada hora, con el fin de mantener actualizada la eficiencia total de las máquinas. Este procedimiento genera una variabilidad considerable ya que se deben tomar los datos de todos los contadores de las máquinas, las cuales contienen siete líneas de producción con al menos cinco contadores por cada máquina, por lo que se desea que la recopilación de datos sea a tiempo real y con acceso para las personas de la planta que necesiten la información.

El control de la información en una planta de producción requiere de una manipulación especializada, ya que la información obtenida de la planta es de vital importancia para tener el control de esta, por lo que los datos que brindan las máquinas son de suma importancia para que la empresa tenga ganancias, si se hace una mala manipulación de estos, puede afectar el desempeño de la planta generando gastos innecesarios.

De manera que, es necesario tener dispositivos electrónicos capaces de la recopilación de estos datos, con el fin de que las personas encargadas de la planta y de la producción, tenga conocimiento del comportamiento del proceso. De lo contrario el manejo de datos es impreciso lo que genera una variabilidad en el proceso.

## **1.2 Definición del Problema**

### **1.2.1. Generalidades**

El proceso de manufactura de la empresa VICESA es de 24 horas al día toda la semana, por lo que es indispensable tener un monitoreo de lo que sucede en la planta, y es importante que el personal de planta y administrativo tenga la información de cómo va el funcionamiento de la línea de producción. Por lo tanto, para obtener esta información se debe realizar la toma de datos de manera manual, que tiene como consecuencia que los datos no sean a tiempo real.

A pesar de que las máquinas cuentan con sensores para cada etapa y controladores lógicos, la información recopilada es muy general ya que es la cantidad de botellas que salen como producto final con respecto a las velas de vidrio provenientes del horno y la cortadora, Por lo que hacer uso de estos sensores, podría ayudar con respecto a que la monitorización sea más detallada y brinde más información para la producción, de modo que se conozca mejor el rendimiento de la máquina.

Como se mencionó anteriormente, debido a que la toma de datos depende del factor humano, genera una incertidumbre que no permite mejorar el proceso de manufactura. Además de que al momento de realizar la ronda de recopilación de datos el tiempo que tarda, puede inducir a un error con respecto a la información de la línea. Además de que existen valores de eficiencia como la del verificador que son aproximaciones que hacen con respecto a la información obtenida de los contadores.

### **1.2.2. Síntesis del Problema**

La planta de VICESA no cuenta con un método de monitorización en la recopilación de los datos, por lo que actualmente estos dependen del personal, lo cual afecta la obtención de la información, generando incertidumbre en los datos recolectados, ya que el factor humano puede inducir a un error como la lectura incorrecta de un dato o bien una duración anormal en la recolección de estos, puede generar que los datos no sean representativos, debido a que deben de recorrer la planta en el menor tiempo posible, porque de lo contrario la eficiencia no será acertada con respecto a la línea, provocando una mala interpretación de la información.

## **1.3 Solución**

### **1.3.1 Enfoque de la Solución**

La empresa cuenta con un sistema de monitoreo humano en la planta, donde la persona se desplaza a lo largo de esta con un bolígrafo y una hoja de papel, apuntando los datos de las velas de vidrio, las botellas en caliente, y en frío. Con el fin de pasar esta información a una hoja de Excel, y una vez realizado esto, la información se despliega en un área de la planta para que las personas cercanas puedan observar el rendimiento de la planta y se comparte un documento de Excel para los jefes de los departamentos Además este proceso puede durar aproximadamente 30 minutos desde la toma de datos hasta la actualización de la planta. Por lo que se desea realizar una recolección de datos hora a hora y que lo genere automáticamente para así tener la información a tiempo real.

Esto se puede lograr con el desarrollo de una nueva recopilación de datos, donde la información proveniente de los sensores se pueda utilizar para obtener los valores que se desean, además de que estos se envíen a un SCADA donde se genere una base de datos con la eficiencia hora a hora. De esta manera todas las áreas, como Producción, Gerencia, Ingeniería y Mantenimiento, puedan tener acceso a dicha información y tomar los datos que necesiten, sin necesidad de ir a la planta.

Por lo que para la solución del problema se propone hacer uso de un controlador con la capacidad de manipular las señales provenientes de la línea de producción y además que

se desea que la etapa caliente y fría ya no se encuentren aisladas de manera que estas señales se introduzcan en un controlador principal.

En este controlador se debe obtener la información de las señales requeridas y en la programación se debe realizar el cálculo de los datos como lo es el tiempo muerto de la planta, la eficiencia de cada máquina, velocidad de la máquina y cantidad de productos elaborados por fila de producción.

Una vez obtenidos los datos anteriores, se desean pasar a un computador de la empresa en el cual se va a tener el SCADA que muestre y almacene los datos de la eficiencia, para que el personal pueda ver la información a tiempo real, esto quiere decir que también se propone implementar una página HTML con el resumen de la eficiencia, pero para lograr este objetivo, se debe crear un servidor local en la computadora que tiene el SCADA.

Se desea poner la información en más puntos de las empresas, por ejemplo, en las oficinas de los jefes de Ingeniería y Gerencia. Con el fin de que esté en constante revisión por las personas de Mantenimiento, por lo que es importante que el manejo de la información y la manera en la que se muestre tiene que ser clara para el personal.

Una vez claro el énfasis de la solución, se realiza una posible solución, la cual se mencionará a continuación.

### **1.3.2. Propuesta de Solución**

Esta parte consiste en un resumen de la solución para el problema que se mencionó anteriormente.

Para esta propuesta de solución se plantea realizar un sistema de manipulación de datos, mediante el uso de PLCs, los cuales tienen la capacidad de manejo de datos de la empresa, ya que la mayoría del control de la planta está implementado en esta plataforma. Además de la versatilidad que estos permiten ya que tienen la posibilidad de conexión vía ethernet, lo cual beneficia a la segunda etapa del proyecto.

Para esta etapa es necesario poner dos PLC secundarios, en donde reciban las señales de la línea de producción del área fría, y estos controladores se deben comunicar con un PLC principal. De manera que la adquisición de datos vaya desde los sensores hasta los PLC secundarios. En donde estos se encargan de interpretar las señales y enviar la información necesaria al PLC principal.

Para el diseño del PLC principal, se tiene que tomar en cuenta que hay que estudiar el programa que se tiene implementado, de manera que se puedan utilizar las variables que estén procesadas en este, y que las señales sean las necesarias para continuar con el procedimiento del cálculo de la eficiencia, además se debe de verificar que todo el funcionamiento se encuentre en orden.

Una vez realizada el cálculo de los datos a mostrar, se preparan para ser enviados a una interfaz de SCADA, por lo que es necesario realizar la configuración entre esta interfaz y el PLC principal, ya que estos se deben de conectar de manera remota, vía ethernet. Además, se debe realizar una hoja de resumen con los datos actualizados de las últimas 24 horas de producción, la cual se propone realizar en una plataforma de SQL debido a que es una base de datos empresarial y se puede comparar con la hoja elaborada por los ingenieros de planta, la cual se adjuntará más adelante.

De igual manera, es necesario que la interfaz cumpla con requerimientos de un fácil uso y permite realizar modificaciones para personas autorizadas.

En la figura 1 se mostrará una propuesta del diseño para la solución del problema.

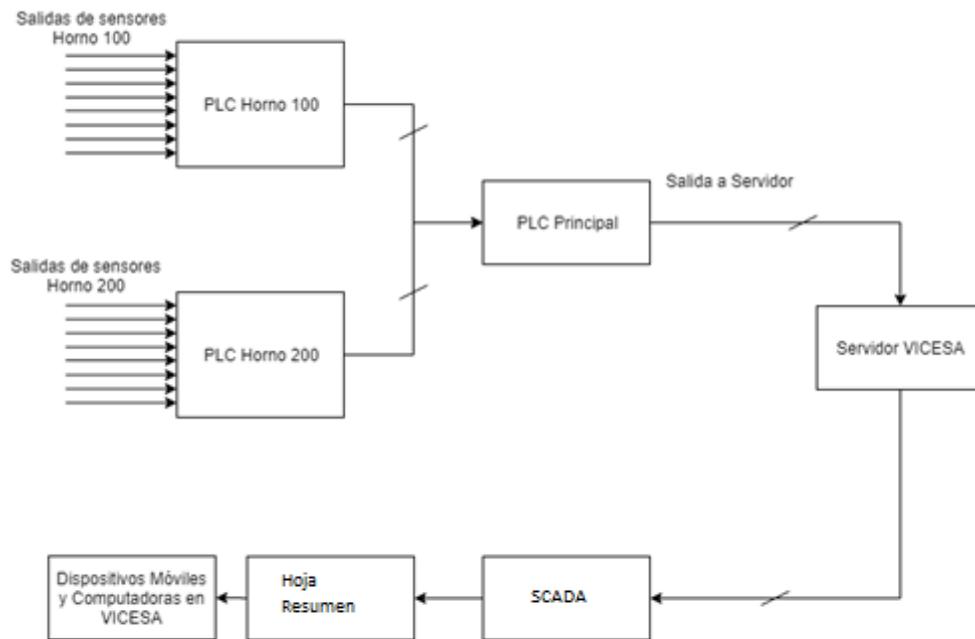


Figura 1. Diagrama de propuesta de solución 1

Fuente: Propia

## **1.4 Meta**

Monitorear el proceso en la planta, de manera que se tenga una inspección adecuada sobre las líneas de producción, incrementando el rango de información y la detección prematura de una posible falla.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Desarrollar un sistema de monitorización de datos para la línea de producción, de manera que se tenga la información de la eficiencia en las máquinas a tiempo real y mostrar una base de datos la cual tenga una hoja de resumen con los datos del día anterior, además de facilitar la información mediante un SCADA a las personas que la requieren.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

a) Establecer la comunicación entre el PLC primario y los PLC secundarios, de manera que estos envíen la información de los sensores que se encuentran a lo largo de la línea de producción.

b) Basar la eficiencia de la línea de producción con respecto a los datos obtenidos de la planta, de manera que esta información sea el valor verídico de la línea de producción, además de que el dato se encuentre de manera comprensible para los encargados del proceso.

c) Desarrollar una Interfaz por medio de un SCADA, en donde se interprete la información a tiempo real de la planta y posteriormente generar una base de datos en Excel el cual será un resumen con los datos de eficiencia de las últimas 24 horas.

## Capítulo 2

### Marco Teórico

---

Esta sección tiene como objetivo orientar al lector acerca de los procedimientos que se van a realizar para completar el proyecto, de manera que busca establecer conceptos que respalden el desarrollo de las actividades que se realizan. Por lo que se hace uso de diagramas, tablas y figuras las cuales tienen como propósito orientar al lector.

#### **2.1. Terminología**

Esta sección consiste en la orientación del lector con respecto a los conceptos que se utilizaran en todo el proyecto.

En la lectura cuando se hace referencia a sensores, se trata de dispositivos capaces de percibir una sensación del medio, de manera que si esta cambia, se representa por aumento o disminución en la magnitud de dicha medición. Existen muchos tipos de sensores, por ejemplo, los sensores de paso los cuales tienen como función determinar cuando son interrumpidos.

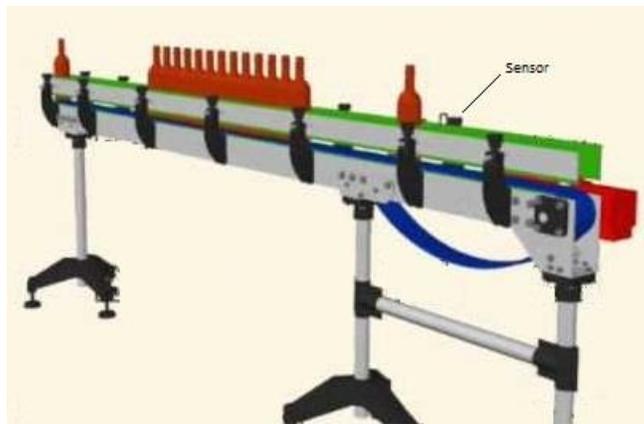
Se menciona PLC, se refiere a la abreviatura en inglés de Controlador Lógico Programable, Programmable Logical Controller, el cual es una computadora donde las entradas son señales provenientes de los sensores y tienen como objetivo indicar como está la planta, de manera que la salida del PLC sea capaz de dar una acción control de la máquina, con un programa diseñado para la planta.

Un SCADA, se refiere al acrónimo en inglés de Supervisión, Control y Adquisición de Datos, Supervisory Control And Data Acquisition, el cual consiste en el desarrollo de un programa, el cual será instalado en una computadora, el SCADA es capaz de controlar a un PLC, además de que puede recopilar los datos provenientes del mismo. [5]

Una Base de datos, se refiere a un conjunto de datos, almacenados en el programa, el cual tiene como objetivo, hacer uso de esos datos en cualquier momento, por lo que en el proyecto se utiliza con el fin de mostrar la información almacenada, para estudiar el desempeño de la máquina.

## **2.2 Recopilación de Datos**

Para la realización del proyecto se necesita la recopilación de los datos provenientes de los sensores ubicados en la máquina con el fin de que estas señales sean recibidas en los respectivos PLC. Estas señales son pulsos, los cuales indican cuando una botella pasa por el sensor, este cuenta con una configuración NPN, lo que quiere decir que su estado natural es un cero (no tiene voltaje) y cuando se ve interrumpida conmuta a uno (valor de fuente). En la figura 2 se hace referencia a una parte de una línea de producción, es una imagen con fines ilustrativos, en la cual se encuentra el sensor mencionado.



*Figura 2. Banda Transportadora de Botellas*

**Fuente:** (Del Pino, Delineante Industrial)

Esta etapa de sensores es de gran importancia debido a que en la línea ya se cuentan con algunos sensores para la eficiencia que se tiene actualmente, sin embargo, es necesario agregar más debido a que se desea sacar el porcentaje de rechazo que tiene el verificador. En la línea de producción se debe agregar un contador más antes de cada verificador en cada una de las líneas, ya que se tiene únicamente un contador al final de esta.

## **2.3 Procesamiento de Datos PLC**

El cálculo que se realizará en el PLC se encarga de la recepción de los datos provenientes de los sensores, para así determinar la cantidad de botellas que pasan por un área en específico, con el fin de mostrar la información necesaria para las personas

encargadas del proceso. Estos sensores provienen de varias etapas; por lo tanto, los PLC se deben ubicar de manera que todas las señales provenientes de la planta se asignen al controlador más cercano, de aquí la idea de utilizar dos PLC, uno para cada horno.

Es importante mencionar, que todas las señales deben recorrer una distancia considerable debido a la ubicación de los PLC, por lo que es de suma importancia diseñar una ruta que no sea de gran extensión y que se vea lo menos afectada por las máquinas y el paso de las personas.

Con el fin de realizar el programa de eficiencia en los PLC se debe de estudiar la herramienta y el tipo de programación que se requiere para este dispositivo, ya que dependiendo de la marca del PLC la herramienta para realizar la programación varía. En el caso de VICESA utilizan la marca Allan Bradley con el programa Rockwell RSLogix 5000, al igual que todos se programa en escalera, el cual es programado de manera similar a un diagrama eléctrico haciendo uso de interruptores y relés.

La recepción de las señales provenientes de los sensores debe ser en los PLC, ya sea el principal o secundario. Las señales provenientes del área caliente serán asignadas al PLC principal, la razón es debido a la cercanía de las señales; estas ya se tienen en la planta debido a que se tienen contadores instalados en esta etapa de la línea, las señales provenientes del área fría serán asignadas al PLC secundario esto debido a que no se han ubicado todos los contadores ni el mismo PLC por lo tanto se debe discutir la posición de donde será ubicado cada componente, con el objetivo de que se disminuya la distancia entre las señales y el PLC.

## **2.4 Comunicación de los PLC**

Con las señales en el PLC se debe de realizar una comunicación entre los PLC ya que las señales recibidas se tienen que manipular de manera que sea información útil para el personal de VICESA, por lo tanto, dichas señales se deben enviar de un PLC a otro. Según los tipos de PLC Allen Bradley este tipo de conexión varía, en el caso de VICESA ellos cuentan con el tipo 1756 Control Logix, para este tipo se posee un módulo de ethernet, el cual funcione como emisor y receptor de datos del computador (RSLOGIX 5000) y el PLC.

Sin embargo, el alcance del proyecto es realizar una red de comunicación entre los PLC anteriormente mencionados, de igual manera se considera realizar una red Wifi con el fin de evitar los cables en la planta, o en su defecto conectarse a la red interna de VICESA con el fin de que todos estén en el mismo dominio, y se puedan comunicar.

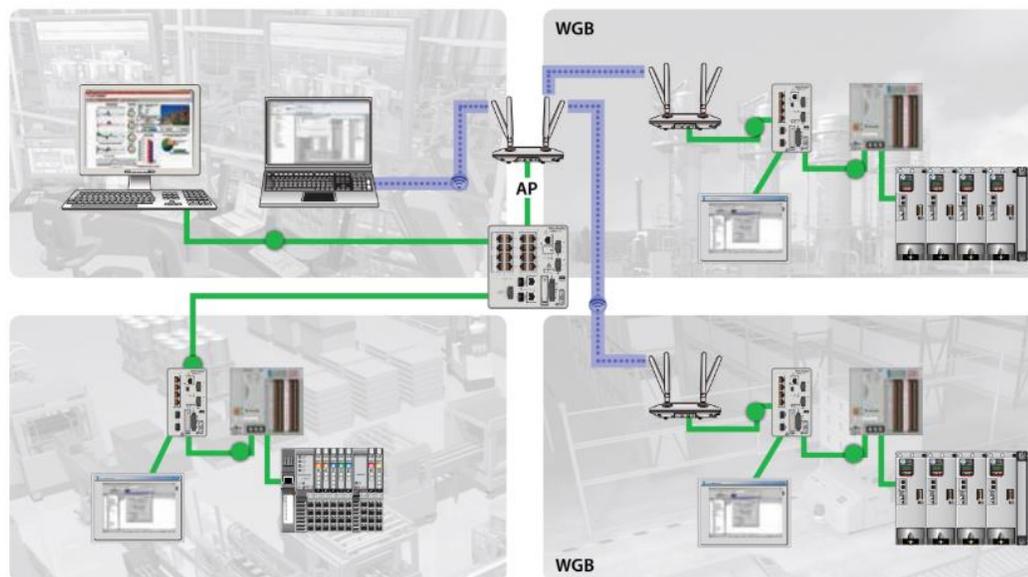


Figura 3. Ejemplo de configuración de comunicación

**Fuente:** Rockwell Automation Stratix 5100 Access Point.

Como se puede observar en la figura 3 se tiene como objetivo hacer uso de tres módulos que tengan la función de hacer la conexión inalámbrica ya que el PLC únicamente cuenta con entrada de red ethernet. Una vez realizada esta etapa la red queda habilitada para la comunicación. El problema que genera esta solución es el costo que genera comprar tres Router para realizar la red Wifi.

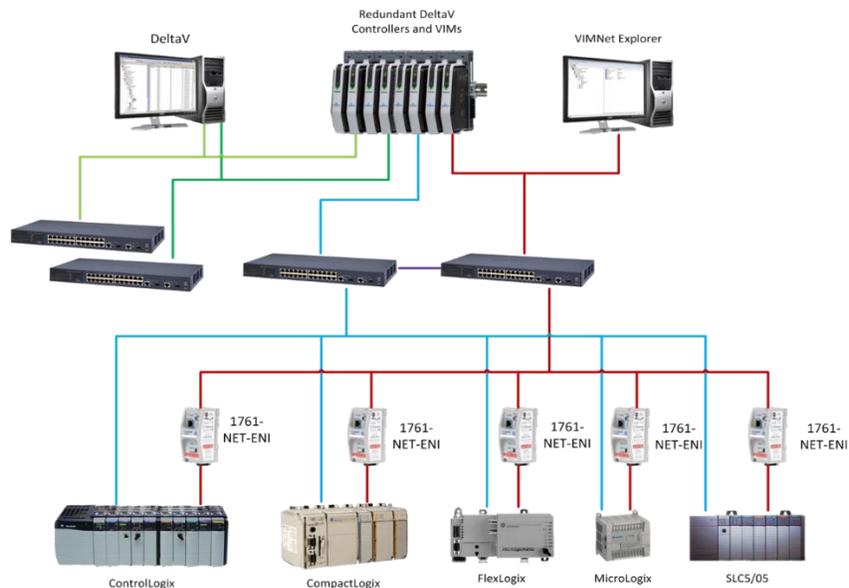


Figura 4. Ejemplo de configuración de comunicación vía ethernet

**Fuente:** Conexión ethernet para una red de PLC.

De manera análoga se realiza la comunicación vía ethernet, la diferencia radica en que este sistema de comunicación es cableado y abarca más espacio que el anterior, no obstante, en la planta se cuenta con puntos de acceso para la conexión a la red de VICESA, disminuyendo el cableado y haciendo que la red sea más estable.

## **2.5 Procesamiento de señales en el PLC Principal**

Las señales provenientes del PLC secundario son enviadas al PLC principal donde estas deben ser manipuladas para que se obtengan los valores necesarios del porcentaje de eficiencia, y así enviarlos a un SCADA, donde un operador se encargará de la verificación constante de estos valores.

Es importante que el PLC principal obtenga todas las señales que tienen referencia para la etapa de eficiencia de la línea, además de las señales que previamente se encontraban en el PLC, por lo tanto, previamente se debe estudiar el programa con el fin de tener en claro el nombre de las variables ya existentes y la función que estaban cumpliendo en este PLC. Para así tener en claro y definir las variables de manera que representen la función que estas van a realizar.

Para la etapa de procesamiento de datos, el tipo de programación es en escalera, por lo tanto, se debe realizar una investigación de los bloques que tienen como función un proceso matemático, debido a que para obtener la eficiencia se requiere de multiplicación y divisiones.

## 2.6 SCADA

El SCADA se encarga de ser la interfaz gráfica para que el personal autorizado supervise la planta, este se debe ejecutar en un computador con acceso a la misma red que se encuentre el PLC ya que estos se deben de comunicar.

Para dar una mejor visión de lo que un sistema SCADA puede brindar, se tomó un ejemplo de uno en la figura 5, en la cual se puede observar que tiene botones y bases de datos. Con base en este sistema se planea el diseño del sistema para VICESA, de manera que cuente con botones para el reinicio de contadores, cambios de pestaña y también de tablas para las bases de datos.

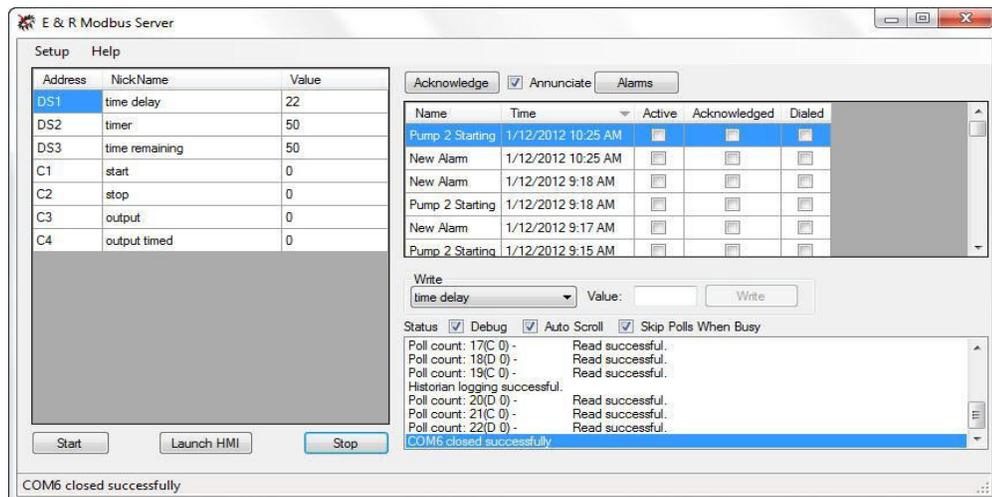


Figura 5. Ejemplo de un sistema SCADA con base de datos

**Fuente:** ER SCADA System

Debido a que el SCADA tiene funciones específicas para el control, supervisión y recopilación de datos, se debe encontrar uno que se adapte de la mejor manera a las

necesidades del proyecto, además se debe buscar uno preferiblemente gratis, debido a que la mayoría de estos tienen un costo muy elevado.

La principal función del SCADA debe ser la supervisión de los datos obtenidos de la eficiencia, además, este debe cumplir con otras condiciones como lo es una interfaz gráfica amigable para el usuario, de tal manera que cumpla con las normas de un SCADA[5].

El sistema de supervisión debe de contar con diferentes etapas, como lo es registro e ingreso de usuarios, información de los contadores y eficiencia de la planta y un resumen de la eficiencia en formato de tabla.

## **2.7 Validación del SCADA**

Como se menciona en el tercer objetivo específico, se debe de realizar una validación de la interfaz, que en este caso es un SCADA, por lo tanto, debe de cumplir con ciertos requisitos con el fin de que se verifique su funcionalidad y además garantice que es de fácil uso para todos los usuarios.

Para que se dé la validación de lo estipulado el SCADA a realizar debe de cumplir con las características que se encuentran en la Tabla 1.

*Tabla 1. Requerimientos del SCADA. [5]*

1	Adquisición y almacenamiento de datos.
2	Representación gráfica de las variables.
3	Ejecución de acciones de control para modificar.
4	Conectividad con otras aplicaciones y base de datos.
5	Arquitectura abierta y flexible.
6	Supervisión.
7	Transmisión de información.

**Fuente:** Los sistemas SCADA en la automatización industrial.

## **2.8 Resumen de Datos de la Eficiencia**

Esta etapa consiste en la recopilación de la eficiencia en la línea de producción, de manera que estos se almacenen en una base de datos que se pueda acceder, ya sea por un archivo de CSV o un HTML y en una ventana del SCADA.

Para la recopilación de estos datos se planea que a cada hora se almacenen los datos obtenidos, ya que estos están mostrados en tiempo real. Y también debe existir un botón en el cual grabe los datos almacenados hasta el momento que se presione. De tal manera que estos se almacenen en un archivo el cual posteriormente se pueda observar en la red interna de la empresa.

## Capítulo 3

### **Desarrollo de Indicadores de Producción de Botellas VICESA**

---

La siguiente etapa consiste en la descripción del desarrollo de la solución para el problema existente en la empresa VICESA, por lo que en esta etapa se abarcarán los detalles del proceso de dicha solución, con ayuda de imágenes y tablas para la orientación del lector.

#### **3.1 Datos de la Planta de Producción**

Para la elaboración del proyecto se necesitan dos PLC debido a que el tamaño de la planta es muy extenso por lo que el cableado de los sensores hasta un solo PLC complicaría la puesta en marcha y las modificaciones a la planta serían muy grandes además de costosas. Por lo tanto, hacer uso de otro PLC disminuye las modificaciones físicas que se deben de realizar a la planta buscando una posición óptima donde los sensores del área fría se encuentren cerca del PLC secundario.

La planta consta de varias etapas, desde el proceso de preparación de la materia prima, hasta el producto final empacado, pero para el proyecto, el área de interés es la etapa de elaboración de las botellas, donde entra la materia prima al horno hasta el producto finalizado y verificado por el inspector. En el transcurso de este trayecto se cuenta con cinco contadores por cada línea de producción.

Actualmente la empresa cuenta con dos hornos industriales denominados como, horno 100 y horno 200. Cada horno tiene tres o cuatro máquinas para fabricar botellas donde todas tienen la misma cantidad de sensores. Las máquinas se denominan como:

1. Máquina 101
2. Máquina 103
3. Máquina 104
4. Máquina 201
5. Máquina 202
6. Máquina 203
7. Máquina 204

Como se puede observar en la numeración anterior, se tiene 7 máquinas y el horno 100 presenta una máquina menos, sin embargo, la máquina 101 cuenta con tres ramificaciones, las cuales surgen después de la etapa de verificación por máquina, esto indica que es la máquina más grande que tiene VICESA, por lo tanto, es la que primero se va a poner en marcha el desarrollo. Y a pesar de que esta es la de mayor capacidad y extensión, tiene la misma configuración de los sensores.

El programa para programar el PLC es el de Rockwell RSLOGIX 5000 para los Allen Bradley serie 1756, conjuntamente se necesitan otros programas para realizar la configuración como lo es *RSLinx*, *BOOTP DHCP Server* y *EDS Hardware Installation Tool*, estos son necesarios únicamente para la configuración y programación. Para el procedimiento del SCADA y la visualización HTML, son necesarios otros programas que se mencionaran posteriormente.

Como primera parte del proyecto consiste en el estudio de la programación en escalera, la cual corresponde al PLC que se va a utilizar, también para comenzar la programación se debe de revisar el programa existente, debido a que este tiene señales necesarias para la elaboración del proyecto, como lo son las señales de las cuchillas y las botellas fabricadas antes de entrar al templador.[1]

Es necesario realizar la instalación de nuevos sensores en el área fría debido a que esta solo cuenta con un contador al finalizar la línea, por lo que se debe realizar la compra de sensores y determinar la ubicación de estos, ya que un alcance del proyecto es cuantificar la cantidad de botellas que se desechan por el verificador (humano), debido a que este cálculo lo toman como un aproximado. Además, se debe cuantificar cuantas botellas salen con respecto a las velas que entran en el proceso de manufactura.

Se debe verificar que la cantidad de botellas que pasan por un contador físico correspondan a las botellas reales, esto es fundamental ya que si el contador recibe una señal incorrecta perjudicaría el desarrollo del proyecto. Una vez verificado el funcionamiento de este se debe corroborar que la conexión con el PLC sea correcta, de manera que la señal que reciba corresponda a la cuenta de las botellas.

Se realizará una verificación del contador en el PLC con respecto al contador físico ya existente, de tal forma que, si estos tienen el mismo valor o incrementan de la misma manera, indicado que las señales recibidas son correctas. Se recomienda realizar pruebas en diferente momento para corroborar que el funcionamiento es estable y no se ve afectado por la variación del flujo de botellas en la planta ni por el tipo de botellas que estén produciendo.

La primera etapa se elabora en el PLC secundario, en este se reciben las señales provenientes del área fría, con el objetivo de realizar un contador por cada línea, una vez que se obtenga ese resultado debe ser enviado al PLC principal en el cual va a ser procesado para calcular el resultado de la eficiencia en la línea de producción.[1]

### **3.2 Comunicación entre los PLC**

Con los datos de contador obtenidos en el PLC secundario se debe realizar una conexión entre PLCs, con el fin de que los datos del área fría puedan ser procesados en el PLC principal. Se procede a realizar una etapa de comunicación entre estos, sin embargo, para la realización se deben encontrar en un mismo dominio de red. Es importante realizar dos programas diferentes en el programa RSLogix 5000, uno dedicado al conteo, envío de datos y reset de contadores y el otro dedicado a la recepción de datos, cálculo de eficiencia y también envío de bits para el reset de contadores.

Para esta etapa es necesario hacer uso de los programas *BOOTP DHCP Server* y *RSLinx*, debido a que los módulos de ethernet del PLC generalmente se encuentran en diferente dominio IP, por lo que se debe configurar en un mismo, además de que deben coincidir con el dominio de la computadora en la que se está programando y en la que se encuentra el SCADA.[2]

Para el caso de la computadora se debe configurar una red con una IP estática, sin embargo, como primer paso se deben configurar los módulos ethernet del PLC al dominio escogido para el computador, una vez realizado este cambio con el *BOOTP DHCP Server*, se procede a utilizar el *RSLinx* para agregar un nuevo PLC y este esté disponible para programar. Una vez asignado el dominio, se debe buscar los valores de IP estáticos para los módulos de ethernet que se le asignaran al PLC.

Como se menciona anteriormente se define una dirección IP estática para la computadora, para esto se debe acceder centro de redes y recursos, propiedades de red local, protocolo IPv4, establecer IP estática y asignar la siguiente 172.25.6.10, en la figura 6 se puede observar la asignación de la dirección IP. Se escoge esta debido a que es el dominio en el que se encuentra la red interna de VICESA, por lo tanto, se debe mantener en esta dirección para que la comunicación sea posible entre los PLCs, el SCADA y la computadora de los PLCs.

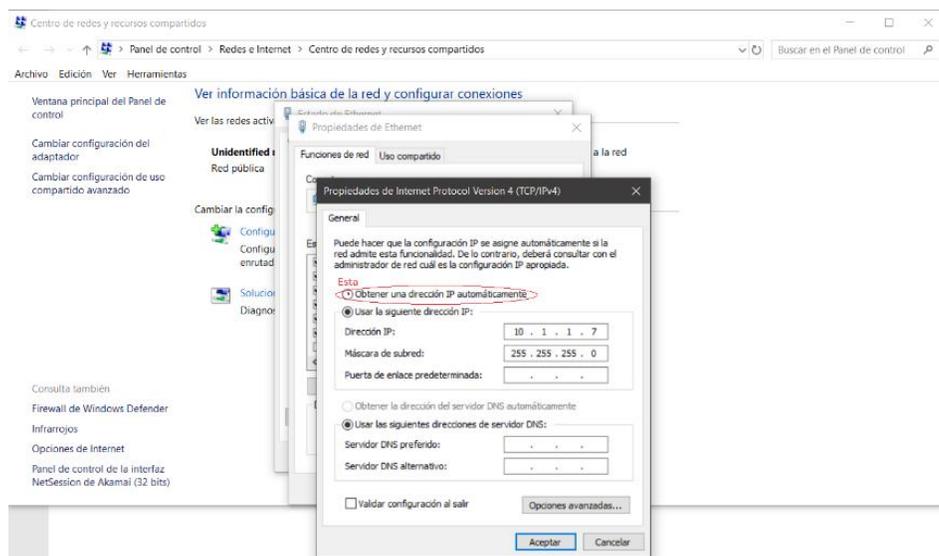


Figura 6. Configuración IP de la computadora

**Fuente:** Propia

Una vez configurado el sistema se debe de cambiar los módulos de ethernet al mismo dominio de Vicesa, por lo que se tiene que hacer uso de los programas mencionados anteriormente, para este proceso se debe tomar las direcciones MAC de los módulos y la IP que tienen predeterminada, para deshabilitar el BOOT y DHCP. El proceso se puede observar en las figuras 7 y 8. En la tabla 2 se puede observar, la MAC, la IP anterior y la nueva IP asignada para el proyecto.

Tabla 2 Valores de MAC, IP, Para Los Módulos De Ethernet

PLC	MAC	IP Anterior	IP Nueva
Principal	00:00:BC:39:81:9E	10.1.1.11	172.25.6.5
Horno 100	00:00:BC:2F:B7:69	111.111.111.100	172.25.6.6
Horno 200	00:00:BC:2F:B5:D2	111.111.111.103	172.25.6.7

Fuente: Propia.

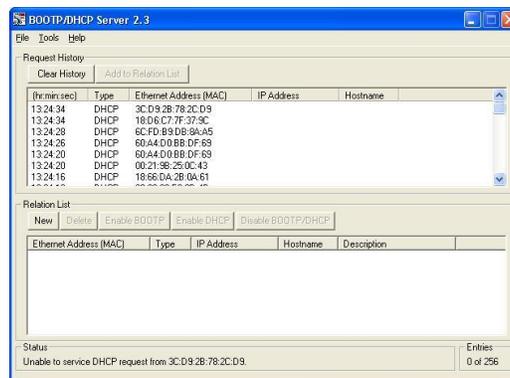


Figura 7. Agregar Módulo En BOOT DHCP Server Para Cambiar IP

Fuente: Propia

En la figura 7 el procedimiento consiste en agregar el PLC al programa para deshabilitarle el BOOT y DHCP, con el fin de que al reiniciar el módulo esté disponible para configurar una nueva IP, sin embargo, para que esto sea posible el equipo debe estar en el mismo dominio de IP para que el módulo sea visible, una vez deshabilitado eso, ya se puede retornar la IP de la computadora al dominio de VICESA.

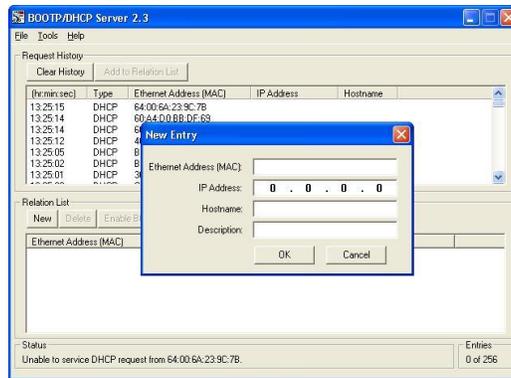


Figura 8. Cambio De IP En BOOT DHCP Al Módulo De Ethernet

**Fuente:** Propio

En la figura 8 se tiene el procedimiento de asignación de IP al módulo de ethernet, una vez agregado, se debe deshabilitar el BOOT y DHCP, ya que, si no se realiza esto, al momento de reiniciar el PLC, se va a olvidar la IP que se le asignó en el proceso.[2]

Una vez realizada la configuración de los módulos de ethernet se procede a realizar la programación de la comunicación, la cual se realiza en el programa RSLogix 5000, que permite comunicar los PLCs, uno con el programa de eficiencias (principal) y el otro con el de recepción de datos (secundario). Para esto es necesario agregar los módulos de ethernet y asignar una etapa que funcione como *host* o como *guest*, dependiendo del PLC en el que se encuentre. Para el PLC principal, el módulo se debe de programar como *guest*, debido a que el PLC secundario se encarga de enviar los datos y debe ser el *host*. [2]

Los datos por enviar deben ser los números del contador que se tiene en el PLC secundario, de tal manera que la configuración de envío debe ser un mensaje con estos valores, este debe indicar a cuál contador corresponde el dato enviado, ya que de lo contrario no se podría distinguir la línea de producción a la que hace referencia el mensaje enviado. Para lograr la comunicación de datos es necesario enviar un bit sincronización, donde los programas del PLC principal y secundario envíen y reciban mensajes en el tiempo establecido, además de crear variables distintas para cada contador.

Para el PLC secundario se debe de crear las variables a enviar como mensaje, y asignarle la variable que se desea transmitir estas se deben definirse como variables DINT (*Double Integer*). Para el PLC principal se deben de crear la misma cantidad de variables y definir las como DINT, de esta manera cuando los datos se actualicen en el PLC secundario estos datos se actualizarán en el PLC principal, cada vez que el temporizador se lo indique.

En las figuras 9 y 10 se muestra la asignación del tipo de variable para el envío y recepción del mensaje asimismo se muestra el tipo de dato a enviar DINT, el cual se refiere a un número entero de 32 bits sin signo, por lo tanto, la cantidad de datos que soporta este tipo de variable es muy grande.

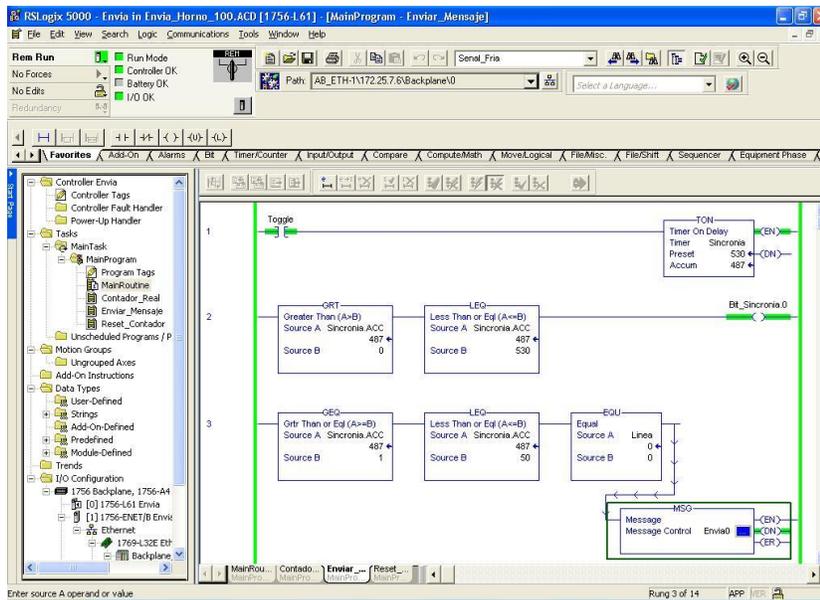


Figura 9. Asignación De Variable Como Bit Consumido

Fuente: Propio

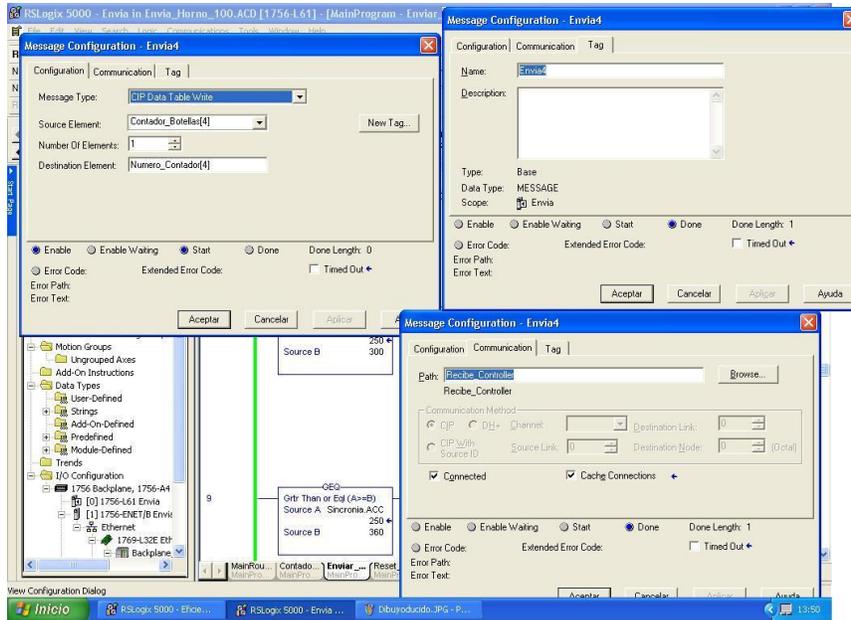


Figura 10. Asignación de Variable como Bit Producido

**Fuente:** Propio

Una vez realizada la etapa de configuración se debe de corroborar que la comunicación de los PLC es correcta, por lo que, los datos enviados deben coincidir con los datos recibidos. Se deben realizar pruebas en diferentes momentos y en un ambiente no controlado, de lo contrario puede inducir a una validación fallida. Debido a esto las pruebas deben realizarse con el flujo normal de botellas y en la planta, es decir en las condiciones que debe trabajar normalmente una vez implementado el proyecto.

### **3.3 Cálculo de Indicadores de Producción en el PLC Principal**

Una vez aprobada la prueba de comunicación se debe realizar los cálculos de la eficiencia, con los datos del área caliente y el área fría, con el fin de obtener los valores de eficiencia total de línea y de verificador. Para el cálculo de la eficiencia total en la línea se utiliza la ecuación (1).

$$E = \frac{\text{Botellas entrantes}}{\text{Botellas Realizadas}} \times 100 \quad (1)$$

Donde :

Velas = Corresponde a la cantidad de materia prima cortada para ser procesada.

Botellas Realizadas = Es el producto final después de pasar por el verificador humano.

Para la verificación de este cálculo se debe de realizar una comparación con los datos obtenidos por el personal de producción y los datos obtenidos con el programa desarrollado en el PLC, de tal forma que los datos de eficiencia obtenidos por ambos métodos tengan un comportamiento similar, ya que no es posible que estos sean iguales debido a que la persona encargada de la recopilación de los datos tiene que desplazarse a través de la planta, lo genera un error inducido por esta trayectoria, y debido al tiempo que tarda en recorrer la planta, los valores de los datos están susceptibles a cambios.

De manera análoga se calcula la eficiencia del verificador humano con la ecuación (2).

$$E = \frac{\text{Botellas Antes de Verificador}}{\text{Botellas Después de Verificador}} \times 100 \quad (2)$$

Donde :

Botellas Antes de Verificador = Corresponde a la cantidad de botellas antes de pasar por la etapa del verificador humano.

Botellas Después de Verificador = Corresponde a la cantidad de botellas después de pasar por la etapa del verificador humano.

Para la comprobación de este cálculo se debe de realizar un muestreo de botellas con los contadores externos ubicados antes y después del verificar, de esta manera se puede comparar directamente con los datos obtenidos por el PLC, este dato se debe encontrar en el SCADA en la sección de eficiencia de la planta.

Como se puede observar en la figura 11, se tiene la ubicación de los contadores que se ubicaron en la etapa fría de la línea de producción, de igual manera en la figura 12 se muestra la ubicación elegida para la ubicación del PLC Horno 100 en el área fría.



Figura 11. Ubicación De Contadores Para Horno 100, Máquina 101

Fuente: Propio



Figura 12. Ubicación De PLC Para El Horno 100

Fuente: Propio

Estos datos son importantes ya que actualmente ese porcentaje se obtiene con aproximaciones, por lo tanto, la información obtenida no es representativa con la cantidad de botellas que descarta el verificador, una vez implementado los contadores y la eficiencia de aceptación, se tiene más atención al proceso de rechazo.

Además de esta información VICESA solicita la obtención de la velocidad de máquina, la cual corresponde a la cantidad de cortes que realiza la máquina en un tiempo determinado, este cálculo se realiza con la ecuación (3).

$$v = \frac{Velas}{T_m \cdot Cavidad} \quad (3)$$

Donde:

Velas = Corresponde a la cantidad de cortes realizados multiplicado por el número de cavidades y en un tiempo predeterminado.

$T_M$  = Corresponde al tiempo de muestra, que en este caso son cinco minutos.

Cavidad = Corresponde a la cantidad de cortes que hace a la vez, puede ser desde 1 corte hasta tres, dependiendo de la máquina.

$v$  = Corresponde a la velocidad de la máquina por minuto.

Para la obtención de la velocidad se deberá establecer un tiempo de muestreo, con él y que este se repita cada hora, de igual manera, el contador de velas se debe reiniciar después de realizar este cálculo para asegurar que este represente la cantidad de cortes por minuto. Para la comprobación de la veracidad de los datos, se puede corroborar con la computadora de la planta, la cual se encarga del control automático de la máquina y además muestra esta información.

### **3.4 Comunicación con SCADA**

Una vez calculada la eficiencia por cada línea de producción se debe de crear un SCADA con el objetivo de que en este se encuentre la información de la planta, estos datos tienen que ser los valores a tiempo real. Además de generar una base de datos con la eficiencia de cada línea de producción.

El programa debe de cumplir con la particularidad de mostrar los contadores de la planta, por lo tanto, para el diseño de este se realizarán varias propuestas de programas para la elaboración del SCADA, el despliegue de la información y el formato que debe de cumplir.

Para el programador del SCADA existen varias opciones, sin embargo, se desea que este programa sea de una versión gratuita debido a que las licencias de estos suelen tener un alto costo. Entre estas opciones se encuentran:

1. Rockwell Factory Talk (De paga)
2. Wonderware (De paga)
3. Open SCADA (Gratis)
4. Advanced HMI (Gratis)

De la lista anterior se contemplan 2 opciones de paga debido a que la empresa cuenta con SCADA de las dos marcas por lo tanto están familiarizados con el aspecto del sistema, las últimas dos opciones son sistemas que no necesitan pago, por lo que se ajusta a los requisitos de la empresa.

Para la decisión del programa es necesario realizar una reunión con el fin de observar cual de todos se ajusta mejor a las necesidades de la empresa. De manera que cumpla con las funciones de comunicación con PLC Allen Bradley.

El inconveniente de Factory Talk y Wonderware es la licencia debido a que esta es muy cara y el presupuesto se ve recortado, por esta razón se buscan licencias en la empresa, con el fin de realizarlo en alguna de las plataformas, sin embargo, se encuentran versiones muy antiguas por lo que se prefiere buscar otras opciones.

Por lo tanto, las opciones se reducen a los dos programas de licencia gratuita, por recomendación de la empresa se utiliza el SCADA Advanced HMI, debido a la compatibilidad con los PLC Allan Bradley. Y este se basa en Visual Basic, por lo que tiene más soporte debido a que pertenece a Microsoft lo que brinda que está en constante actualización, con el fin de mejorar la programación, además, se puede realizar la comunicación con los PLC.

Debido a que es un programa de Microsoft se utilizan páginas de programación con el fin de aprender el lenguaje de Visual Basic, además se observan tutoriales que orientan para la programación del SCADA, las ayudas se mostrarán en la parte de bibliografías.

Una vez tomada la decisión del SCADA se debe realizar el diseño de la interfaz y la distribución del programa a realizar. Por lo que, se debe de nombrar este, buscar un ícono representativo además de darle un efecto visual agradable para el usuario y configurar las acciones básicas como, la acción que debe realizar el programa en caso de que se presione cerrar el programa, el tipo y tamaño de letra que tiene según el texto que represente. De igual manera buscar el logo de la empresa, y un fondo adecuado, que haga contraste pero que también logre captar la concentración fácilmente en el programa, por lo que se recomienda utilizar un fondo con un color sobrio. [5]

Como primera parte se debe desarrollar una etapa de usuarios para el ingreso del programa, para que no todas las personas puedan acceder, únicamente las que estén autorizadas por el departamento, sin embargo, existe una diferencia en el acceso de las personas, ya que unas pueden ser únicamente usuarios o bien tener permisos de administrador. Esto debido a que los administradores tienen acceso a agregar/eliminar usuarios, reiniciar los contadores y acceder a la hoja resumen. En la figura 13 se muestra el diseño de la página de inicio.[3]

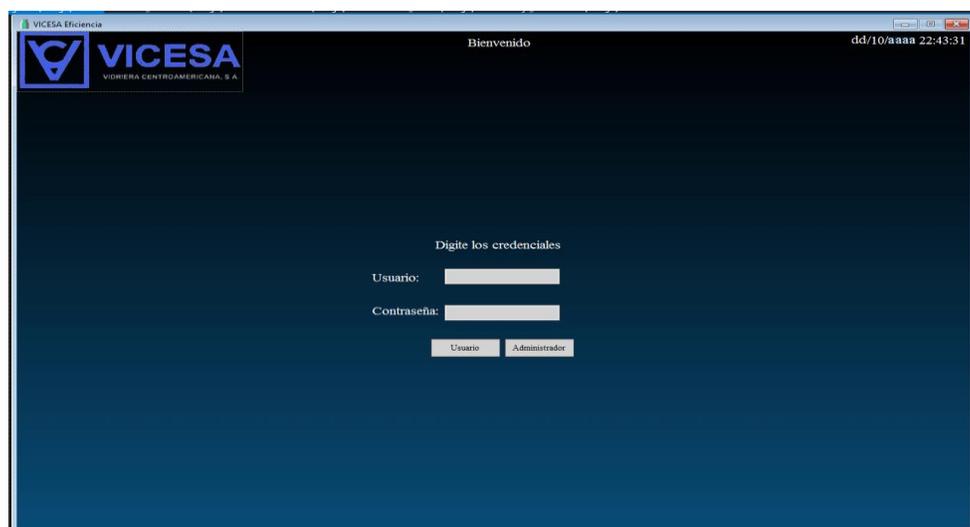


Figura 13. Primera Página Del SCADA

**Fuente:** Propio

Debido a que se debe mostrar información a tiempo real debe tener una página exclusiva para desplegar la información requerida, tanto para los alcances del proyecto, como los requerimientos de VICESA, los datos a mostrar son los siguientes.

- Cortes Contados. Estos son la cantidad de velas cortadas
- Botellas Realizadas. Son todas aquellas botellas que pasaron a la siguiente etapa de templado.
- Botellas Antes del Verificador. Se refiere a las botellas que pasaron por templado y verificación por máquina.
- Botellas Después del Verificador. Las botellas que pasaron la inspección final, o sea el producto conforme.
- Velocidad de Máquina. Se refiere a la capacidad de cortes en un tiempo establecido.
- Eficiencia de Verificador. La diferencia porcentual que desecha el verificador humano.
- Eficiencia de Línea. Se refiere a la diferencia porcentual de botellas realizadas con respecto al producto conforme.

Debido a que la línea de producción considera siete máquinas, desplegar la información de todos es muy complicado, por lo tanto, se utiliza un selector, en el cual se tienen únicamente las máquinas a revisar por línea, una vez seleccionado se conecta con el PLC y retorna el valor de la variable que está etiquetada.

En la figura 14 y 15 se muestra el diseño de la información por cada línea de producción. Y en la figura 16 se detalla la etapa de etiquetado y llamado de variables, dependiendo de la posición del selector de máquina, se muestra una pequeña parte del código.

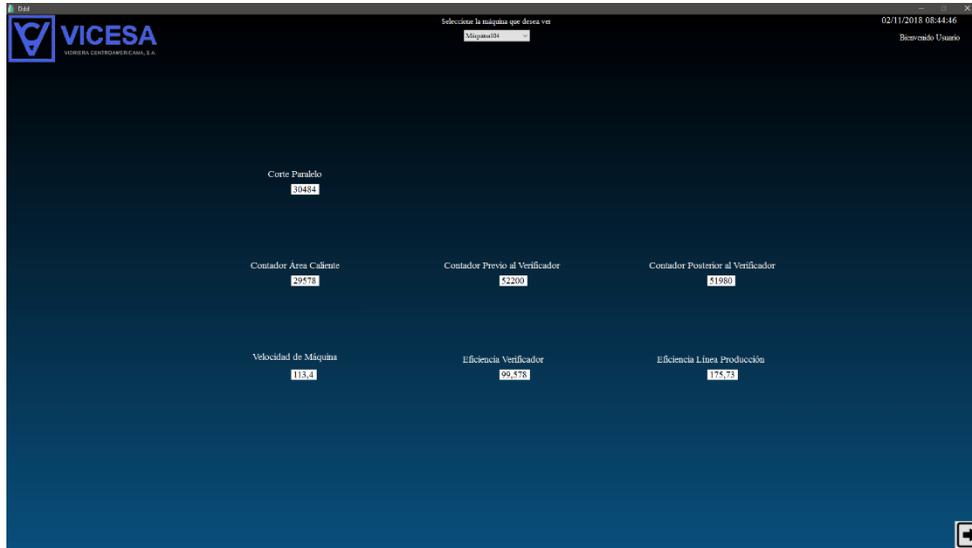


Figura 14. Información De Cada Máquina Para Un Usuario

Fuente: Propio

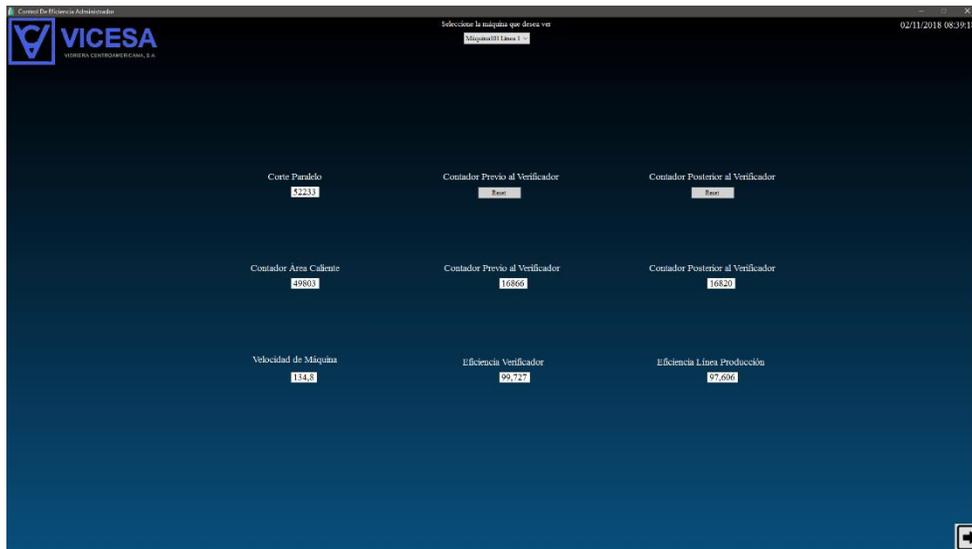


Figura 15. Información De Cada Máquina Para Un Administrador

Fuente: Propio

```
Private Sub Selector_SelectedIndexChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles Selector.SelectedIndexChanged
30
31
32 If Selector.Text = "Máquina01 Línea 1" Then
33 tiempo_muerto.PLAddressValue = "Eficiencia_Porcentual_Id_101"
34 entrada_linea.PLAddressValue = "Numero_Contador[0]"
35 Sal_Verificador.PLAddressValue = "Numero_Contador[9]"
36 Efi_Verificador.PLAddressValue = "Eficiencia_Fria[0]"
37 Eficiencia_Planta.PLAddressValue = "Eficiencia_Lineas[0]"
38 Velo_maquina.PLAddressValue = "Velocidad_maq[1]"
39 Corte_Paralelo.PLAddressValue = "Cortes_Contados[3,1]"
40 Contador_Area_Caliente.PLAddressValue = "Botellas_Contadas[3,1]"
41
42 ElseIf Selector.Text = "Máquina01 Línea 2" Then
43 tiempo_muerto.PLAddressValue = "Eficiencia_Porcentual_Id_101"
44 entrada_linea.PLAddressValue = "Numero_Contador[1]"
45 Sal_Verificador.PLAddressValue = "Numero_Contador[10]"
46 Efi_Verificador.PLAddressValue = "Eficiencia_Fria[1]"
47 Eficiencia_Planta.PLAddressValue = "Eficiencia_Lineas[0]"
48 Velo_maquina.PLAddressValue = "Velocidad_maq[1]"
49 Corte_Paralelo.PLAddressValue = "Cortes_Contados[3,1]"
50 Contador_Area_Caliente.PLAddressValue = "Botellas_Contadas[3,1]"
51
52 ElseIf Selector.Text = "Máquina01 Línea 3" Then
53 tiempo_muerto.PLAddressValue = "Eficiencia_Porcentual_Id_101"
54 entrada_linea.PLAddressValue = "Numero_Contador[2]"
55 Sal_Verificador.PLAddressValue = "Numero_Contador[11]"
56 Efi_Verificador.PLAddressValue = "Eficiencia_Fria[2]"
57 Eficiencia_Planta.PLAddressValue = "Eficiencia_Lineas[0]"
58 Velo_maquina.PLAddressValue = "Velocidad_maq[1]"
59 Corte_Paralelo.PLAddressValue = "Cortes_Contados[3,1]"
60 Contador_Area_Caliente.PLAddressValue = "Botellas_Contadas[3,1]"
61
62 ElseIf Selector.Text = "Máquina03" Then
63 tiempo_muerto.PLAddressValue = "Eficiencia_Porcentual_Id_103"
64 entrada_linea.PLAddressValue = "Numero_Contador[3]"
65 Sal_Verificador.PLAddressValue = "Numero_Contador[12]"
66 Efi_Verificador.PLAddressValue = "Eficiencia_Fria[3]"
67 Eficiencia_Planta.PLAddressValue = "Eficiencia_Lineas[3]"
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
```

Figura 16. Código De Selección De Datos

Fuente: Propio

Como se puede observar en la figura 16, se realiza una comparación de *String* proveniente del selector, y según la máquina que se seleccione el programa elegirá la variable del PLC que corresponda a la línea que se desea ver. Por lo que solo se necesita una pestaña, un selector y una plantilla con las variables a mostrar cómo se observa en las figuras 14 y 15.

El programa debe contar con una etapa de ingreso de usuarios, ya sea que tenga permisos de usuario o de administrador, estos permisos concederán acceso a la etapa de tiempo real, el menú del administrador. Donde en el menú de administrador debe estar el acceso al resumen, ingreso de usuarios y los datos mostrados en la figura 15.[7]

Para la visualización y almacenaje de los datos se utiliza una base de datos proveniente de Visual Basic, la cual se conecta con la pestaña de Login, con el fin de permitir el acceso, tal y como se menciona anteriormente. En la figura 17 se tiene el menú del Administrador, el cual es el único que puede agregar usuarios.[8]

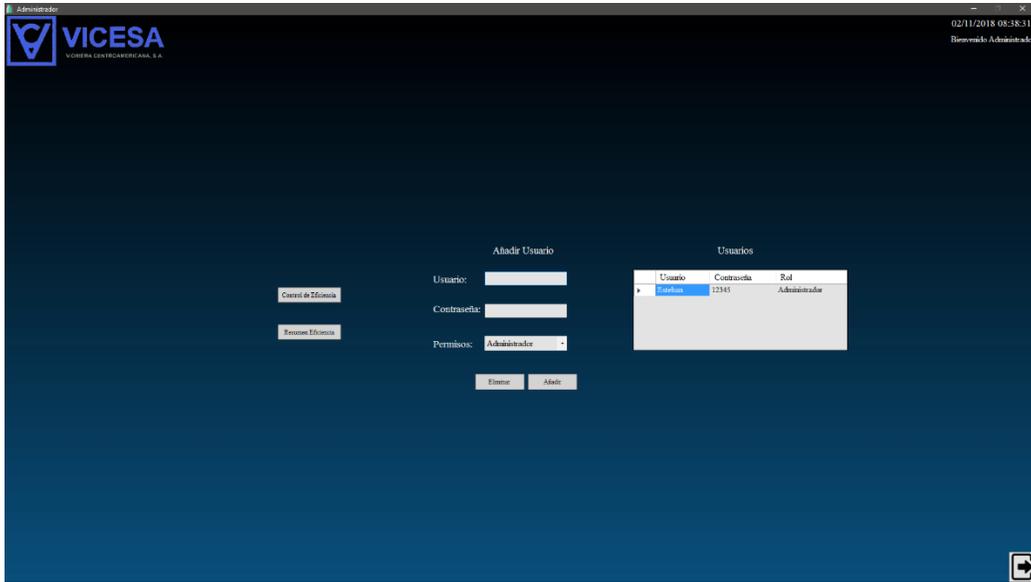


Figura 17. Menú De Administrador

**Fuente:** Propio

En la figura 18 se muestra una tabla realizada por las personas de producción, con los datos recopilados de manera manual. Este documento se modifica en Excel y cuando cumple un periodo (1 día completo), se procede a compartir en un documento de Google Drive, de manera que todas las jefaturas de VICESA tengan acceso. Además, diariamente se realiza una junta para discutir los valores de la eficiencia e indagar la razón de dichos valores.

DD/MM	101		103		104		201		203		204	PTM Teórico
Hora	C2583		C1858		C2052		C1633		C1889		C2205	
6:00	77%	2M/DF	92%		93%		102%		93%		94%	80,09%
7:00	82%	*DF	91%		94%		93%		87%	1M	89%	83,97%
8:00	85%	DF	89%		93%		89%		89%		94%	85,80%
9:00	87%	DF	93%		96%		96%		89%		91%	86,47%
10:00	84%	DF	37%	FP	90%		95%		91%		95%	87,00%
11:00	87%	DF	76%	IP	83%	*PM	81%	AC	89%		95%	86,73%
12:00	83%	DF	89%		90%		103%		86%	DF	93%	87,11%
13:00	86%	DF	97%		94%		106%		89%		90%	87,58%
14:00	83%	DF	91%		28%	FP	97%		90%		98%	87,74%
15:00	86%	DF	95%		101%		96%		93%		96%	87,53%
16:00	82%	DF/1M	96%		74%	AC	98%		87%	DF	93%	87,86%
17:00	84%	DF/1M	91%		104%		99%		92%		92%	88,01%
18:00	84%	DF	90%		93%		95%		93%		88%	88,54%
19:00	89%		90%		90%		91%		93%		89%	88,98%
20:00	87%	VP	92%		89%		92%		92%		89%	88,80%
21:00	86%	DF	103%		92%		98%		92%		88%	88,85%
22:00	83%	DF/BR	93%		91%		95%		85%	DF	92%	89,10%

Figura 18. Formato Para Resumen De Eficiencia Por Cada Línea De Producción

**Fuente:** VICESA

Se desea realizar una tabla de resumen similar a la mostrada anteriormente, sin embargo, esta debe ser realizada por el mismo SCADA, además, debe ser filtrada por fecha ya que este almacena todos los datos diariamente por lo que al pasar del programa a un documento CSV, generaría muchos datos innecesarios para este análisis.

En esta etapa el procedimiento de recopilación de datos se debe de realizar de la misma manera que el actual, por lo tanto, cada hora se debe actualizar la base de datos, de modo que almacene la información de todas las líneas de producción, más la fecha y la hora en la que fue recopilada, el programa debe de contar con una etapa en la que se le del formato deseado para los datos, para un dato menor de 89 el dato es igual a rojo y mayor igual a 89 es verde. De igual forma debe mostrar los datos de eficiencia en tiempo real.[4]

Esta ventana debe de contar con un botón de captura de datos, además de la toma automática por hora, y apilarlo de la manera correspondiente, debe de tener otro botón encargado de la creación del archivo CSV, este crea y abre el documento. También se ponen dos espacios para poner una fecha de filtrado, es decir un día antes del día deseado y el día deseado para que de esta manera los datos obtenidos sean únicamente de ese día, y para esto debe tener un botón de filtrado que le dice cuando aplicar esta búsqueda. En la figura 19 se muestran el diseño de la pestaña de Resumen de datos.[8]

Fecha	Hora	Máquina 101	Concentrator 101	Máquina 103	Concentrator 103	Máquina 104	Concentrator 104	Máquina 201	Concentrator 201	Máquina 202	Concentrator 202	Máquina 203	Concentrator 203	Máquina 204	Concentrator 204
01/11/2018	16:00:00	0	67	41	31	0	27	38							
01/11/2018	17:00:00	0	67	41	31	0	27	38							
01/11/2018	17:02:57	89	60	37	28	0	24	34							
01/11/2018	18:00:00	89	55	34	26	0	22	31							
01/11/2018	19:00:00	89	50	31	24	0	20	29							
01/11/2018	20:00:00	90	47	29	22	0	19	27							
01/11/2018	21:00:00	89	43	27	20	0	17	25							
01/11/2018	22:00:00	90	40	25	19	0	16	23							
01/11/2018	23:00:00	90	38	23	18	0	15	22							
01/11/2018	00:00:00	90	36	22	17	0	14	21							
01/11/2018	01:00:00	90	34	21	16	0	14	19							
01/11/2018	02:00:00	90	32	20	15	0	13	18							
01/11/2018	03:00:00	90	31	19	14	0	12	18							
01/11/2018	04:00:00	90	29	18	14	0	12	17							
01/11/2018	05:00:00	90	28	17	13	0	11	16							
01/11/2018	06:00:00	90	27	17	13	0	11	15							

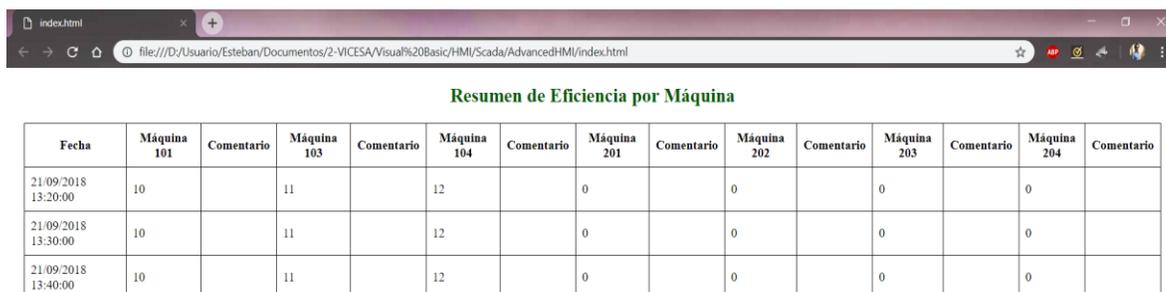
Figura 19. Hoja De Resumen De Datos Por Cada Línea

Fuente: Propio

### 3.5 Tabla de Resumen en HTML

Esta parte es la encargada de subir los datos almacenados en un archivo CSV o XLSX a una página de internet, y para lograr esto se debe crear un servidor con XAMPP, de manera que sea posible acceder a estos datos mediante una dirección IP, siempre y cuando la computadora que desea obtener esos datos se encuentre en el mismo dominio del servidor. Ya que de lo contrario no se puede acceder, debido a que esta información es para uso interno de VICESA y confidencial.

Para el desarrollo de este es necesario realizarlo en HTML para la creación de la página, JS (*JavaScript*) para la lógica y recopilación de datos desde el computador y CSS (*Cascading Style Sheets*) sería el encargado de darle formato a la página, de manera que tenga mejor aspecto para el usuario. En la figura 20. Se muestra un ejemplo de una tabla en un documento HTML, sin embargo, al archivo que se desea crear debe tener la posibilidad de subir el archivo por un botón y así cargue la tabla según el día que el usuario desee.



The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying a file path. The main content area contains a table with the following data:

Resumen de Eficiencia por Máquina														
Fecha	Máquina 101	Comentario	Máquina 103	Comentario	Máquina 104	Comentario	Máquina 201	Comentario	Máquina 202	Comentario	Máquina 203	Comentario	Máquina 204	Comentario
21/09/2018 13:20:00	10		11		12		0		0		0		0	
21/09/2018 13:30:00	10		11		12		0		0		0		0	
21/09/2018 13:40:00	10		11		12		0		0		0		0	

Figura 20. Ejemplo De Tabla HTML

**Fuente:** Propia

Debido a que el formato que requiere la creación de un archivo XLSX, se opta por la opción de CSV, de esta manera se obtienen los datos de una manera más eficiente, el inconveniente que presenta es el formato según la figura 6, sin embargo, este se puede corregir al momento de subir los datos, por lo tanto, una vez leído el archivo CSV, se debe de realizar un formato similar al que se tiene actualmente.[9]

## Capítulo 4

### Análisis y Validación

---

La siguiente sección consiste en el análisis y la validación del procedimiento realizado para el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Para facilitar la comprensión de estos, se hará uso de imágenes y tablas.

#### **4.1 Datos de la Planta de Producción**

Para la adquisición de datos en el área fría se toman las señales provenientes de los sensores desde los contadores que se instalaron en la planta (antes y después del verificador). Para el desarrollo de esta etapa se implementa en el horno 100, para la máquina 101, debido a que es una de las más grandes en la planta, además tiene tres ramificaciones.

Para la validación de este, es necesario que el contador externo, figura 21, y el contador del PLC, cuenten la misma cantidad de botellas en un lapso. Se va a tomar un tiempo de 10 minutos con el fin de dejar que ambos contadores funcionen con el flujo normal de botellas. Debido a que los contadores que se utilizan en la planta se inician cada cambio de moldura y los contadores del PLC se reinician diariamente a las 6:30 de la mañana, los datos no van a ser los mismos, por lo tanto, se parte de un número diferente entre el PLC y la planta, sin embargo, al finalizar los 10 minutos la cantidad de botellas que pasan debe ser igual en ambos contadores.

Para realizar la prueba del funcionamiento de esta etapa se necesita colaboración de dos personas, debido a que la computadora que recibe las señales del PLC está en el laboratorio de electrónica y los contadores se encuentran en la planta. Por lo que, se necesita una persona en la computadora y otra persona en la planta, para sincronizarse y tomar los datos al mismo tiempo. En las figuras 21 y 22 se muestran los datos recopilados de la planta y del PLC respectivamente.

Además, se hará una tabla con respecto a los valores tomados y la diferencia que puede existir entre un contador y otro, tomando en cuenta que la toma de datos se realizó sincronizando a dos personas, lo cual puede introducir un error en la medición, ya que el flujo de botellas es muy alto. Es importante mencionar que, para la toma de datos de los diez minutos, no estaba saliendo ninguna botella por las bandas al momento de la toma de datos.



Figura 21. Datos De Contador En La Planta A Las 10:18

Fuente: Propio

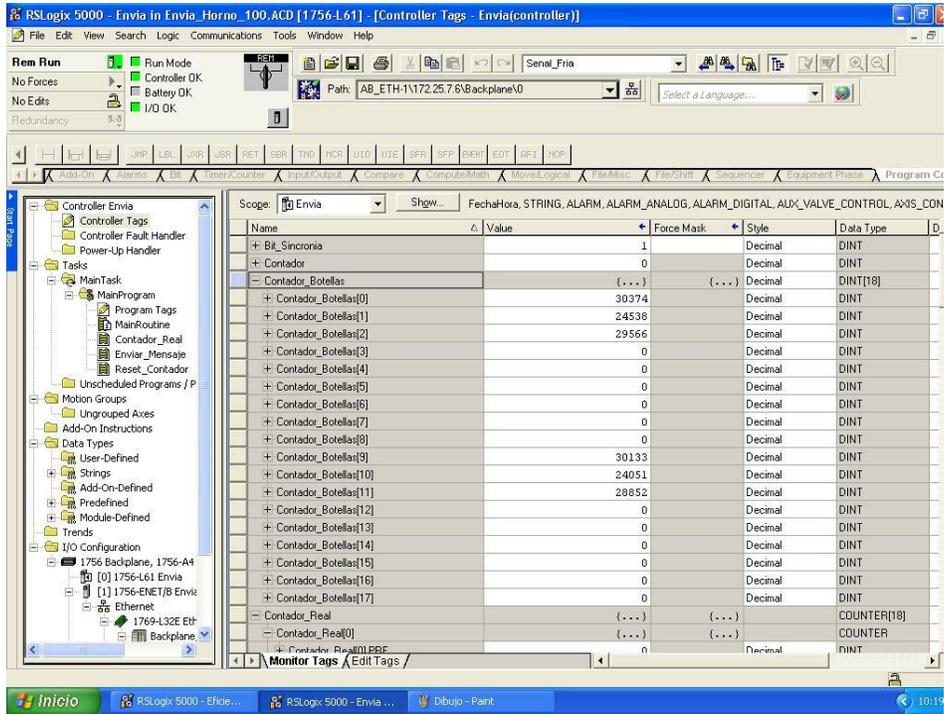


Figura 22. Datos De Contador En El PLC A Las 10:18

Fuente: Propio

La razón de utilizar un lapso de diez minutos es que se cumpliera el periodo previamente establecido, con el fin de que el sistema siguiera contando de manera normal las botellas, cabe mencionar que la botella con la que se realizaron las pruebas es pequeña, por lo que la velocidad de máquina es muy alta (1008 botellas por minuto) y además está trabajando a triple cavidad. Dicha botella se muestra en apéndice la figura A.1, y en las figuras 23 y 24 se muestran los datos capturados después de diez minutos.



Figura 23. Datos De Contador En La Planta A Las 10:30

Fuente: Propio

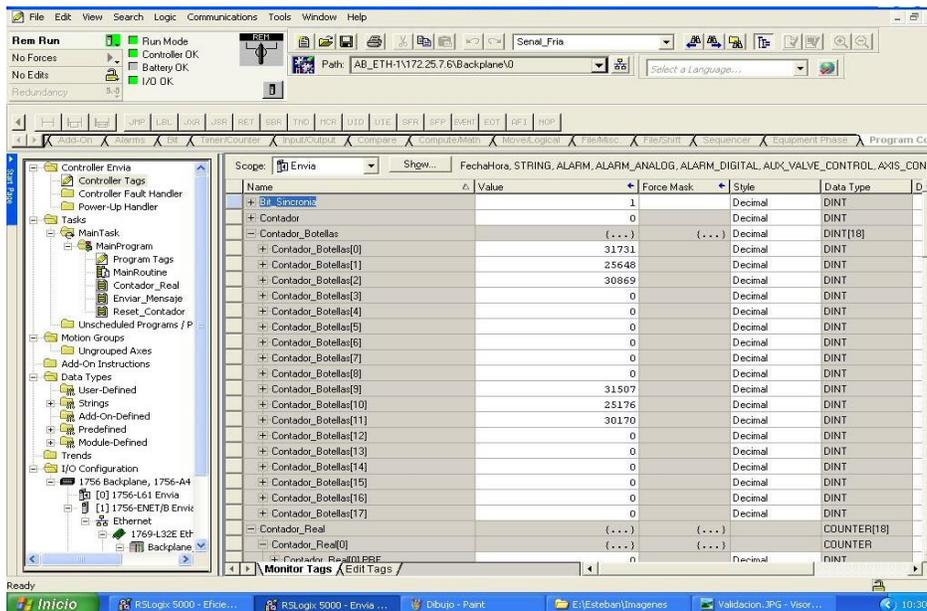


Figura 24. Datos De Contador En El PLC A Las 10:30

Fuente: Propio

Se realizará una tabla con los valores de todos los contadores que se midieron en el periodo de 12 minutos, dos minutos más de lo que se estableció al principio, pero esto no afecta la cantidad de botellas contadas ni el análisis.

Para el análisis de los datos que se obtiene en la tabla 3 es necesario aclarar que la toma de estos tiene una diferencia aproximada de 10s debido al tiempo de reacción de las dos personas que realizaron esta prueba. La comparación de los datos se debe de hacer con respecto a la misma línea de producción, entre Contador y PLC. Donde Contador representa el valor de contador en la planta, y el PLC representa al contador realizado en el programa PLC de eficiencia. Se utilizan dos ecuaciones para determinar si la cuenta de botellas es igual para ambos contadores.

En la ecuación (3) se saca la cantidad de botellas en el lapso de 12 minutos para cada contador.

$$Botellas_{12\text{ minutos}} = Botellas_{10:30} - Botellas_{10:18} \quad (3)$$

Donde:

$Botellas_{12\text{ minutos}}$  : Es la cantidad de botellas que hay cuando la prueba finalizó

$Botellas_{10:30}$  : Las botellas que han pasado hasta las 10:30 AM.

$Botellas_{10:18}$  : Las botellas que han pasado hasta las 10:18 AM.

Una vez que se obtienen los valores contados en el plazo establecido, se debe de sacar la diferencia existente en los contadores, para esto se utiliza la ecuación (4).

$$\%Diferencia = \left| \frac{Botellas\ Contador - Botellas\ PLC}{Botellas\ PLC} \right| \times 100 \quad (2)$$

Donde:

$\%Diferencia$  : Es el porcentaje de diferencia entre los contadores.

$Botellas\ Contador$ : El total de botellas que pasaron por el contador.

$Botellas\ PLC$ : El total botellas que contó el PLC.

Tabla 3. Valores de Botellas Para La Línea De La Máquina 101

Datos de Máquina 101	Botellas 10:18 AM	Botellas 10:30 AM	Cantidad de botellas
Antes del Verificador			
Contador Línea 1	883372	884728	1356
PLC Línea 1	30374	31731	1357
Contador Línea 2	771137	772246	1109
PLC Línea 2	24538	25648	1110
Contador Línea 3	943060	944364	1304
PLC Línea 3	29566	30869	1303
Después del Verificador			
Contador Línea 1	880877	882251	1374
PLC Línea 1	30133	31507	1374
Contador Línea 2	761806	762930	1124
PLC Línea 2	24051	25176	1125
Contador Línea 3	921804	923122	1318
PLC Línea 3	28852	30170	1318

**Fuente:** Propia.

Como se observa en la tabla 3, la diferencia que existe entre los contadores es muy pequeña, sin embargo, para darle fundamento al análisis se utiliza la ecuación (4) y los datos que se obtienen, se van a mostrar en la tabla 4.

Tabla 4. Diferencia Porcentual Entre Contador y PLC

Línea de Máquina 101	Botellas Contador	Botellas PLC	Diferencia Porcentual (%)
Antes del Verificador			
Línea 1	1356	1357	0.074
Línea 2	1109	1110	0.090
Línea 3	1304	1303	0.077
Después del Verificador			
Línea 1	1374	1374	0.000
Línea 2	1124	1125	0.089
Línea 3	1318	1318	0.000

**Fuente:** Propia.

La diferencia porcentual obtenida en la tabla 4 representa valores muy pequeños de menos de 0.1%, este valor se acredita a la toma de los datos, ya que observando la hora de captura de pantalla y la de la foto hay una diferencia de menos de 10 segundos. Sin embargo, al ser un porcentaje tan bajo, nos indica que los dos contadores funcionan de la manera correcta y los datos que se encuentran en el PLC son confiables para realizar la siguiente etapa de comunicación.

La adquisición de datos del área caliente se encontraba ya implementado en el PLC principal, por lo tanto, esta validación VICESA ya la había realizado debido a que ellos obtenían la cantidad de velas y botellas en caliente que se producen, y una representación porcentual de cuantas botellas habían sido realizadas con respecto a las velas, para obtener estos valores se necesitan los cortes de las velas y estos deben ser multiplicados por la cavidad (pueden ser 1, 2 o 3) que tenga configurada la máquina, y las botellas realizadas. Por lo tanto, se tiene la información necesaria para obtener la eficiencia de área caliente.

## **4.2 Comunicación entre los PLC**

El envío de datos entre los PLC debe ser por medio del módulo de Ethernet, al cual se le debe realizar una configuración como la que se mostró en el punto 3.2 del informe. Se utiliza enviar un mensaje debido a que los datos de contador son números y tienden a estar en el orden de miles. Por lo que se recomienda enviar el mensaje en lugar de la señal de contador; ya que si se envía únicamente la señal se debe de crear un contador en el PLC principal para que realice la cuenta de las botellas, para esto se le asigna un bit de envío por cada señal que entra al PLC, y al momento de implementar el proyecto se deben de enviar 18 bits de control, pudiendo generar un error.

Debido a que se envía un mensaje, se debe de asignar la herramienta en la programación y crear 18 variables para el total de mensajes a enviar, como son dos PLC de envío, horno 100 y horno 200, se asignan 10 al PLC del horno 100 y 8 al PLC del horno 200. En las tablas 5 y 6 se asignan las variables y se indica la distribución de las variables en el módulo de entrada.

Tabla 5. Lista De Variables PLC 172.25.7.6, Horno 100

<b>Variable</b>	<b>Ubicación Variable</b>	<b>Contador</b>	<b>PLC Principal</b>
Entrada101_1	Local 2:0	Contador_Real[0]	Numero_Contador[0]
Entrada101_2	Local 2:1	Contador_Real[1]	Numero_Contador[1]
Entrada101_3	Local 2:2	Contador_Real[2]	Numero_Contador[2]
Entrada103_1	Local 2:3	Contador_Real[3]	Numero_Contador[3]
Entrada104_1	Local 2:4	Contador_Real[4]	Numero_Contador[4]
Salida101_1	Local 2:5	Contador_Real[9]	Numero_Contador[9]
Salida101_2	Local 2:6	Contador_Real[10]	Numero_Contador[11]
Salida101_3	Local 2:7	Contador_Real[11]	Numero_Contador[11]
Salida103_1	Local 2:8	Contador_Real[12]	Numero_Contador[12]
Salida104_1	Local 2:9	Contador_Real[13]	Numero_Contador[13]

**Fuente:** Propia.

Tabla 6. Lista De Variables PLC 172.25.7.7, Horno 200

<b>Variable</b>	<b>Ubicación Variable</b>	<b>Contador</b>	<b>PLC Principal</b>
Entrada201_1	Local 2:0	Contador_Real[5]	Numero_Contador[5]
Entrada202_1	Local 2:1	Contador_Real[6]	Numero_Contador[6]
Entrada203_1	Local 2:3	Contador_Real[7]	Numero_Contador[7]
Entrada204_1	Local 2:4	Contador_Real[8]	Numero_Contador[8]
Salida201_1	Local 2:5	Contador_Real[14]	Numero_Contador[14]
Salida202_1	Local 2:6	Contador_Real[15]	Numero_Contador[15]
Salida203_1	Local 2:8	Contador_Real[16]	Numero_Contador[16]
Salida204_1	Local 2:9	Contador_Real[17]	Numero_Contador[17]

**Fuente:** Propia

Se deben de asignar los valores de entrada al módulo para el Reset físico de los programas, es importante mencionar que el nombre, al igual que en las tablas 5 y 6 son iguales, con el fin de facilitar la asignación de variables, además de que debe de existir un Reset virtual en el programa y este se envía desde el PLC principal hacia los secundarios.

Como se muestra en las tablas 5 y 6, se tiene una numeración en paréntesis cuadrados, estas se refieren a una etiqueta en el programa, la cual le asigna directamente los valores deseados. En el caso del programa se definen las variables como DINT(*Double Integer*) Contador\_Real[X] y Numero\_Contador[X].

En las tablas 7 y 8 se asignan las variables. La columna de Reset es el nombre de la variable que tiene en el programa, Contador hace referencia al contador que está reiniciando y Ubicación se refiere al módulo de entrada del PLC.

Tabla 7. Lista De Variables Reset PLC Horno 100

<b>Reset</b>	<b>Contador</b>	<b>Ubicación</b>
Reset_Entrada101_1	Contador_Real[0]	Local 2:10
Reset_Entrada101_2	Contador_Real[1]	Local 2:11
Reset_Entrada101_3	Contador_Real[2]	Local 2:12
Reset_Entrada103_1	Contador_Real[3]	Local 2:13
Reset_Entrada104_1	Contador_Real[4]	Local 2:14
Reset_Salida101_1	Contador_Real[9]	Local 2:15
Reset_Salida101_2	Contador_Real[10]	Local 2:16
Reset_Salida101_3	Contador_Real[11]	Local 2:17
Reset_Salida103_1	Contador_Real[12]	Local 2:18
Reset_Salida104_1	Contador_Real[13]	Local 2:19

**Fuente:** Propia

Tabla 8. Lista De Variables Reset PLC Horno 200

<b>Reset</b>	<b>Contador</b>	<b>Ubicación</b>
Reset_Entrada201_1	Contador_Real[5]	Local 2:8
Reset_Entrada202_1	Contador_Real[6]	Local 2:9
Reset_Entrada203_1	Contador_Real[7]	Local 2:10
Reset_Entrada204_1	Contador_Real[8]	Local 2:11
Reset_Salida201_1	Contador_Real[14]	Local 2:12
Reset_Salida202_1	Contador_Real[15]	Local 2:13
Reset_Salida203_1	Contador_Real[16]	Local 2:14
Reset_Salida204_1	Contador_Real[17]	Local 2:15

**Fuente:** Propia

Para la validación se debe de conectar la computadora a los PLC y dirigirse a las variables designadas en los programas de envía. La prueba se debe de realizar tanto para el programa del horno 100 como el 200, ambos deben de modificar la variable Numero\_Contador ubicada en el PLC principal. Se debe tomar en cuenta que los valores que están designados en el programa del horno 100 no tienen que modificar las variables del horno 200 y viceversa.

Cuando se realizaron las pruebas el programa principal de eficiencia estaba funcionando con el flujo diario de botellas, y de igual manera el área fría del horno 100 ya tenía implementado el código, por lo que el flujo de datos era el real. Sin embargo, la parte del horno 200 no se ha implementado, debido a que no se tiene presupuesto para la compra de los contadores que se tienen que ubicar en esta parte de la planta.

En la figura 25 se puede observar como las variables del programa del horno 100 se le asignan al programa principal de eficiencia. Además, este no debe de modificar los valores de las variables del horno 200, por lo tanto, se mantienen en cero, de manera que cuando los valores sean modificados por los contadores no se vean afectados por los valores que tiene el programa del horno 100, de igual manera los del horno 200 no deben afectar a las variables del otro programa.

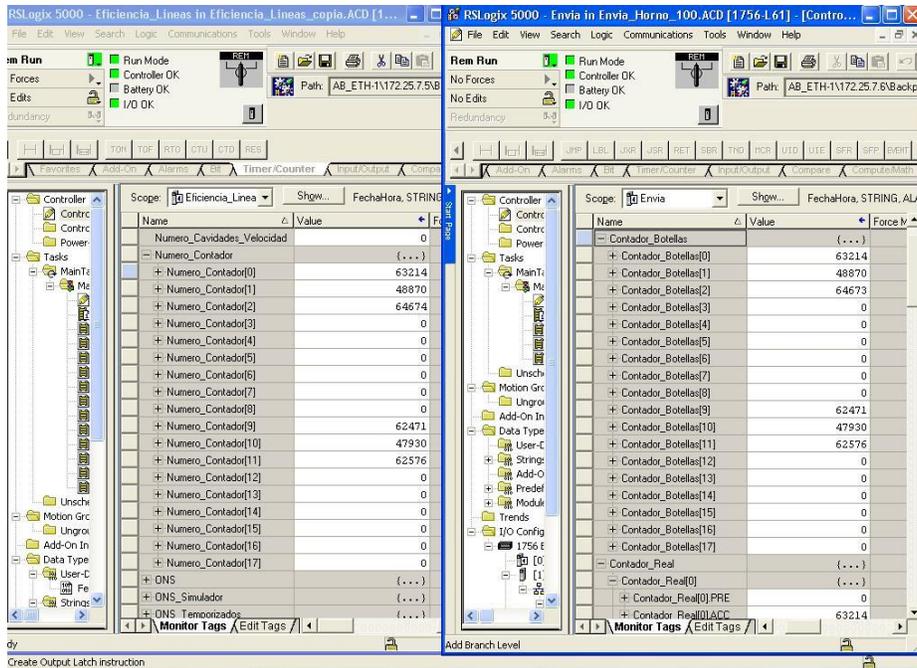


Figura 25. Datos Del PLC Horno 100

**Fuente:** Propio

Como se puede observar en la figura 25 los valores del horno 200 no tienen modificación debido a que en el PLC se encuentran en 0 con el objetivo de visualizar mejor los datos en el programa principal, de igual manera se puede corroborar la información con la captura de los datos.

Ya que no existe diferencia en los datos obtenidos no se realiza ninguna ecuación como fue el caso en el punto 4.1 de este informe. De manera análoga se corrobora el funcionamiento del programa del horno 200 con el principal. En la figura 26 se muestra la comunicación de los programas principal y horno 200.

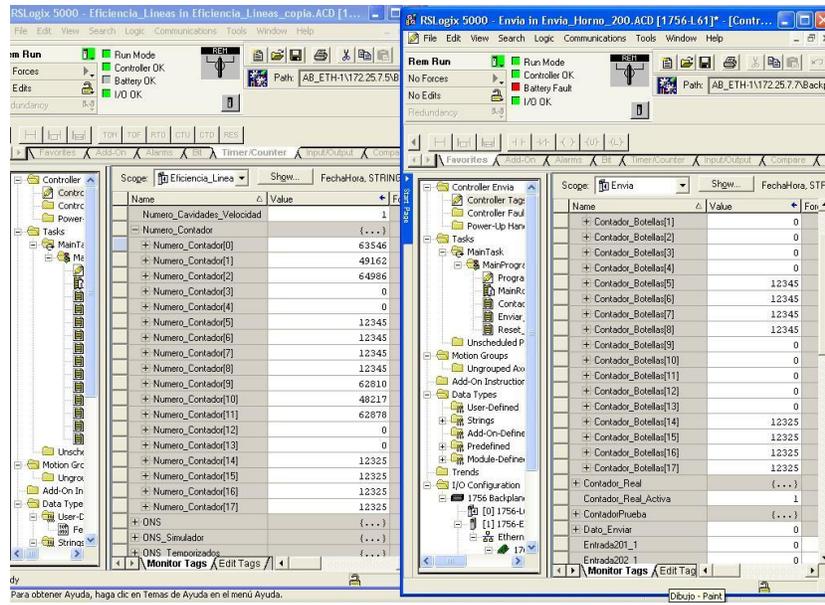


Figura 26. Datos Del PLC Horno 200

Fuente: Propio

Como se puede observar en la figura anterior tiene los valores distintos a los que se probaron anteriormente y los datos del horno 200 cambiaron. Debido a que este no está implementado la captura de datos es más sencilla debido a que el contador no cuenta al no tener una señal externa.

### **4.3 Cálculo de Indicadores de Producción en el PLC Principal**

Una vez obtenida la comunicación de los PLC se procede a realizar el cálculo de la eficiencia por cada línea, hay que tomar en cuenta que son 7 líneas de producción y para la línea 1 se tienen tres ramificaciones, las cuales se deben de sumar con el fin de que juntas representen el valor final de esa línea. Es importante mencionar que al llamar la subrutina se crea una variable denominada como línea, la cual determina a qué lugar se le debe asignar los valores. Esto simplifica la comprensión y el orden del programa.

Para la validación de este se toman los valores de las variables de contadores que previamente fueron validados, para la realización del cálculo de manera manual. Este dato de eficiencia de línea es obtenido manualmente por dos personas, realizando la ecuación (1). En la figura 27 se tiene la programación en Ladder para obtener estos valores de eficiencia.

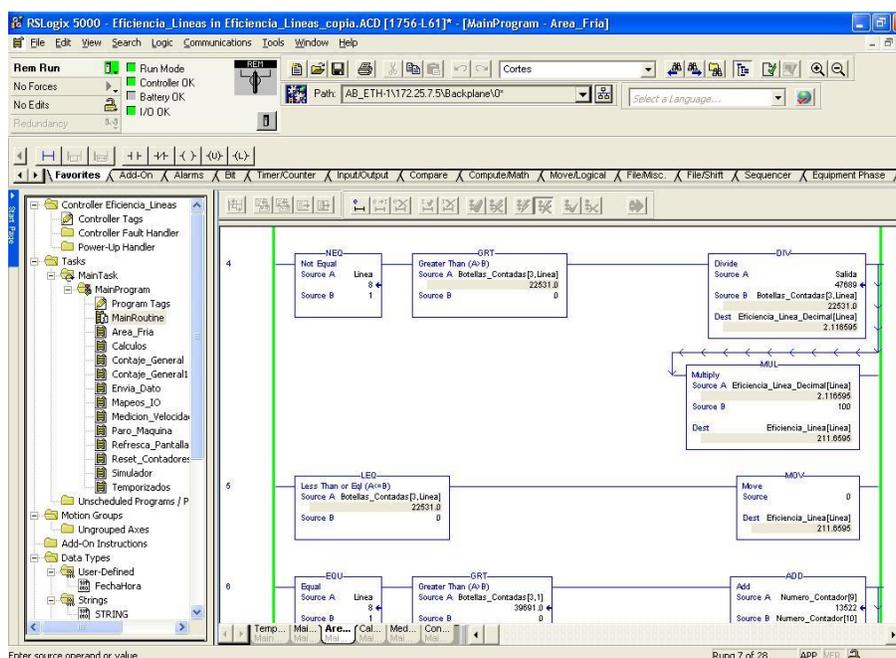


Figura 27. Programación Ladder Para Cálculo De Eficiencia

**Fuente:** Propio

Como se puede observar en la figura 27, para realizar el cálculo de eficiencia pasar por dos comparaciones, una de ellas es que la línea sea diferente de uno, ya que la primera al tener tres ramificaciones requiere la suma de estas para el cálculo final, y la otra comparación es que las botellas sean mayores que cero debido a que al ser esta variable el divisor tiene que ser distinto de cero, de lo contrario indefinir el cálculo. La variable *Salida* se refiere a la cantidad de botellas que salen como producto final, la variable *Botellas\_Contadas[3,Línea]* son las botellas realizadas después de la etapa de cortes, con estos datos se obtiene un valor decimal el cual se multiplica por 100 en el siguiente cuadro, para obtener el valor porcentual deseado.

En la siguiente línea se establece una condición en caso de que la cantidad de botellas contadas sea menor que cero, esta se debe predeterminar a un valor de cero, sin embargo, esta condición no es común debido al funcionamiento de los contadores. Para la excepción de la línea 101 se puede observar la figura 28.

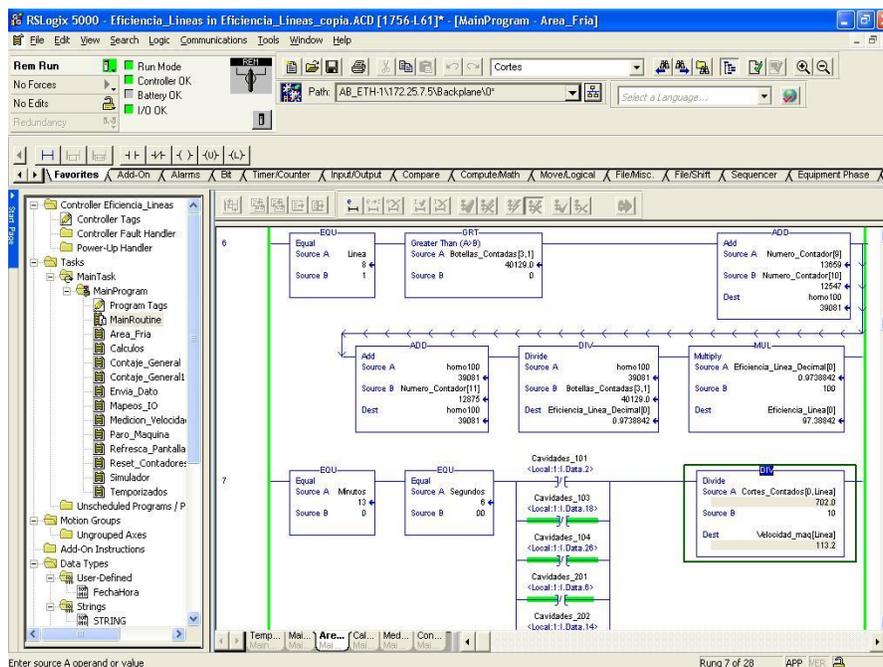


Figura 28. Eficiencia Línea 101 Excepción

**Fuente:** Propio

Antes de realizar el cálculo de eficiencia se necesita obtener la cantidad de botellas salientes en la línea 101, como primera parte se debe hacer una suma de las ramificaciones, y ya que el programa no cuenta con un sumador de tres valores, estas se realizan en dos etapas de sumado y se crea una variable temporal llamada horno 100, donde almacena la suma de la rama izquierda y central, para la segunda etapa se suma horno 100 con la rama derecha, obteniendo el total de botellas para la línea 101, con este valor se puede obtener la eficiencia de la misma manera que el procedimiento anteriormente.

En la tabla 9 se encuentran los valores obtenidos de las variables provenientes de los contadores previamente mencionados.

Tabla 9. Lista De Valores Para Cálculo De Eficiencia

Variable	Valor
Numero_Contador[9]	13659
Numero_Contador[10]	12547
Numero_Contador[11]	12875
Horno 100	39081
Botellas_Contadas[3,1]	40129
Eficiencia_Linea_Decimal[Línea]	0.9738842
Eficiencia_Linea_Porcentual[Línea]	97.38842
Eficiencia Porcentual (Calculada)	97.38842

**Fuente:** Propia

La Eficiencia Porcentual (Calculada) se realiza con la calculadora de la computadora, y se muestra en la figura 29, validando que la eficiencia obtenida por el PLC es un dato confiable y no existe diferencia con respecto al valor obtenido de manera manual.

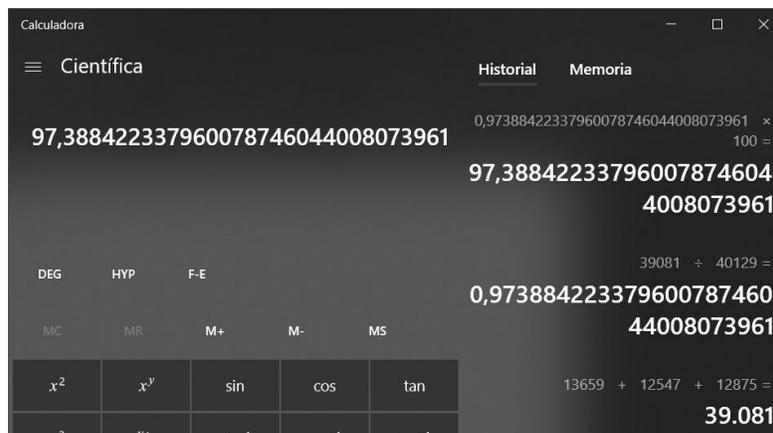


Figura 29. Cálculo de Eficiencia

**Fuente:** Propia

Como un complemento para el proyecto VICESA solicita mostrar la velocidad en la que está operando la máquina, esto se consigue con la ecuación (3). Se crea una variable de tipo real, ya que necesita decimales para el análisis de la producción, y se le asigna la variable línea para etiquetar a la máquina correspondiente.

En VICESA la máquina 101 tiene mayor cantidad de cavidades, por lo tanto, existe una diferencia en el cálculo de esta. Para la máquina 101 está la posibilidad de estar en triple o doble cavidad, para el resto de las máquinas únicamente está disponible doble o una cavidad.

En el programa de eficiencia existe un bit que indica cuando se encuentra en doble, se determina con un “1”, o una cavidad, se determina con un “0”, y para el caso de la máquina 101 la triple cavidad se determina con un “0”. La cavidad es importante para el cálculo de cortes, debido a que la velocidad de máquina se obtiene por cortes por minutos. En la figura 30 se muestra el cálculo para una configuración de doble cavidad.

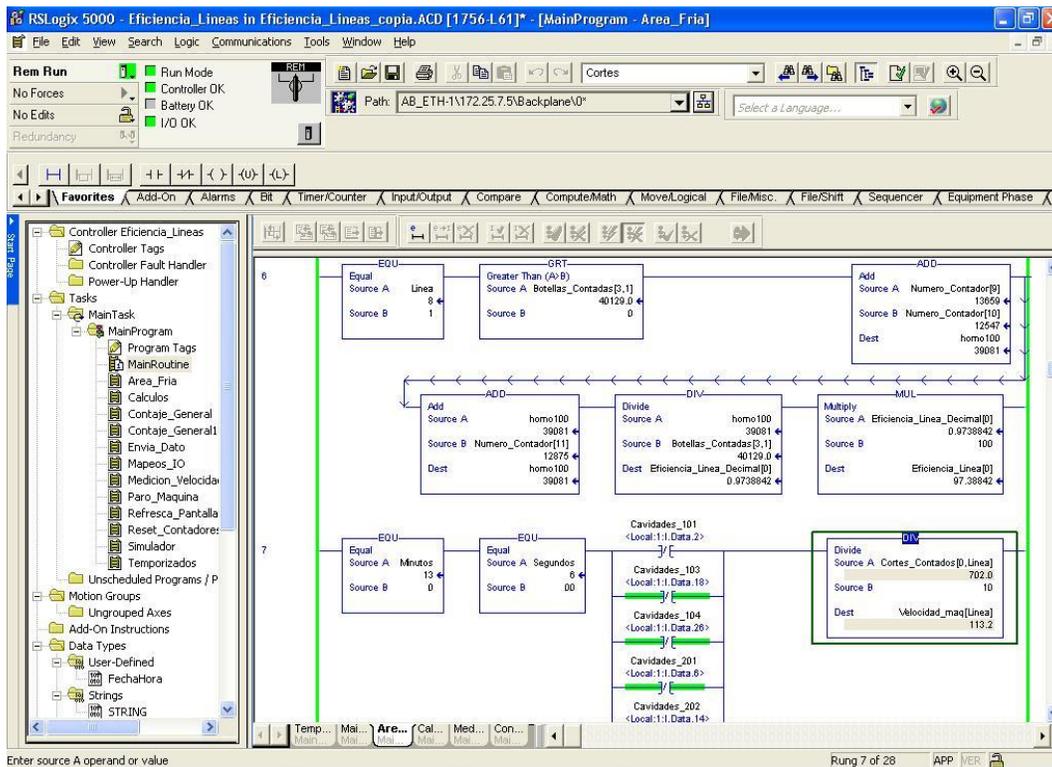


Figura 30. Cálculo De Velocidad A Doble Cavidad

Fuente: Propia

Como se puede observar en la línea siete de la figura 30 se tienen tres condiciones para calcular la velocidad.

Debido a que esta tiene dependencia del tiempo, según como lo vemos en la ecuación (3), se establece un tiempo de 5 minutos, por lo que la variable debe hacer un muestreo de conteo de botellas por el tiempo predeterminado y una vez obtenido ese muestreo se divide la muestra con respecto al tiempo, el valor obtenido se divide entre la cantidad de cavidades. La última condición corresponde al bit de cavidades que indica cuando se encuentra en triple, doble o una cavidad, el día que se realizó la prueba todas las máquinas estaban en doble cavidad a excepción de la máquina 101.

En la figura 31 se puede observar el valor de velocidad para la máquina 101, se realiza en esta máquina debido a que la excepción aplica solo para esta, por lo que se puede observar el valor de la variable, la validación de este consiste en la comparación con el dato que se obtiene en el PLC.

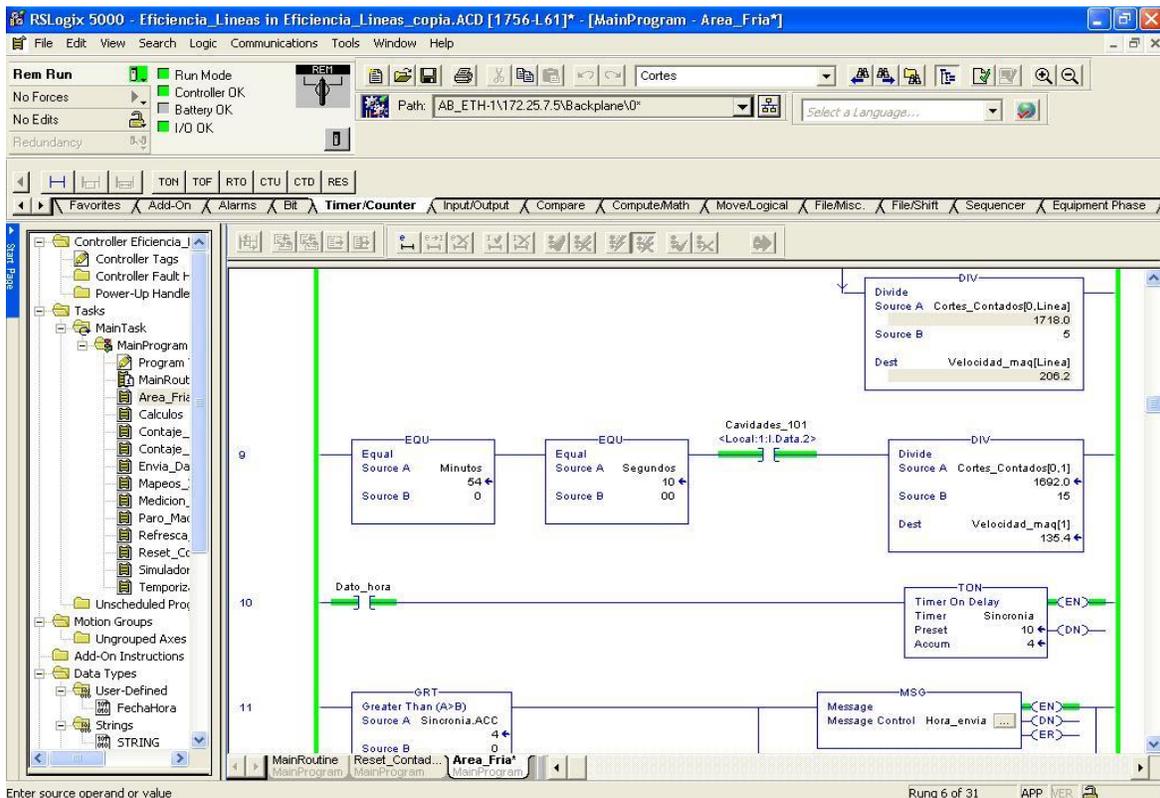


Figura 31. Cálculo De Velocidad Máquina 101

Fuente: Propia

Como se puede observar en la figura 31 en la línea 9, se tienen tres condiciones, la diferencia está en que en la tercera solo se encuentra un contactor que se encuentra en funcionamiento, debido a esto está subrayado en verde, lo que implica que permite el paso para realizar el cálculo de velocidad siempre y cuando las primeras condiciones se cumplan. El resultado de velocidad se asigna a la variable velocidad\_maq [2].

En la figura 32 se muestra la imagen de la velocidad de máquina actual, esta es obtenida de la misma máquina, este dato también es tomado por las personas, ya que forma parte del análisis que se le realiza a la máquina.

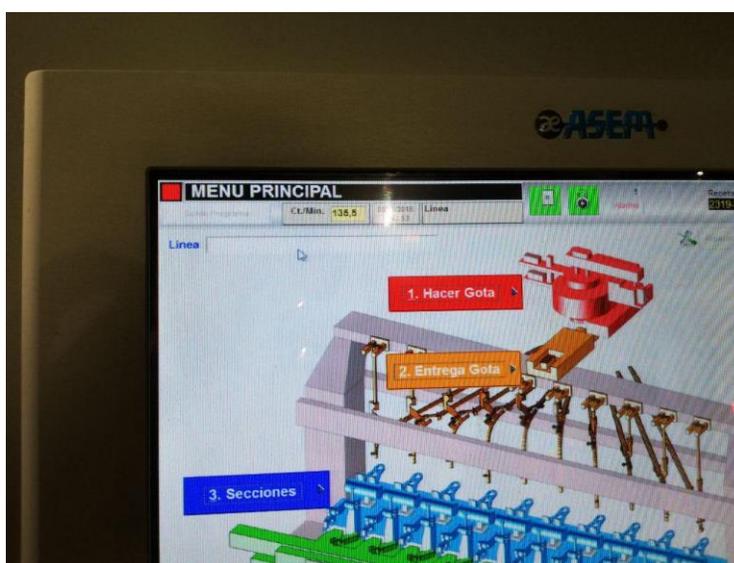


Figura 32. Velocidad Máquina 101

**Fuente:** Propia

Se realiza la tabla 10 para visualizar los datos obtenidos de las figuras 31 y 32, y así analizarlos y determinar si el dato es válido. Además, determinar la diferencia que existe entre el valor calculado y el observado en la máquina.

Tabla 10. Lista De Valores Para Cálculo De Velocidad

<b>Variable</b>	<b>Valor</b>
Cortes_Contados[1]	1692
Cavidad	3
Tiempo(minutos)	5
Velocidad de máquina (Cortes/min) Calculada	135.4
Velocidad de máquina (Cortes/min) Máquina	135.4

**Fuente:** Propia

Con los datos obtenidos se puede determinar que la velocidad de máquina obtenida es válida y puede ser utilizada para el análisis diario que realizan en la empresa. Ya no difiere con respecto a la velocidad de máquina brindada por el controlador de los cortes.

#### **4.4 Comunicación con SCADA**

El SCADA se realizó en Visual Basic, debido a la compatibilidad con Windows y los PLC Allen Bradley. Las funciones principales son una base de datos para los usuarios de la empresa, una página de resumen a tiempo real de las variables obtenidas en el PLC, una página de resumen con control de Reset para el área fría, un menú de administrador y un registro por hora de la eficiencia de la planta. Para la validación el SCADA debe cumplir con los requerimientos de la tabla 1 mostrada en la sección 2 del proyecto.

La primera ventana que muestra el SCADA es un ingreso de usuarios, con dos diferentes accesos, uno público denominado como usuario y otro administrativo llamado administrador, para el ingreso a otra ventana se necesita ser usuario tener una contraseña para el ingreso, En el primer ingreso al programa solo el Jefe de Instrumentación puede ingresar con la usuario y contraseña asignada, una vez ingresado se él puede agregar nuevos usuarios y asignarles el rol necesario para el manejo del SCADA.

En la figura 33 se observa un ejemplo de un usuario no permitido, generando un mensaje de error.

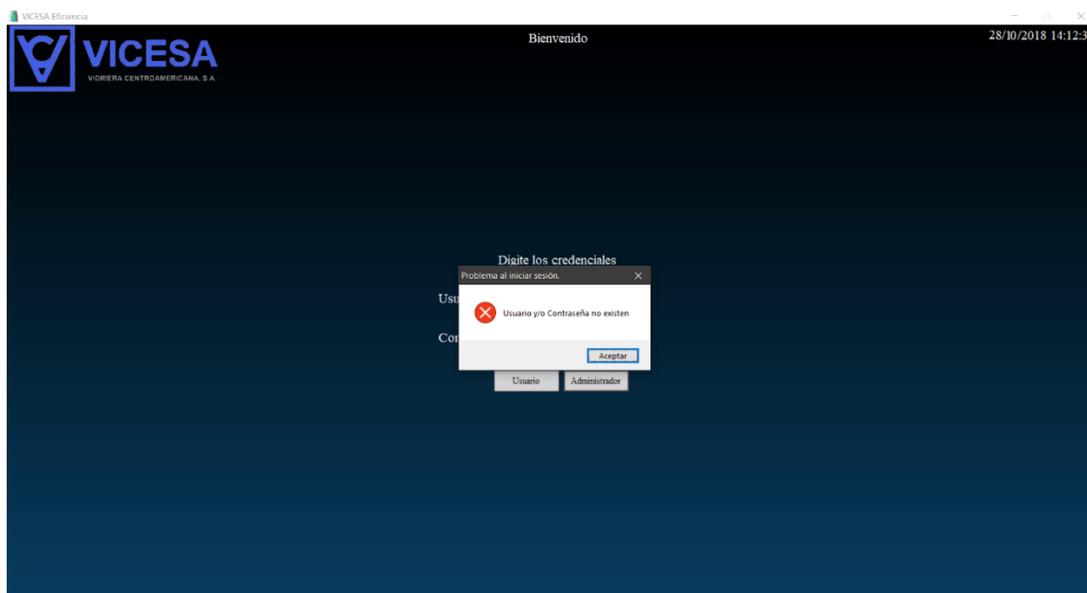


Figura 33. Usuario O Contraseña No Existe

**Fuente:** Propia

Con el usuario y la contraseña correcta el programa concede el acceso. Para conceder el acceso los cuadros de texto están vinculados con una base de datos de SQL Server, de manera que, al intentar acceder al programa, este revisa si el nombre y la contraseña existen y si estos están vinculados entre sí. Para el acceso en la ventana de administrador además de verifícas los cuadros de texto también debe verificar si el usuario tiene permisos de administrador, de lo contrario muestra un mensaje de error igual al de la figura 33.

La ventana de usuario y administrador despliegan la misma información, la diferencia se encuentra en que la del administrador tiene permisos de reiniciar los contadores del área fría. Esta opción se elimina debido a que no todas las personas tienen el permiso de reiniciar los contadores y ya que estos se reinician en conjunto con los contadores del área caliente.

Los datos por mostrar son los siguientes:

- Cortes
- Botellas
- Velocidad de Máquina
- Eficiencia de Cortes por Hora
- Eficiencia de Cortes por Día
- Contador Previo al Verificador
- Contador Posterior al Verificador
- Eficiencia Verificador
- Eficiencia Línea de Producción

En las figuras 34 y 35 se realiza la comparación con respecto a los datos validados que se encuentran en el PLC ya que estos fueron corroborados anteriormente. Al igual que los procesos previos, se realiza la tabla 11 con los datos obtenidos en el programa y se calcula la diferencia entre los datos del PLC y el SCADA.

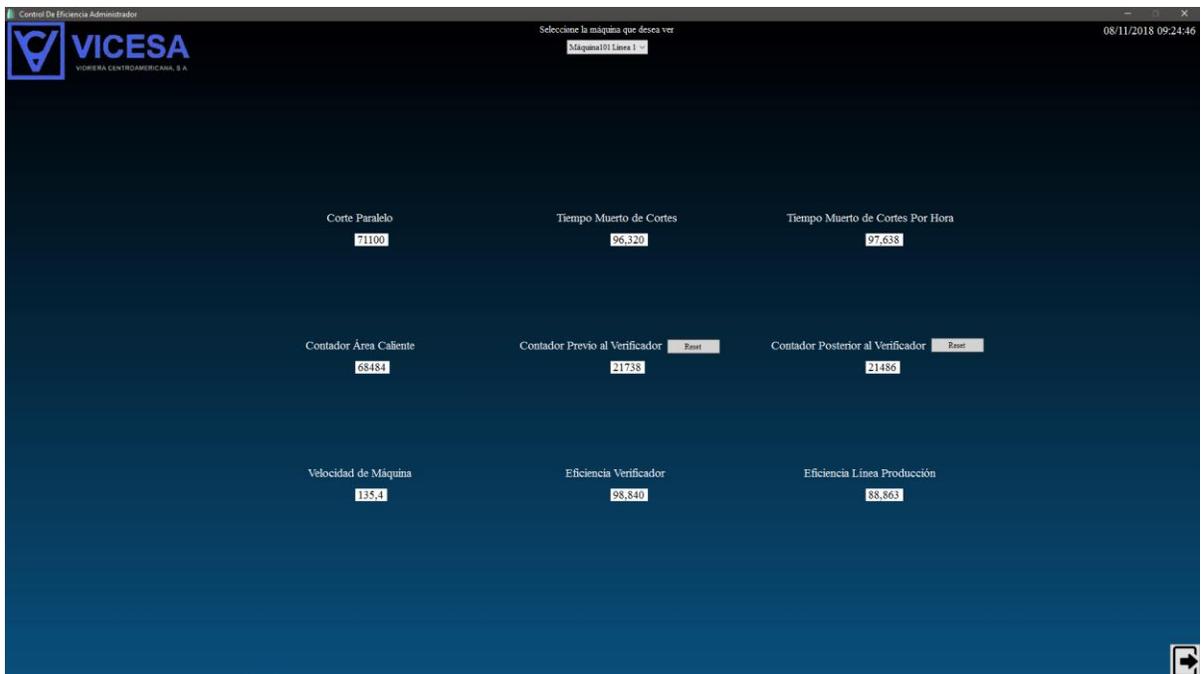


Figura 34. Datos De PLC En SCADA

Fuente: Propia

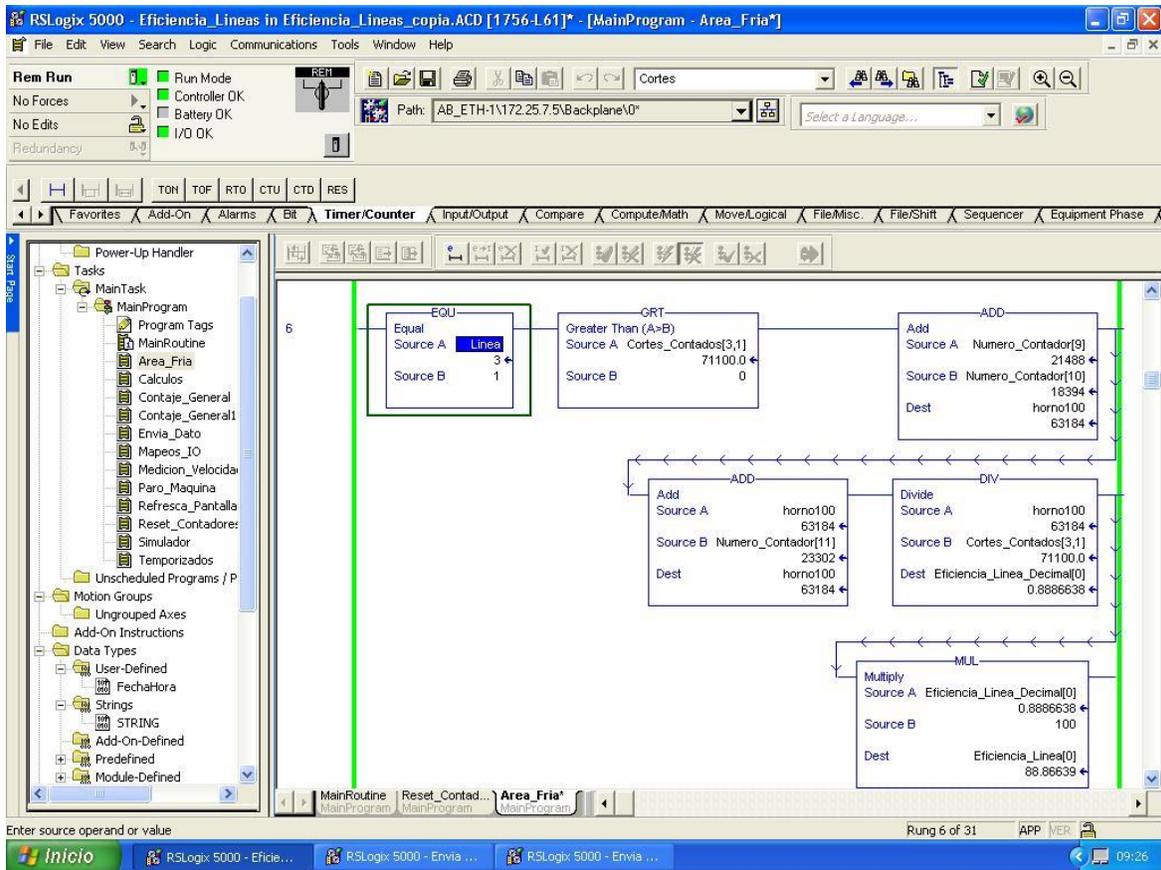


Figura 35. Datos De PLC En RSLogix

**Fuente:** Propia

Debido a que en la figura 35 no se obtiene el valor de todas las variables se decide realizar otras dos capturas al mismo tiempo con el fin de determinar las variables que faltan por comparar con respecto al SCADA.

En el apéndice las figuras 2 y 3 corresponden a la segunda prueba para completar la tabla, debido a que en la primera prueba no se obtienen todas las variables y al estar conectado con el PLC con flujo de botellas normal, los datos conmutan muy veloz.

Tabla 11. Valores de SCADA y PLC Para La Máquina 101 Línea 1

<b>Variabes</b>	<b>PLC</b>	<b>SCADA</b>	<b>Diferencia (%)</b>
Cortes	71100	71100	0
Contador Área Caliente	74993*	74993*	0
Velocidad de Máquina	135.4	135.4	0
Contador Previo a Verificador	24399*	24399*	0
Contador Posterior a Verificador	21488	21486	0.009
Eficiencia Verificador	98.84*	98.84*	0
Eficiencia Línea	88,86	88.86	0

**Fuente:** Propia

Como se puede observar en la tabla 11 los datos del SCADA no difieren con respecto a los que se encuentran en el PLC, así que no es necesario calcular la diferencia existente entre el PLC y el SCADA ya que esta es cero. Para los valores que tienen asterisco, son los que se tomaron como segunda prueba.

Debido a que el funcionamiento es igual a la venta de usuario, la prueba no se documenta en el informe, sin embargo, para corroborar la validación de los datos se adjuntan en los apéndices las figuras 2 y 3.

La ventana de administrador contiene el acceso a la hoja de adquisición de datos hora a hora y el resumen de la eficiencia a tiempo completo, además tiene una base de datos

para los usuarios, donde se pueden agregar o eliminar los usuarios, el único que no se puede eliminar es el usuario del Jefe de Instrumentación, ya que este no se muestra en la base de datos para efectos del funcionamiento óptimo del SCADA.

En la figura 36 y 37 se agregan usuarios con diferentes roles, uno administrador y otro usuario.

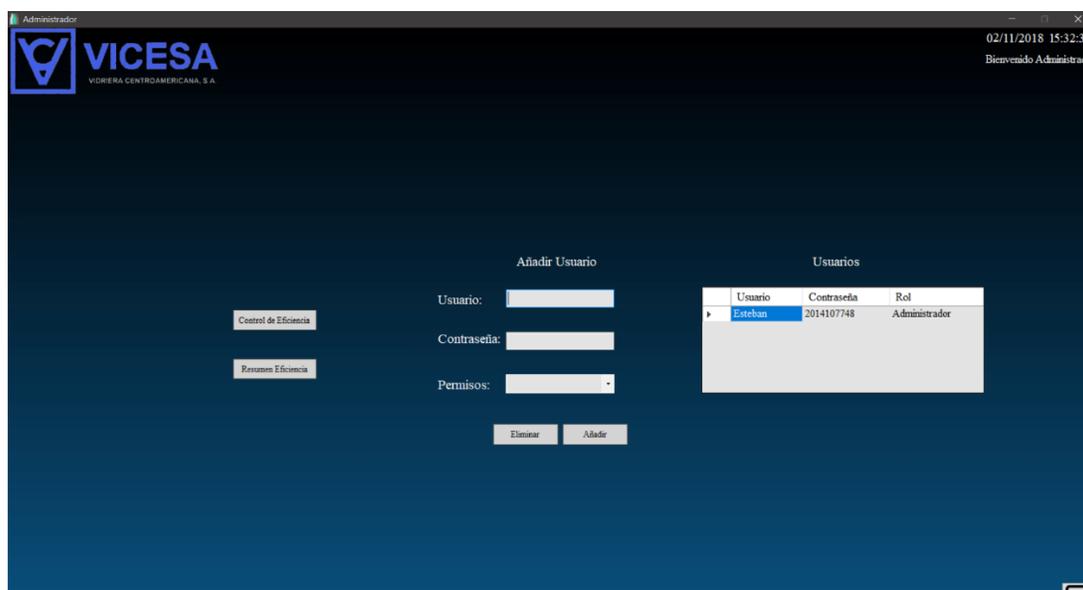


Figura 36. Nuevo Usuario Agregado En SCADA

Fuente: Propia

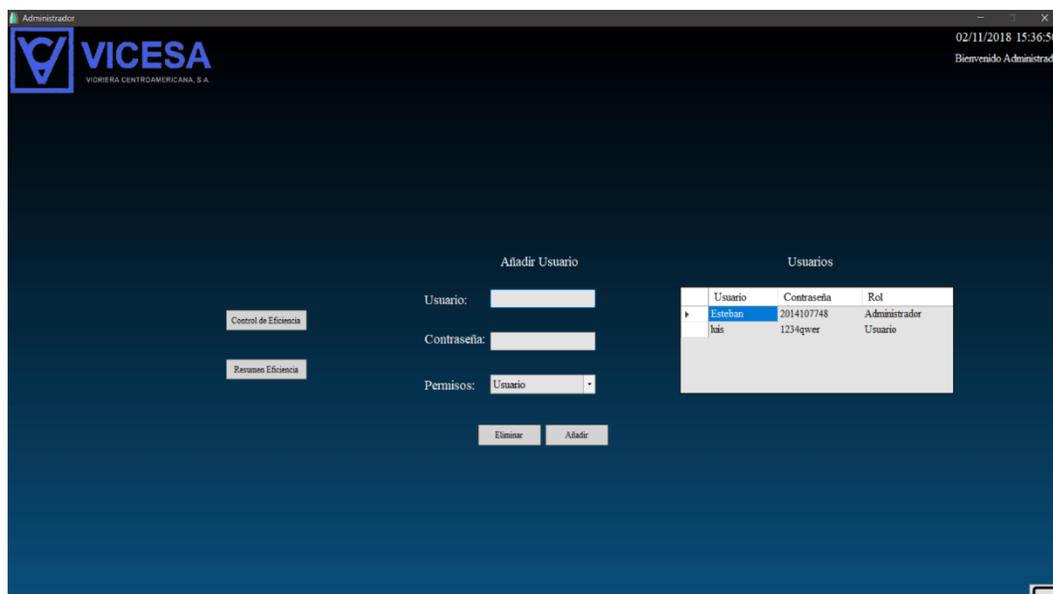
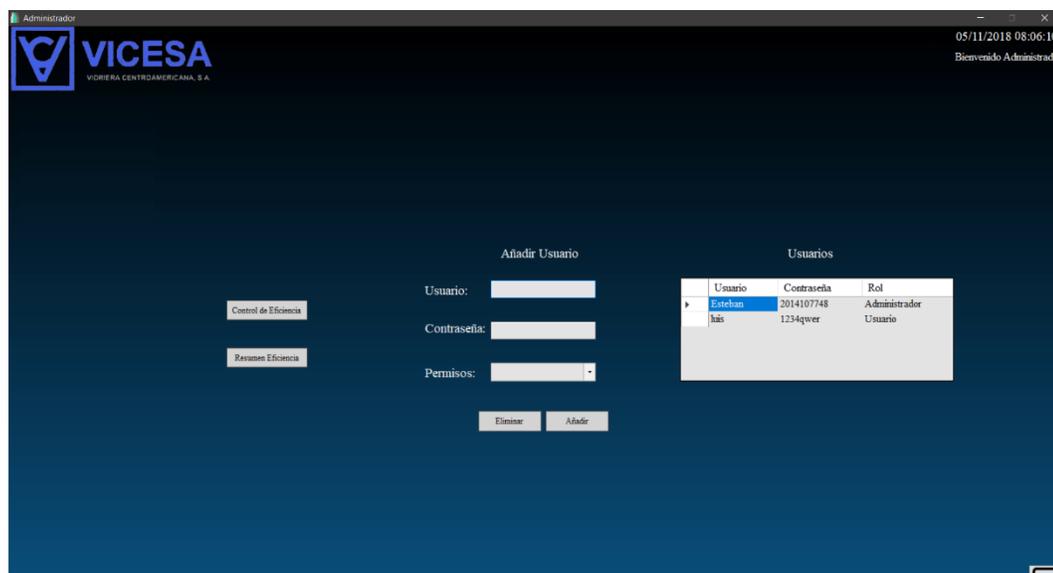


Figura 37. Segundo Usuario Agregado En SCADA

**Fuente:** Propia

Como se puede observar en las figuras 36 y 37 los usuarios se agregan correctamente y se almacenan, es decir la computadora se puede apagar y los datos se van a mantener en la base de datos, para esta prueba se realiza tres días después. En la figura 38 se muestran los datos de los usuarios registrados.



*Figura 38. Prueba De Funcionamiento De SCADA*

**Fuente:** Propia

La última ventana del SCADA corresponde a la base de Datos de la eficiencia por cada línea de producción, desde la línea 101 hasta la 204, esta parte del programa almacena los datos automáticamente cada hora, sin embargo, cuenta con un botón para agregar un valor de manera manual, tiene una función de buscar por fecha, lo cual facilita al usuario encontrar los datos que necesita basándose en la fecha de almacenaje.

Para la muestra de los datos el sistema revisa cada casilla con el fin de darle color a los datos de manera que sea similar al formato mostrado en la figura 18. Una vez realizado este, se debe comparar las dos tablas de adquisición de datos, en las figuras 39 y 40 se muestran los valores adquiridos por los dos métodos.



Para la figura 40, los datos de interés son los datos que se encuentran en la columna b, ya que hasta el momento solo se ha implementado en una columna debido a falta de presupuesto. De manera análoga a los otros sistemas, la diferencia se obtiene con la ecuación (4).

Como se puede observar los datos obtenidos son muy similares a los datos que se obtienen en el SCADA son muy similares con respecto a los obtenidos de manera manual, lo que indica que el cálculo que se está realizando es correcto y representativo para el departamento de producción. Se realiza la tabla 12 con los valores de eficiencia de la máquina 101 el día 31 de octubre desde las 6:00 PM hasta las 4:00 AM.

*Tabla 12. Valores De Eficiencia En SCADA Y Departamento Producción Máquina 101*

<b>Hora</b>	<b>SCADA</b>	<b>Producción</b>	<b>Diferencia (%)</b>
18:00	89	89	0
19:00	90	89	1.111
20:00	89	89	0
21:00	89	90	1.111
22:00	90	89	1.111
23:00	91	90	1.111
00:00	89	90	1.111
01:00	88	90	2.222
02:00	90	90	0
03:00	88	90	2.222
04:00	89	90	1.111

**Fuente:** Propia

Comparando los datos obtenidos en el SCADA con respecto a los calculados manualmente, muestra una diferencia muy baja de un máximo de 2.22%, pero debido a que los datos no son tomados siempre al momento exacto, puede inducir una falla debido a que la velocidad a la que se mueven las botellas no es constante, sin embargo, al tener un sistema de adquisición automático, los datos se pueden determinar de manera más precisa.

Los datos adquiridos por el SCADA son validados debido a que corresponden al mismo valor de las variables en un momento determinado, y si este cambia el sistema conmuta de inmediato, por lo que los valores que se observan en el programa son a tiempo real.

#### **4.4.1 Adquisición y Almacenamiento de Datos**

La validación de esta etapa del SCADA se realiza con las pruebas realizadas en el ingreso de nuevos usuarios y en la página principal del programa, ya que en ambos funcionó de manera correcta y los datos quedaron registrados en el programa. Además, también se tiene la adquisición de datos provenientes del PLC, el cual se muestra en un *datagridview* y se le da el formato deseado por VICESA. Para ambas bases de datos la computadora se puede apagar o el programa se cierra sin perder ningún dato.

#### **4.4.2 Representación de las variables**

Las variables tomadas del PLC varían con forme se ven modificadas en el programa, es decir, si estas dependen de un sensor de paso como el de las botellas y este se ve interrumpido, esas señales modifican al PLC, en el SCADA estas se representan como variables, sin embargo, se asignan variables por máquina debido a que la visualización de esta facilita la lectura de estas.

#### **4.4.3 Ejecución de Acciones de Control Para Modificar**

La acción de control que permite modificar el programa se encuentra con la condición de que la persona que esté usando el programa tenga acceso como administrador de lo contrario este no permite realizar la modificación.

El SCADA envía un bit en “1”, después vuelve a su estado normal “0”, para activar otro bit en el PLC y que este envíe un mensaje al PLC del horno 100 o 200, que se reinicien, debe de realizarlo así debido a que la computadora no se comunica con los dos PLC secundarios. De esta manera el SCADA modifica los valores del PLC.

#### **4.4.4 Conectividad con Otras Aplicaciones y Bases de Datos**

El programa actual se conecta con las bases de datos de SQL Server, y las utiliza para almacenar los datos que se recopilan hora a hora y también almacena a los usuarios registrados para el uso del software. Además, cuando se exporta el *datagridview*, el programa abre el LibreOffice para visualizar los datos CSV que está creando.

#### **4.4.5 Arquitectura Abierta y Flexible**

La arquitectura es abierta y flexible debido a que el programa es muy compatible con Microsoft debido a que la base del SCADA es desarrollado en Visual Studio, por eso permite el almacenaje y uso de bases de dato de Microsoft además de que permite crear un archivo ejecutable para que sea instalable en otras computadoras siempre y cuando cuenten con bases de datos y *net framework*.

#### **4.4.6 Supervisión**

La función principal es la supervisión de los contadores y estar al tanto de la eficiencia diaria durante el día ya que para el procedimiento de supervisión de eficiencia se complicaba debido a que solo estaba disponible en una parte de la planta. Además de supervisar la eficiencia se pueden visualizar más variables como se observa en la figura 15

#### **4.4.7 Transmisión de información**

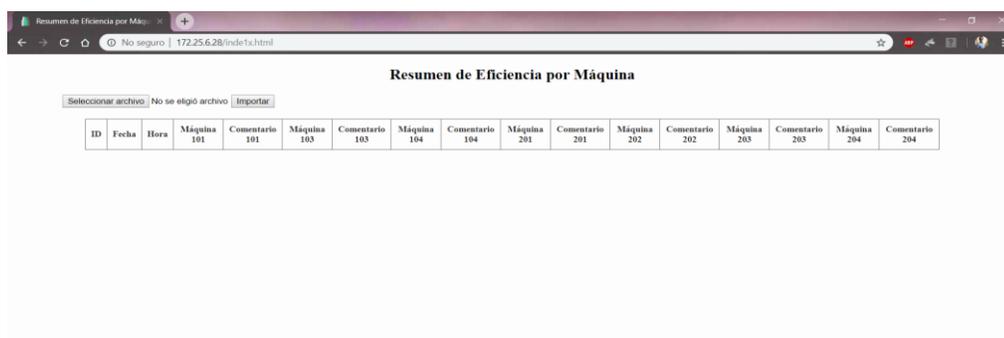
En el SCADA la transmisión de la información se da cuando el programa llama a las variables que están asignadas en el PLC Principal, de manera que estas se muestran en la pantalla para visualizarlas de una manera más ordena y sean sencillas de interpretar. También hay transmisión de información cuando se exportan los datos en un archivo CSV.

## 4.5 Tabla Resumen HTML

La tabla de resumen en HTML consiste en tomar el archivo CSV que crea el SCADA y subirlo a la Red Interna de VICESA, para eso se necesita la creación de un Servidor Local, el cual se desarrolló en XAMPP debido a que ya lo había utilizado anteriormente y cumple con el requisito, además de crear el servidor se realiza una página que suba el archivo y otra que visualice el tipo de archivo en la red.

Ya instalado el XAMPP y habilitado los puertos, se procede a guardar los datos en una carpeta que deja disponible los archivos para descargarlos desde cualquier otro computador además se debe crear una página para visualizar el tipo de documento.

En las figuras 41 y 42 se tiene el formato de la página HTML con la posibilidad de subir archivos tipo CSV y visualizarlos en la tabla. Para subir el documento se realizó con JavaScript y una librería, la cual tenía la función de importar los datos y verlos para poder escribirlos en la pantalla.



ID	Fecha	Hora	Máquina	Comentario												
			101	101	103	103	104	104	201	201	202	202	203	203	204	204

Figura 41. Formato HTML Sin Ningún Archivo Cargado

**Fuente:** Propia

Para cargar el archivo primero se tiene que entrar a la dirección 172.25.6.28 en esta parte se puede descargar el archivo que se desea. Al exportar los datos en el SCADA guarda el archivo como “Resumen \_ Día\_Mes\_Año”, de manera que el dato se puede descargar por fecha de interés.

Una vez descargado el archivo, se puede acceder a la dirección 172.25.6.28/inde1x.html y visualizarlo de la misma manera que se muestra en la figura 42.

ID	Fecha	Hora	Máquina 101	Comentario 101	Máquina 103	Comentario 103	Máquina 104	Comentario 104	Máquina 201	Comentario 201	Máquina 202	Comentario 202	Máquina 203	Comentario 203	Máquina 204	Comentario 204
1	06/11/2018	17:02:42	92		79		0		19		0		28		41	
2	06/11/2018	17:05:25	92		78		0		18		0		28		41	
3	06/11/2018	18:00:00	92		72		0		17		0		26		37	
4	06/11/2018	19:00:00	92		66		0		16		0		23		34	
5	06/11/2018	20:00:00	92		62		0		14		0		22		32	
6	06/11/2018	21:00:00	92		57		0		13		0		20		30	
7	06/11/2018	22:00:00	92		54		0		13		0		19		28	
8	06/11/2018	23:00:00	92		51		0		12		0		18		26	
9	07/11/2018	00:00:00	93		48		0		11		0		17		24	
10	07/11/2018	01:00:00	93		45		0		11		0		16		23	
11	07/11/2018	02:00:00	93		43		0		10		0		15		22	
12	07/11/2018	03:00:00	93		41		0		9		0		14		21	
13	07/11/2018	04:00:00	93		39		0		9		0		13		20	
14	07/11/2018	05:00:00	93		37		0		9		0		13		19	
15	07/11/2018	06:00:00	93		36		0		8		0		12		18	
16	07/11/2018	07:00:00	94		0		0		386		0		564		850	

Figura 42. Formato HTML Con Datos Cargados.

**Fuente:** Propia

Debido a que el dato que se sube ya está valido, al HTML no se le realiza una comparación porque es el mismo dato que realiza el SCADA.

## Capítulo 5

### Conclusiones

---

- Se logran obtener e implementar en el PLC Horno 100 todas las señales de la máquina 101 y realizando la configuración de red en el programa RSLogix, se logra comunicar el área fría con el área caliente sin ninguna pérdida de datos.
- A pesar de que no se tenía presupuesto para la etapa del Horno 200, se creó el programa y se le realizan pruebas en el laboratorio, tanto de contador como de comunicación entre PLCs, pasando con 0% de diferencia entre los datos lo que indica que se encuentra listo para el montaje en el área fría.
- En el PLC principal se realizó la adaptación de la nueva etapa con éxito, sin afectar las funciones que tenía previamente al proyecto.
- Los datos de eficiencia obtenidos por el PLC cumplen con los requisitos que tiene VICESA. Ya que la información obtenida corresponde al valor en tiempo real de la eficiencia de máquina y se logró determinar por medio de pruebas que este corresponde al dato real de eficiencia.
- Se logró desarrollar una interfaz gráfica que le permita al usuario controlar, supervisar y adquirir datos provenientes del PLC. También tiene la función de tener un acceso restringido cumpliendo con las características que solicitan en la empresa. Este se comprueba con el cumplimiento de los requisitos mostrados en la tabla 1.
- En el SCADA se ordenaron los datos a tiempo real por máquina, de manera que el usuario se le facilitó la supervisión de estos. Además, hora a hora adquiere los datos de manera independiente para todas las líneas de producción.
- Se logró realizar una hoja resumen en el SCADA, la cual tiene el formato que se utiliza actualmente y esta se puede exportar a un documento CSV para que sea compartido y visualizado en el servidor local.

## Capítulo 6

### Recomendaciones

---

- Siempre que exista un programa al que se le deba agregar una nueva etapa es importante empezar a estudiarlo con anticipación, de manera que se tenga certeza del funcionamiento de este, ya que de lo contrario pueden surgir contratiempos.
- El nombre de las variables a utilizar tiene que ser representativo a la función que cumple, debido a que de lo contrario genera confusión al momento de la revisión del archivo y en caso de que necesite reparación es más difícil determinar cuál variable necesita ser modificada.
- Hablar constantemente con las personas encargadas en el proyecto, debido a que las sugerencias o modificaciones que ellos sugieran se puedan obtener con tiempo y de la mejor manera, además, estar mostrando un avance constantemente de manera que los supervisores den una realimentación de lo que se está haciendo.
- En el caso del SCADA es importante que el formato sea representativo a la empresa en la que se trabaja, en caso de tener otros programas trabajando se recomienda revisar la estructura con el fin de crear un formato similar en diseño, para que al momento de implementar el SCADA se sientan familiarizados con este.
- Al programar un HMI, siempre se debe pensar en las posibles fallas que podrían pasar por lo tanto debe someterse a pruebas extensas revisando que todo funcione con normalidad y también valorar todas las facilidades que los programas actuales nos dan. Todo esto con el fin de que el programa sea confiable y sencillo para el control y supervisión de los datos.

## Capítulo 7

### Bibliografía

---

[1] Allen Bradley, (Febrero de 2018). *Logix 5000 Controllers General Instruction Reference Manual*.

[2] Allen Bradley, (Agosto de 2017). *EtherNet/IP Network Configuration*

[3] Code Factory. (30 de Marzo de 2016). *Login and Registration Forms in C#*. Obtenido de Code Factory: <https://www.youtube.com/watch?v=a9HLgcw14KM&list=PLripa6ero7j5kz447ywTVazQJ2N7ViwvB&index=2>.

[4] DevSMK. (15 de Julio de 2017). *Cell Formatting in datagridview(vb)*. Obtenido de DevSMK: <https://www.youtube.com/watch?v=SSwmUUmYQEU&t=1063s>

[5] López, E. P. (27 de febrero de 2015). *Los sistemas SCADA en la automatización industrial*. Obtenido de dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5280242.pdf>

[6] VICAL, (2002). *VICAL Grupo Vidriero Centroamericano*. Obtenido de: [www.grupovical.com](http://www.grupovical.com)

[7] Warren, G, Hogenson, G, Robertson, C. (). (10 de Octubre de 2017). *Create application Visual Basic*. Obtenido de la página de Microsoft: <https://docs.microsoft.com/en-us/visualstudio/ide/?view=vs-2017>

[8] Wenzel, M, Jones, M, Mackiovello, E. (29 de Marzo de 2017). *Making and Submitting Data Changes*. Obtenido de Microsoft: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/framework/data/adonet/sql/linq/making-and-submitting-data-changes>

[9] W3SCHOOLS. (2018). *HTML5 Tutorial*. Obtenido de: <https://www.w3schools.com/html/default.asp>

## Capítulo 8

### Apéndice

---

Esta sección se refiere a imágenes que sirven como evidencia de la validación del proyecto, algunas son para orientar al lector como el caso de la figura A.1.



Fig A.1. Botella de Cerveza Realizada el Día de Pruebas

Fuente: Propia

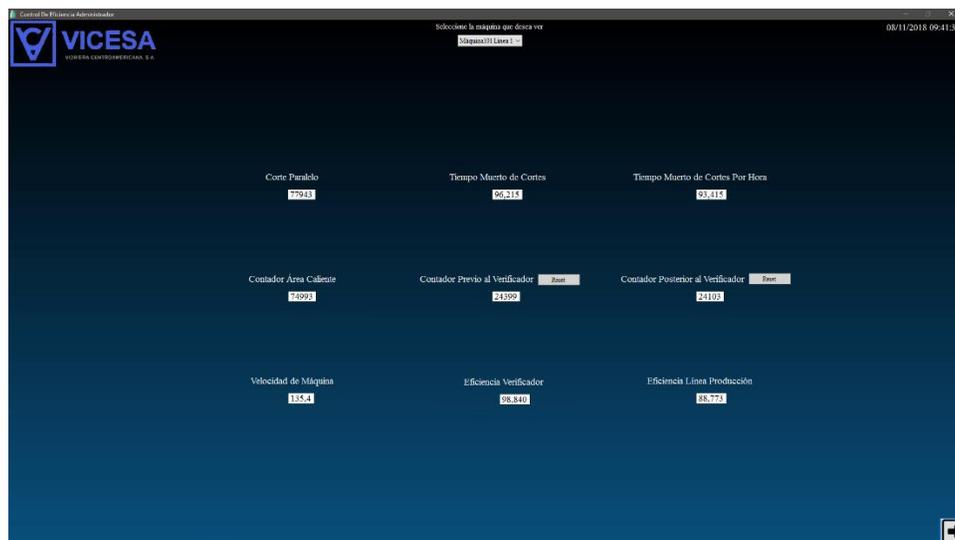


Fig A.2. Eficiencia tomada de SCADA Segunda Prueba

Fuente: Propia

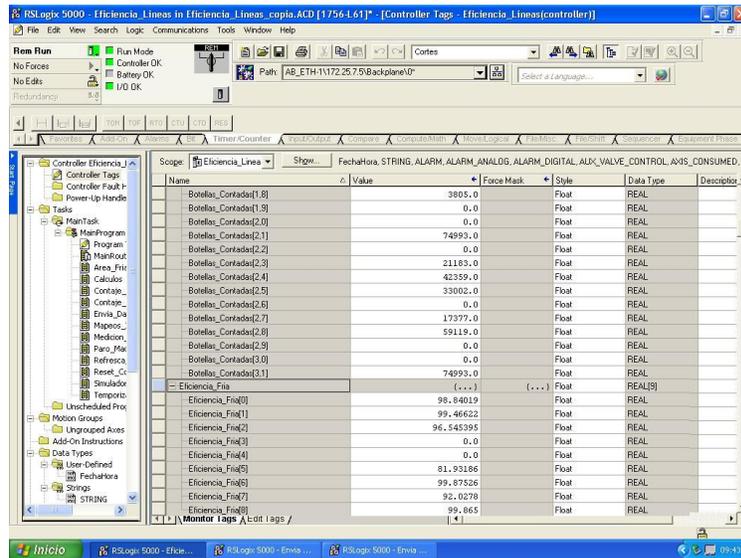


Fig A.3. Eficiencia tomada del PLC Segunda Prueba.

Fuente: Propia

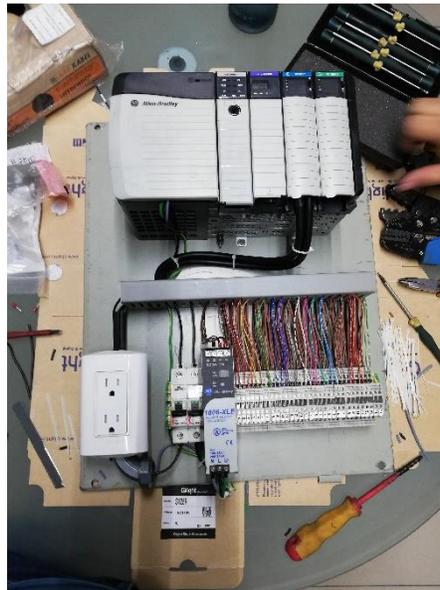


Fig A.4. Ensamblaje De PLC En EL Case.

Fuente: Propia

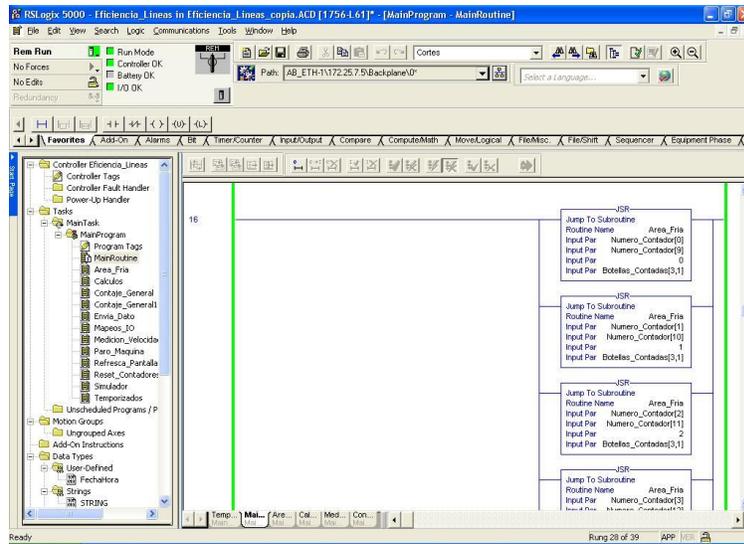


Fig A.5. Programación Área Fría.

Fuente: Propia

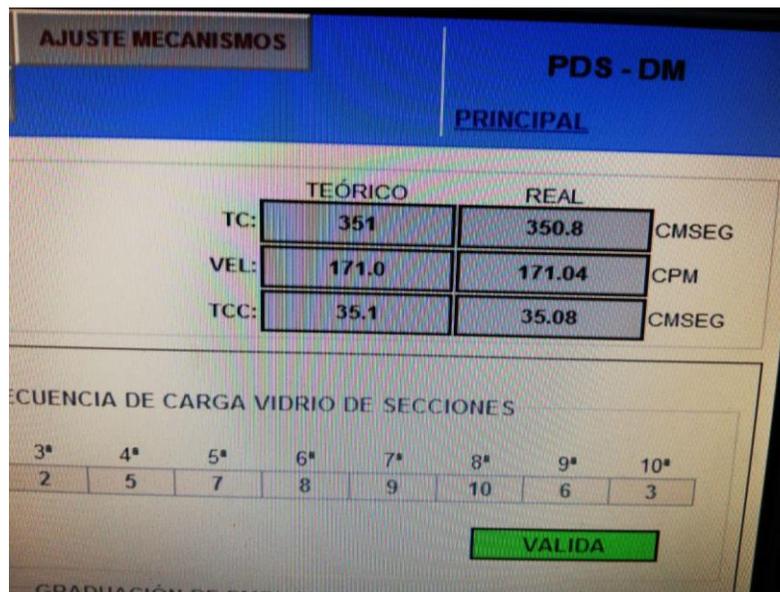


Fig A.6. Velocidad de máquina 204.

Fuente: Propia

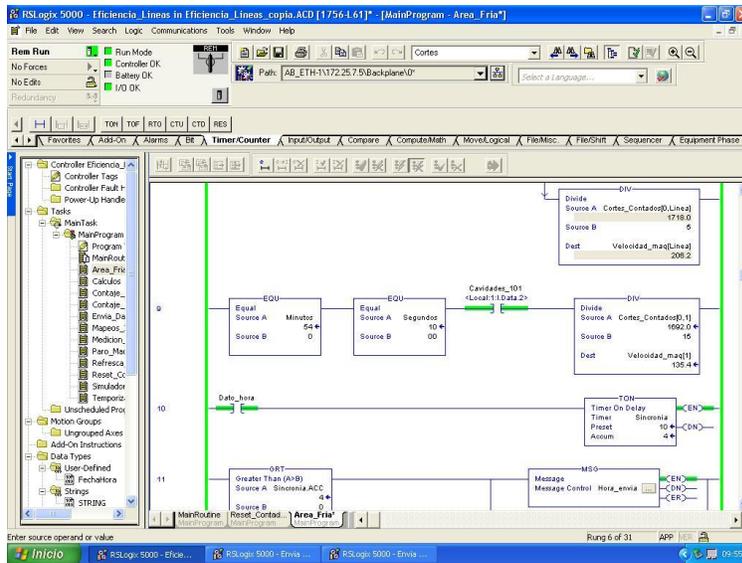


Fig A.7. Velocidad Máquina 204 del PLC.

Fuente: Propia

# Capítulo 9

## Anexos

Esta sección del proyecto se trata de los documentos externos que sirvieron para la implementación del proyecto. En este caso la figura A.8 es la hoja de datos del módulo de entrada de los PLCs.

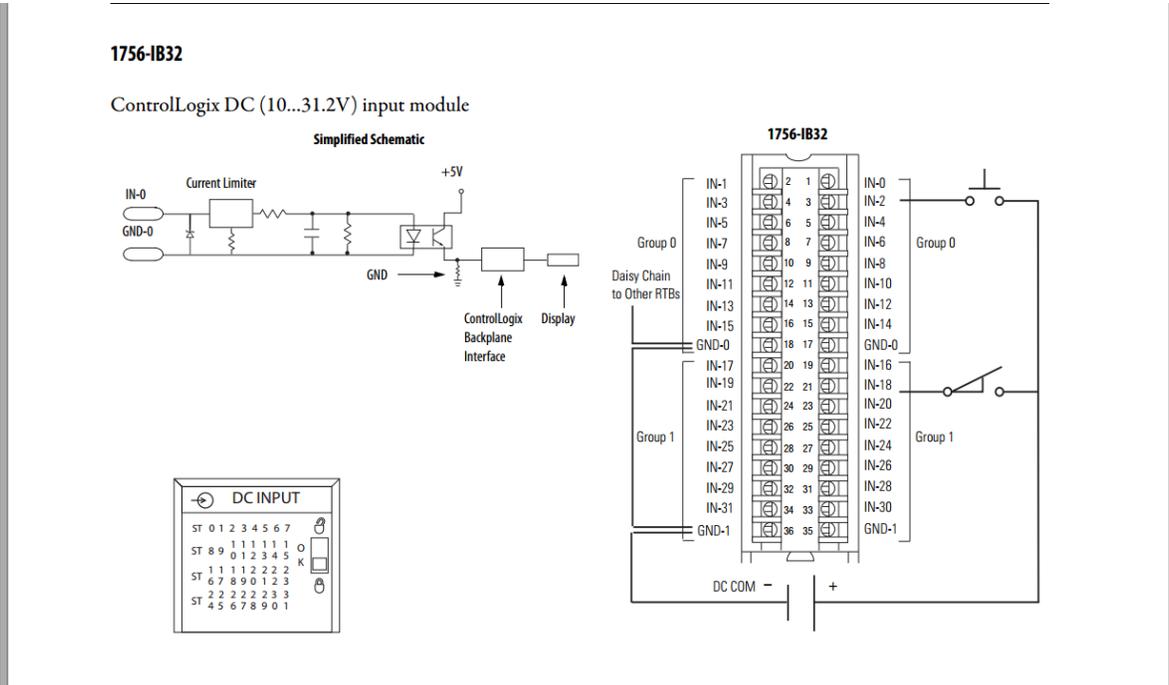


Fig A.8 Hoja De Datos De Módulo De Entrada Para Allen Bradley