



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DESARROLLO DE UN INTERFAZ DE MONITOREO DE PROCESOS
PRODUCTIVOS EN MÓDULOS DE MANUFACTURA FLEXIBLE.



AUTOR

Cristhian Alexis Castro Intriago

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DESARROLLO DE UN INTERFAZ DE MONITOREO DE PROCESOS
PRODUCTIVOS EN MÓDULOS DE MANUFACTURA FLEXIBLE.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Producción Industrial.

Profesor Guía

Msc. Omar Cristóbal Flor Unda

Autor

Cristhian Alexis Castro Intriago

Año

2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Omar Cristóbal Flor Unda

Master Universitario en Automática, Robótica y telemática

CC: 1713531331

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Aníbal Andrés Cevallos Jaramillo

Master en Ciencias especialización Ingeniería Industrial

CC: 1705310280

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Cristhian Alexis Castro Intriago

CC: 0803243682

AGRADECIMIENTOS

A Dios por todas las bendiciones.
A mis familiares y amigos que siempre estuvieron junto a mí, por su apoyo incondicional y sus consejos.

A mis profesores, principalmente a mi tutor por su tiempo y apoyo constante.

DEDICATORIA

A mis padres quienes siempre me apoyaron, a ellos a quienes les debo absolutamente todo y como parte del pago a su esfuerzo y dedicación hacia mí, les recompenso con orgullo, éste resultado.

A mis abuelos Colon y Carmen que desde el cielo aplauden ¡un logro más!, gracias.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en el desarrollo e implementación de una interfaz de monitoreo de procesos productivos entre los módulos de manufactura flexible FESTO instalados en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Producción Industrial de la UDLA y el computador, con la finalidad de evaluar el comportamiento del sistema y su evolución ante cambios.

Las variables que se visualizarán en la interfaz de monitoreo se tomaron en base a la información de algunos parámetros de desempeño, con la finalidad de determinar el comportamiento de los módulos de manufactura.

Para el desarrollo de la interfaz, el PLC S7-1200 conectado a los módulos, se programó en base a los requerimientos de las variables de estudio en el software TIA PORTAL v13 (versión demostrativa), cuya función consiste en recibir y enviar señales, comunicando a través del puerto Ethernet los datos de las variables al OPC KepServer v5 y este posteriormente a la interfaz de monitoreo, donde serán visualizadas.

La interfaz fue desarrollada en Microsoft Excel, cuenta con un diseño amigable y de uso sencillo para los estudiantes, la integran dos pantallas para la visualización del monitoreo de las variables que son: Tiempos de Operación y Control de Calidad, asimismo cuenta con una pantalla en donde se visualizarán los parámetros de desempeño del sistema de acuerdo con las variables obtenidas.

Finalmente, se realizaron pruebas de funcionalidad del sistema con la finalidad de verificar el correcto funcionamiento de los equipos y software utilizados, además se observó el comportamiento de dieciocho piezas con la finalidad de mostrar los resultados de la implementación de la interfaz de monitoreo.

ABSTRACT

This degree work consists of the development and the implementation of a monitoring interface of productive processes, between the FESTO flexible manufacturing modules installed in the laboratory of the Engineering of Industrial Production at UDLA and the computer, to evaluate the behavior of the system and its evolution before changes.

The variables that are visualized in the monitoring interface were taken based on the information of some performance parameters, to determine the behavior of the manufacturing modules.

For the development of the interface, the S7-1200 PLC connected to the modules is programmed based on the requirements of the study variables in the software TIA PORTAL v13 (demo version), whose function in receiving and sending signals, communicating through the Ethernet port the data of the variables to the OPC KepServer v5 and this later to the interface of monitoring, where they are visualized.

The interface was developed in Microsoft Excel, which has a friendly design and easy to use for students, integration of the screens for the visualization of the monitoring of the variables that are: Time of Operation and Quality Control, where the parameters are visualized of performance of the system according to the variables obtained.

Finally, the tests of system functionality were carried out to verify the correct functioning of the equipment and the software used. In addition, the behavior of the parts was observed to show the results of the implementation of the monitoring interface.

ÍNDICE

1. Capítulo I. Introducción.....	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Antecedentes.....	1
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. Alcance	3
2. Capítulo II. Marco Teórico.....	4
2.1. Automatización Industrial.....	4
2.2. Sistemas de Supervisión de Control y Adquisición de datos – SCADA.....	5
2.2.1. Esquema Básico de un sistema SCADA.	6
2.2.2. Funciones primordiales del sistema SCADA.	6
2.3. Interfaz Hombre-Máquina - HMI	7
2.3.1. HMI-PLC.....	7
2.4. Andon (Control Visual).....	8
2.4.1. Beneficios del Andon.....	8
2.4.2. Tableros de información.	8
2.5. Módulos de manufactura flexible.....	9
2.5.1. Módulo de distribución.....	10
2.5.2. Módulo de verificación	11
2.5.3. Módulo de clasificación.....	12
2.6. Dispositivos físicos y software por utilizarse.....	13
2.6.1. Controlador Lógico Programable (PLC).....	13
2.6.2. Puerto Ethernet.....	17
2.6.3. <i>OLE Process Control (OPC)</i>	17

2.6.4.	Software <i>Totally Integrated Automation</i> Portal v13.....	19
2.6.5.	Microsoft Excel 2010	19
2.7.	Parámetros de desempeño del sistema.....	20
2.7.1.	Disponibilidad de la máquina.....	20
2.7.2.	Rendimiento.....	20
2.7.3.	Calidad	21
2.7.4.	OEE (Eficiencia Global de Equipos)	21
3.	Capítulo III. Determinación de las variables de monitoreo y de los parámetros de desempeño para los módulos de manufactura flexible.	23
3.1.	Determinación las variables a partir de los módulos de manufactura.....	24
3.1.1.	Tiempos de estudio.	24
3.1.2.	Control de Calidad	31
3.2.	Parámetros de desempeño.....	34
4.	Capítulo IV – Desarrollo de la interfaz de monitoreo.....	35
4.1.	Configuración y programación del Software TIA Portal V13 (versión demostrativa).....	35
4.2.	Desarrollo de la comunicación entre el PLC S7-1200 y el computador.....	41
4.2.1.	Configuración del KepServer v5.	42
4.3.	Diseño de la interfaz de monitoreo.....	47
4.3.1.	Pantalla de acceso - Inicio SCADA.....	48
4.3.2.	Pantalla de inicio – caratula.....	49
4.3.3.	Pantalla de menú.....	50
4.3.4.	Pantalla Módulos - Simulación.....	51
4.3.5.	Pantalla – Tiempos de operación.	51
4.3.6.	Pantalla – Control de calidad.....	53
4.3.7.	Pantalla – Parámetros de desempeño.....	54
4.4.	Enlace entre la interfaz en Excel y el OPC.	54

5. Capitulo V. Pruebas de verificación de funcionalidad de la interfaz de monitoreo.	62
5.1. Módulos de manufactura flexible FESTO:	62
5.1.1. Funcionalidad de datos.....	64
5.2. PLC S7-1200	69
5.3. TIA Portal V13	70
5.4. OPC KepServer v5.....	70
5.5. Interfaz de monitoreo en Excel.....	72
6. Capítulo VI. Resultados de la implementación	72
6.1. Tiempos de estudio.....	73
6.1.1. Tiempos por proceso.....	73
6.1.2. Tiempo de operación.....	75
6.2. Control de Calidad.....	77
6.3. Parámetros de desempeño del sistema.....	79
6.3.1. Disponibilidad de la maquina (Módulos de manufactura flexible). 79	
6.3.2. Rendimiento.....	80
6.3.3. Calidad	80
6.3.4. OEE (Eficiencia Global de Equipos)	81
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
7.1. Conclusiones.....	83
7.2. Recomendaciones.....	84
REFERENCIAS	85
ANEXOS	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura jerárquica de la automatización.	5
Figura 2. Esquema básico de un sistema SCADA.	6
Figura 3. Ejemplo Andon.	9
Figura 4. Módulo de distribución.	11
Figura 5. Módulo de verificación.	12
Figura 6. Módulo de clasificación.	13
Figura 7. Esquema PLC	14
Figura 8. Estructura del PLC.	15
Figura 9. Partes del PLC S7-1200.	16
Figura 10. Esquema conexión PLC-PC.	17
Figura 11. Configuración de la comunicación en KepServerEX v5.	18
Figura 12. OEE.	22
Figura 13. Clasificación de la OEE.	23
Figura 14. Simulación del sistema de manufactura.	24
Figura 15. Simulación de tiempos por proceso.	25
<i>Figura 16. Rampas de clasificación.</i>	<i>27</i>
Figura 17. Representación gráfica de los tiempos por proceso.	29
Figura 18. Representación gráfica de los tiempos de operación.	31
Figura 19. Simulación Control de Calidad.	31
Figura 20. Color de las piezas de estudio.	32
Figura 21. Representación gráfica-Cantidad de piezas.	33
Figura 22. Representación gráfica – Cantidad de piezas por color.	34
Figura 23. Icono TIA Portal V13	36
Figura 24. Pantalla de inicio del Software TIA Portal v13.	37
Figura 25. Selección de “Device & Networks”	37
Figura 26. Selección de CPU del PLC S7-1200.	38
Figura 27. Vista de Red en el software TIA Portal v13.	38
Figura 28. Ejemplo de declaración de variables en el software TIA Portal V13.	39
Figura 29. Ejemplo de diagrama de escalera y segmentos en el software TIA Portal V13.	39

Figura 30. Ejemplo de temporizador TON en el software TIA Portal V13.	40
Figura 31. Ejemplo de contador CTU en el software TIA Portal V13.....	41
Figura 32. PLC S7-1200 con sus maestros AS-i y PROFIBUS.....	41
Figura 33. Icono del software KepServer V5.....	42
Figura 34. Ventana de inicio del software KepServer v5.....	42
Figura 35. Ventana “New Channel – Identification” del software KepServer v5.....	43
Figura 36. Ventana “New Channel – Device Driver” del software KepServer v5.....	43
Figura 37. Ventana de inicio del software Kepserver v5 - add a device.....	44
Figura 38. Ventana “New Device – Name” del software KepServer v5.....	44
Figura 39. Ventana “New Device – Model” del software KepServer v5.....	45
Figura 40. Ventana “New Device – ID” del software KepServer v5.....	45
Figura 41. Ventana de inicio del software KepServer v5 – add tags.....	46
Figura 42. Ventana “Tag properties” del software KepServer v5.....	46
Figura 43. Tags para el PLC S7-1200.....	47
Figura 44. Pantalla de acceso.....	48
Figura 45. Programación de los mandos para la pantalla de acceso.....	48
Figura 46. Mensaje de bienvenida – pantalla “Inicio SCADA”.....	49
Figura 47. Pantalla de inicio – Carátula.....	50
Figura 48. Pantalla de menú.....	50
Figura 49. Pantalla Módulos – Simulación.....	51
Figura 50. Pantalla – Tiempo de operación.....	52
Figura 51. Pantalla – Control de calidad.....	53
Figura 52. Pantalla - Parámetros de desempeño.....	54
Figura 53. Ubicación del icono “new cannel” en el software KepServer v5.....	55
Figura 54. Ventana “New Channel - Identification” en el software KepServer v5.....	56
Figura 55. Ventana “New Channel – Device Driver” del software KepServer v5.....	56
Figura 56. Agregar un dispositivo en el software Kepserver v5.....	57
Figura 57. Ventana “New Device – Name” para la interfaz en Excel.....	57

Figura 58. Ventana para crear etiquetas para la interfaz en Excel del software KepServer v5.	58
Figura 59. Ventana “Tag properties” para crear etiquetas para la interfaz en Excel.	59
Figura 60. Ventana - Etiquetas para el monitoreo en Excel.	59
Figura 61. Opciones de uso del software KepServer v5.	60
Figura 62. Ventana de inicio del software Kepserver v5 – Link Tag.....	60
Figura 63. Ventana “Link Tag” del software KepServer v5.....	61
Figura 64. Ventana - Etiquetas enlazadas entre el PLC S7-1200 y Microsoft Excel.	61
Figura 65. Conexión de software y equipos utilizados.	62
Figura 66. Tipos de pieza.	68
Figura 67. Amortiguador en el proceso CD.	69
Figura 68. PLC S7-1200 con indicadores correctos para su funcionamiento. ...	70
Figura 69. Verificación del funcionamiento del software TIA Portal V13.	70
Figura 70. Icono Quick Client en el software KepServer v5.	71
Figura 71. Ventana Quick Client en el software KepServer v5.....	71
Figura 72. Funcionamiento de la interfaz de monitoreo en Excel.....	72
Figura 73. Resultado gráfico de los tiempos por proceso.	74
Figura 74. Resultado gráfico de los tiempos de operación.....	76
Figura 75. Resultados gráfico - cantidad de piezas.....	78
Figura 76. Resultados gráfico - cantidad de piezas por color.....	79
Figura 77. Resultados – Parámetros de desempeño en la interfaz.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción del proceso de la pieza en el sistema.....	24
Tabla 2. Tiempos por proceso.....	27
Tabla 3. Tiempos por proceso para varias piezas.....	28
Tabla 4. Tiempo de operación por pieza.	29
Tabla 5. Tiempos de operación.....	30
Tabla 6. Cantidad de piezas.....	33
Tabla 7. Cantidad de piezas en %.....	33
Tabla 8. Resumen de tiempos.....	35
Tabla 9. Verificación del módulo de distribución.	63
Tabla 10. Comprobación del módulo de verificación.....	63
Tabla 11. Verificación del módulo de clasificación.	64
Tabla 12. Captura de variables en módulos de distribución.....	64
Tabla 13. Captura de variables en módulos de verificación.	65
Tabla 14. Captura de variables en módulos de clasificación.....	66
Tabla 15. Características de las observaciones.	67
Tabla 16. Peso de las piezas.	68
Tabla 17. Resultados de la implementación - Tiempos por proceso.	73
Tabla 18. Resultados de la implementación-Tiempo de operación.	75
Tabla 19. Resultados - Cantidad de piezas.....	77
Tabla 20. Resultados - Cantidad de piezas en %.....	77

1. Capítulo I. Introducción

1.1. Descripción del problema

En la actualidad los procesos productivos en empresas de producción masiva emplean procesos tecnológicos que les permiten adquirir información sobre múltiples variables, para la obtención y cálculo de parámetros de rendimiento del sistema de producción con la finalidad de tomar decisiones y mejorar continuamente.

La Universidad de las Américas (UDLA), en su afán de preparar de manera más didáctica a sus estudiantes en la carrera de Ingeniería en Producción Industrial, adquirió módulos de manufactura flexible FESTO, en los cuales, los estudiantes puedan aplicar sus conocimientos por medios de proyectos tales como: planificación, programación, automatización, electrónica, simulación, etc. Estos módulos operan automáticamente y en vista de que en muchas prácticas de varias asignaturas se requiere medir tiempos y contar objetos procesados, se ha propuesto el desarrollo de una interfaz gráfica de usuario a través de la comunicación entre los módulos de manufactura flexible y el computador. Esta interfaz proporcionará información relevante para que los estudiantes analicen el comportamiento del sistema y puedan aplicar herramientas de mejora de acuerdo con lo visualizado.

1.2. Antecedentes

El Ecuador en los últimos años, se ha visto influenciado por un cambio positivo en la matriz productiva. El crecimiento y demanda de soluciones en automatización con la finalidad de mejorar los procesos de producción continua, es cada vez más necesaria.

La Universidad de las Américas con su sede en Quito, oferta la carrera de Ingeniería en Producción Industrial en la que se imparten asignaturas tanto técnicas como de gestión, necesaria para la industria.

El laboratorio de Producción Industrial está provisto de varios módulos de manufactura flexible entre ellos los de: distribución, verificación y clasificación, que son estaciones de la Célula MPS-C (Sistema Modular de Producción) diseñadas por FESTO. Estos módulos se encuentran operativos en la actualidad y operan mediante señales eléctricas y actuadores neumáticos para los movimientos.

Los datos de su funcionamiento son tomados por observación directa de los estudiantes, por ello, con la finalidad de automatizar el proceso de adquisición de datos se ha propuesto implementar una interfaz, a través de la interacción de un controlador lógico programable PLC S7-1200 marca Siemens cuyos datos se transportarán a una hoja de Excel que permita el monitoreo y cálculo de variables de operación del sistema, como por ejemplo; tiempo de procesos, número de productos terminados en aceptable o no aceptable, eficiencia, etc.

1.3. Justificación

Monitorear los procesos productivos en procesos automatizados, calcular parámetros, analizar datos de salida y concluir sobre el rendimiento del sistema es una tarea de gran importancia para un Ingeniero en Producción Industrial en vista de que este será el responsable de la toma de decisiones de acuerdo con el comportamiento del sistema.

Los módulos de manufactura flexible instalados en el laboratorio de Ingeniería en Producción Industrial trabajan de forma aislada sin reportar datos de sus variables a un sistema computarizado. Se hace necesario por ello implementar una comunicación módulos-computador que permita determinar tiempos,

cantidades y demás, con la finalidad de evaluar el comportamiento del sistema y su evolución ante cambios.

El presente trabajo de titulación permitirá a los estudiantes de la carrera experimentar y aplicar las herramientas de gestión y optimización empleando procesos reales existentes en los módulos de manufactura flexible.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar una interfaz de monitoreo para los módulos de manufactura flexibles de distribución, verificación y clasificación marca FESTO ubicados en el laboratorio de la carrera de Producción Industrial de la UDLA.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Estudiar las múltiples alternativas de comunicación para el monitoreo de procesos industriales.
- Determinar las variables de monitoreo más relevantes para la evaluación de desempeño del sistema.
- Desarrollar la interfaz de comunicación y la hoja de cálculo para evaluar el sistema.
- Desarrollar verificaciones de funcionalidad del sistema implementado.
- Estudiar y analizar los resultados de la implementación.

1.5. Alcance

El presente proyecto de titulación implementará una interfaz de comunicación entre los módulos de distribución, verificación y clasificación de manufactura flexible, marca FESTO y el computador. Las variables adquiridas permitirán evaluar de forma automática la eficiencia del sistema. Se creará la interfaz para

la visualización de resultados con fines didácticos, en la cual los estudiantes posteriormente empleen conceptos, experimenten, analicen o propongan alternativas de mejora en el sistema de acuerdo con lo visualizado en la interfaz.

2. Capítulo II. Marco Teórico

2.1. Automatización Industrial

La automatización trata de una extensa diversidad de procesos industriales y de sistemas que funcionan con una pequeña manipulación del hombre a través del uso de sistemas computarizados, destinados a la supervisión de máquinas y operaciones industriales, con la finalidad de reemplazar la supervisión por parte de los operadores. Por lo general la mayoría de las industrias están automatizadas completamente o en alguna de sus actividades de producción, en 3 niveles: medición, evaluación y control.

- Medición: La automatización en la medición emplea una gran cantidad de sensores que transmiten información con la finalidad de analizarlos y actuar en función de los mismos.
- Evaluación: La información adquirida en el proceso de medición debe de ser evaluada de forma automática, para así establecer conclusiones o acciones previstas en las operaciones.
- Control: Para el control en los procesos automatizados, se utiliza diferentes softwares u otros sistemas en ordenadores con la finalidad de poder corregir diferentes operaciones de acuerdo con los errores presentados.

La Figura 1, presenta la estructura jerárquica de la automatización industrial, comenzando con el nivel de proceso, en el cual se localizan la instalación y suministro de equipo como sensores, actuadores y hardware; hasta alcanzar el

último nivel que es el de administración en el cual abarca la integración con sistemas de manufactura y administración (ERP).



Figura 1. Estructura jerárquica de la automatización.

Tomado de (SCI- Procesos de Control y Automatización, s. f.)

2.2. Sistemas de Supervisión de Control y Adquisición de datos – SCADA.

Supervisory Control And Data Acquisition o en español Sistemas de Supervisión de Control y Adquisición de datos (SCADA), es un sistema de monitorización que permite el control de la producción de forma automática a través de una interfaz gráfica de usuario, la misma que proporciona datos

relevantes sobre el proceso a los trabajadores, supervisores, mantenimiento, etc. (Castro y Romero, 2011)

2.2.1. Esquema Básico de un sistema SCADA.

La Figura 2 presenta un esquema básico del sistema SCADA:

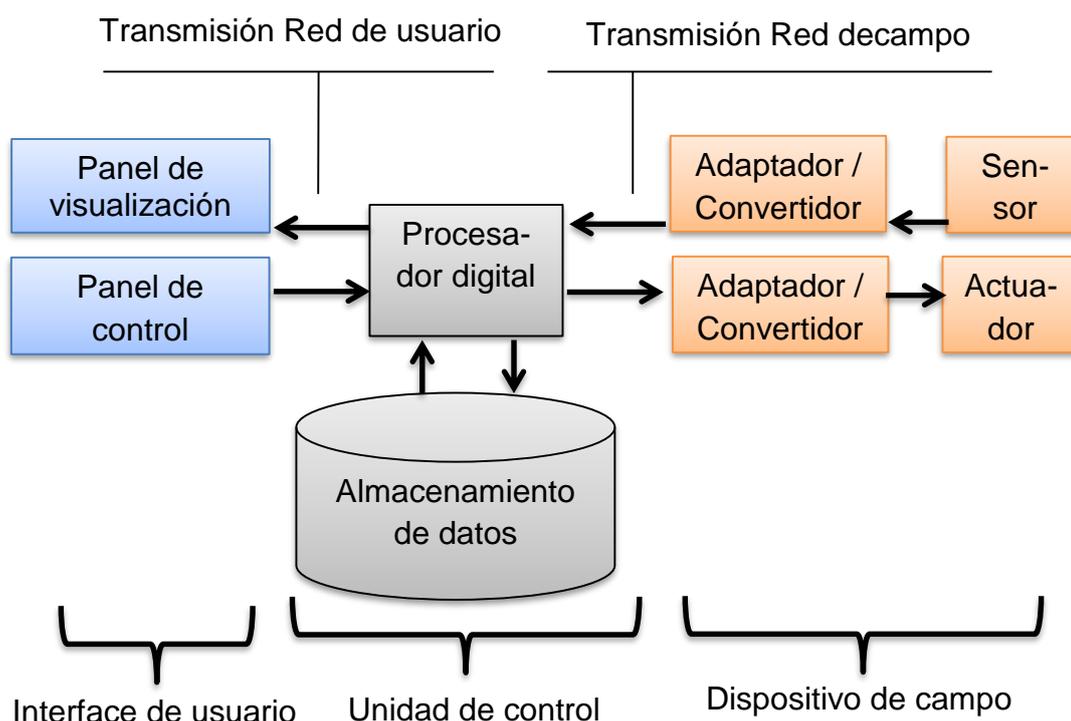


Figura 2. Esquema básico de un sistema SCADA.

Tomado de (Castro y Romero, 2011).

2.2.2. Funciones primordiales del sistema SCADA.

Entre las funciones principales se encuentran:

- Adquisición de datos: Recoge, procesa y almacena los datos tomados.
- Supervisión: A través de una pantalla de un ordenador, se puede estar a la mira del avance de las variables que controlan el sistema automatizado.

- Control: Con la finalidad de variar el desarrollo de los procesos, operan a través de alarmas, menús, indicadores, etc.
- Transmisión: Transmiten la información recibida con los demás controladores.
- Presentación: A través de una interfaz gráfica de usuario (Castro y Romero, 2011).

2.3. Interfaz Hombre-Máquina - HMI

En ISO 9241-110. (2006), el termino HMI se define como "todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo"

Por lo tanto, HMI es una operación de interacción entre el operador y la máquina, desde paneles de control hasta botones que se interconectan con la maquina o los procesos, con la finalidad de facilitar el trabajo al usuario u operador del sistema de control o supervisión para manipular, controlar, procesar y almacenar información, a través de una interfaz. (Villacrés, 2015, p.5)

2.3.1. HMI-PLC

La interconexión entre un HMI y el PLC, podría representar un hecho muy importante para el desarrollo de la automatización, con algunas ventajas entre ellas la eliminación de desperdicios del sistema tanto en equipos como en tiempo de operación, además permite el incremento de la productividad y ventajas competitivas para la empresa, mediante la integración de procesos, la reducción de costos y aumento en la seguridad de las instalaciones. Los elementos básicos dentro de esta combinación contienen sensores, actuadores, dispositivos de control e interfaz gráfica de usuario (Higuera, 2005).

2.4. Andon (Control Visual).

Andon es una palabra de procedencia japonesa que significa “lámpara”, es considerado parte de la filosofía *Lean Manufacturing*, tiene el propósito de plasmar de forma evidente y sencilla, el estado de algún sistema productivo (Andon, s. f.).

“En realidad el control visual como técnica de comunicación tiene múltiples aplicaciones, quizá las más importantes se relacionan con la identificación de anomalías y desperdicios; y sus principales propósitos consisten en facilitar tanto la toma de decisiones, como la participación del personal, proporcionando al mismo, información acerca de cómo su desempeño influye en los resultados, logrando así que pueda tener un mayor control sobre sus metas.” (Andon, s. f.)

2.4.1. Beneficios del Andon.

El Andon o el control visual puede contribuir a:

- Eliminar desperdicios o Mudas.
- Mejorar la calidad.
- Mejorar el tiempo de respuesta.
- Mejorar la seguridad.
- Estandarizar procedimientos.
- Mejorar la planificación del trabajo.
- Contribuir al orden y a la organización.
- Estimular la participación.
- Motivar al personal.
- Reducir costos. (Andon, s. f.)

2.4.2. Tableros de información.

Los tableros de información son herramientas de control visual utilizados para dar una trazabilidad o un seguimiento automático y continuo al plan de producción, como se muestra en la Figura 3.

Además, se programa con otro contador que se actualiza con los registros de unidades terminadas enviados directamente desde la línea. (Andon, s. f.).



Figura 3. Ejemplo Andon.

Tomado de (Andon, s. f.)

2.5. Módulos de manufactura flexible

Los módulos de manufactura flexible, es un producto desarrollado por la marca alemana FESTO, destinado a la educación en automatización industrial a través de proyectos tales como: planificación, montaje, programación y funcionamiento (Rodriguez, 2004, p.7).

Pueden enseñarse contenidos, de temas como:

- Sustitución de los sistemas de control
- Diseño de los esquemas eléctricos.
- Seguridad ante fallos del sistema.
- Composición de partes neumáticas.
- Programación e instalación de los PLC's.
- Montaje de los equipos.
- Optimización del tiempo de ciclo.

El sistema es totalmente modular, con la finalidad de hacer crecer su complicación mientras se van obteniendo diferentes preparaciones en las distintas materias que se imparten en la carrera. Cada uno de los módulos sigue la misma filosofía, y conservan separados como elementos autónomos los siguientes:

- La máquina: Aquí se localizan elementos mecánicos, eléctricos, sensores y actuadores.
- El control: Es el cuadro eléctrico de la máquina.
- El panel de mando: Aquí se localizan pulsadores y señales en cuanto a su funcionamiento (Rodríguez, 2004, p.13).

“Las estaciones pueden funcionar como elementos independientes, o en conjunto, como proceso productivo. Como Célula de Fabricación, la comunicación entre estaciones se lleva a cabo mediante unas fotocélulas situadas en los laterales de las mismas, o mediante un sencillo cableado entre las conexiones previstas en los Paneles de Mando.” (Rodríguez, 2004, p.13).

2.5.1. Módulo de distribución

La función del módulo de distribución (Figura 4) consiste en la separación de piezas.

“Un cilindro de doble efecto expulsa las piezas individualmente. El módulo Cambiador sujeta la pieza separada por medio de una ventosa. El brazo del cambiador, que es accionado por un actuador giratorio, transporta la pieza al punto de transferencia de la estación posterior.” (Festo Didactic, s. f.-a)

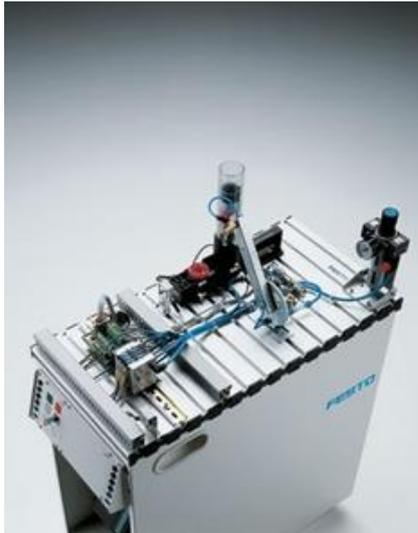


Figura 4. Módulo de distribución.

Tomado de (Festo Didactic, s. f.-a)

2.5.1.1. Datos técnicos:

- Presión de funcionamiento 600 kPa (6 bar).
- Alimentación de tensión 24 V DC.
- 7 entradas digitales.
- 5 salidas digitales (Festo Didactic, s. f.-a).

2.5.2. Módulo de verificación

La función del módulo de Verificación (Figura 5) consiste en verificar las especificaciones de las piezas.

“Detecta las diversas propiedades de las piezas que trata. Distingue las piezas con la ayuda de un sensor óptico y un sensor capacitivo. Un sensor de retro-reflexión supervisa si el espacio operativo está libre después de que la pieza haya sido elevada por un cilindro lineal. Un sensor analógico mide la altura de la pieza. Un cilindro lineal guía las piezas correctas hacia la estación siguiente, a través de la rampa con colchón de aire. Las piezas defectuosas son rechazadas a través de la rampa de aire inferior.” (Festo Didactic, s. f.-b)

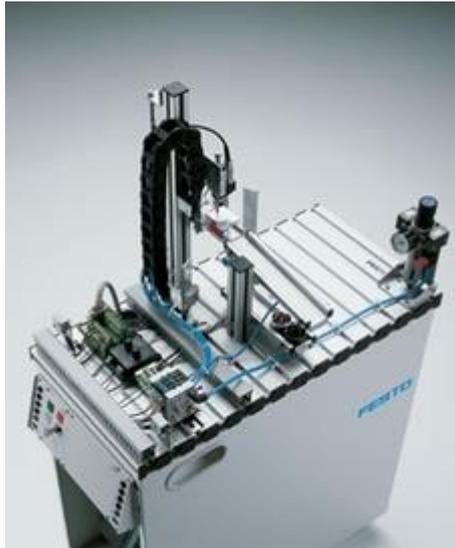


Figura 5. Módulo de verificación.

Tomado de (Festo Didactic, s. f.-b)

2.5.2.1. Datos técnicos:

- Presión de funcionamiento 600 kPa (6 bar).
- Alimentación de tensión 24 V DC.
- 8 entradas digitales.
- 5 salidas digitales (Festo Didactic, s. f.-b).

2.5.3. Módulo de clasificación

“La estación de Clasificación clasifica las piezas en tres rampas. Las piezas situadas al principio del transportador son detectadas por un sensor de reflexión directa. Los sensores antes del tope detectan las características de la pieza (negra, roja, metálica). Los desviadores clasificadores, accionados por cilindros de carrera corta, permiten dirigir las piezas a las rampas adecuadas. Un sensor de retroreflexión detecta el nivel de llenado de las rampas.” (Festo Didactic, s. f.)



Figura 6. Módulo de clasificación.

Tomado de (Festo Didactic, s. f.)

2.5.3.1. Datos técnicos:

- Presión de funcionamiento 600 kPa (6 bar).
- Alimentación de tensión 24 V DC.
- 8 entradas digitales.
- 4 salidas digitales (Festo Didactic, s. f.).

2.6. Dispositivos físicos y software por utilizarse.

2.6.1. Controlador Lógico Programable (PLC).

El controlador lógico programable (PLC), es un dispositivo electrónico, cuyo objetivo consiste en detectar entradas y controlar salidas como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Esquema PLC

Tomado de (Villacrés, 2015, p.9)

“También se define como un componente digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas, a saber: lógicas, secuencias, temporizados, conteos y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos.” (Villacrés, 2015, p.9)

Los controladores lógicos programables, a pesar de ser similar a un ordenador, estos tienen características determinadas, que son:

- Son resistentes, debido que se encuentran diseñados para resistir ruido, húmeda, vibraciones y temperaturas.
- Internamente en el PLC se encuentra la interface para la entrada y salida de señales.
- Son de fácil programación debido a su lenguaje intuitivo.
- Su programación está determinada por operaciones de lógica y conmutación.

2.6.1.1. Funciones de un PLC

- Detección: Tiene como función leer las señales de entradas (sensores, actuadores, contactos, etc.)
- Diálogo hombre máquina: A través de señales mantiene contacto con los operarios.

- Redes de comunicación: Permiten la comunicación con el operario en tiempo real.
- Sistemas de supervisión: A través de interfaces graficas de usuario estos permiten comunicarse con ordenadores con la finalidad de monitorear el sistema (El PLC, 2012).

2.6.1.2. Estructura del PLC

Un Controlador Lógico Programable (PLC) tiene una estructura como lo indica la Figura 8.

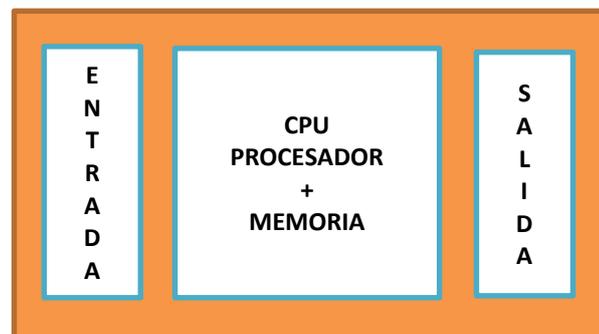


Figura 8. Estructura del PLC.

Tomado de (Villacrés, 2015, p.10)

- CPU: Es la unidad que permite procesar la información en el PLC, compuesto por memorias y microprocesadores, pone en marcha el software elaborado por el usuario, a través de la lectura de las señales de entrada y salida.
- Procesador: Administra la comunicación del sistema y ejecuta los programas de autodiagnóstico.
- Memoria: Es la capacidad de almacenamiento de instrucciones.
- Entradas y salidas: Las tensiones y corrientes, deben de ser similares a las que manipula el procesador (Villacrés, 2015, p.10).

2.6.1.3. Controlador lógico programable S7-1200.

“El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización.” (Siemens AG, 2009, p.11)

“La Unidad Central de procesamiento (CPU), incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.” (Siemens AG, 2009, p.11)

Como muestra la Figura 9 el PLC S7-1200 consta de las siguientes partes:

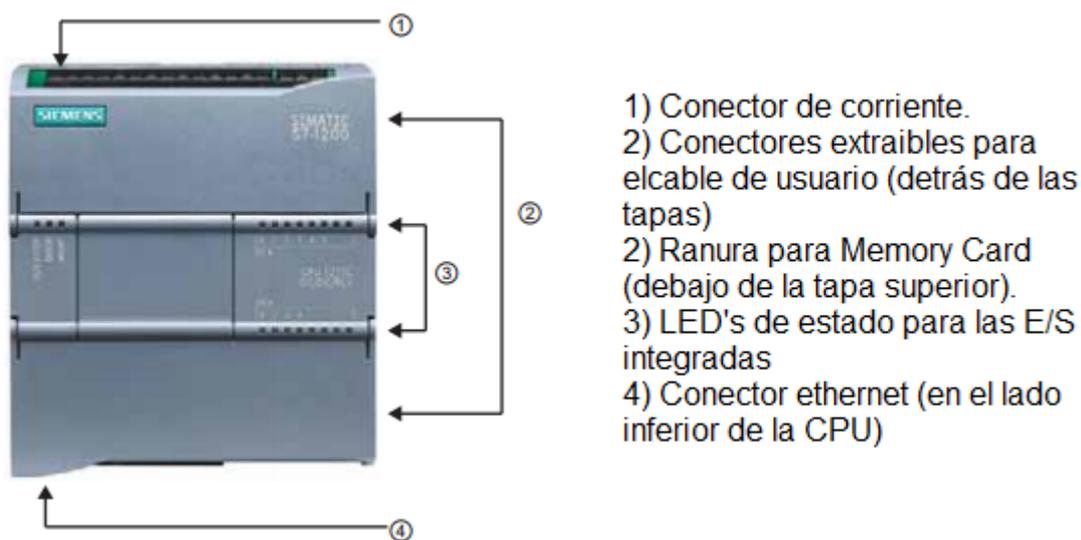


Figura 9. Partes del PLC S7-1200.

Tomado de (Siemens AG, 2009, p.11)

2.6.2. Puerto Ethernet.

La conexión Ethernet es un estándar de redes de computadores de área local, es decir de corta extensión, en este caso surge como alternativa de una conexión PPI. La diferencia entre las conexiones anteriormente nombradas radica en la velocidad de transmisión, Ethernet transmite a 10Mbps, mientras que PPI a 9.6 Kbps. (Klenner, Salazar y Salazar, 2012, p.2)

2.6.2.1. Conexión PLC-PC a través del puerto Ethernet

La conexión que se lleva a cabo entre una PC y un PLC se muestra en la Figura 10.

“Para realizar esta actividad el computador que contiene la interfaz de usuario se conecta a través de su modem a un router compartido, al que también se conecta el adaptador ethernet que se conecta al PLC para realizar la transmisión de señales.” (Klenner, Salazar y Salazar, 2012, p.2)

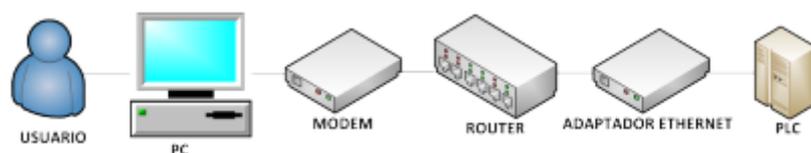


Figura 10. Esquema conexión PLC-PC.

Tomado de (Klenner, Salazar y Salazar, 2012, p.2)

2.6.3. OLE Process Control (OPC).

OPC es un software diseñado para la comunicación de aplicaciones, desarrollado con la finalidad de cumplir varias especificaciones, basado en el SO Windows y hardware de control de procesos.

“OPC permite definir una interface estandarizada que, mediante el desarrollo de aplicaciones de tipo Cliente-Servidor, hace posible la comunicación entre elementos que cumplan el estándar.”(Rodríguez, 2007, p.66)

2.6.3.1. Software OPC KepServer V5 (versión demostrativa).

El software OPC KepServer versión 5, es un servidor elaborado por la empresa Kepware, cuya finalidad es brindar una alternativa flexible para el monitoreo, conectividad, administración y control de procesos de automatización.

La razón por la que se elige el KepServer v5 como servidor OPC adecuado para las necesidades de este proyecto de tesis, es porque uno de los controladores compatible a este software es el TCP/IP Ethernet, que es un controlador para el PLC S7-1200 de Siemens (PLC usado en este proyecto). La configuración de este servidor para su correcto funcionamiento es sencilla y rápida, y se encuentra determinada por los siguientes pasos (Figura 11):

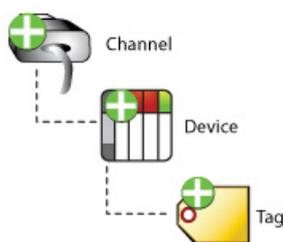


Figura 11. Configuración de la comunicación en KepServerEX v5.

Tomado de (Canguí y Villacís, 2013, p.106)

- Determinar el controlador para poder abrir el canal.
- Especificar el dispositivo.
- Seleccionar los Tags necesarios según la programación. (Canguí y Villacís, 2013, p.106)

2.6.4. Software *Totally Integrated Automation Portal v13*.

Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) es un software líder en el mercado de la automatización industrial.

“Es Un software eficiente proporciona al usuario una ayuda inestimable durante todo el ciclo de vida de la máquina o instalación, comenzando por la planeación y diseño, continuando con la configuración y programación y terminando con la puesta en marcha, el funcionamiento y la modernización.” (Siemens AG, 2012, p.2)

Ofrece las cinco propiedades típicas de *Totally Integrated Automation*:

- Ingeniería: Responde a un ambiente de ingeniería homogéneo.
- Comunicación: Ofrece una comunicación ilimitada.
- Diagnóstico: Integra funciones de diagnóstico con la finalidad de determinar cualquier tipo de fallo del sistema y eliminarlo de forma eficaz
- Seguridad: Abarca medidas de seguridad para sistemas de PCs y controladores.
- Robustez: Enfatiza su robustez, por lo que resulta ser adecuado para su utilización en ambientes industriales. (Siemens AG, 2012, pp.6-7)

2.6.5. Microsoft Excel 2010

Excel es un software desarrollado por Microsoft, presenta una interfaz amigable y de fácil manejo. Es una hoja de cálculo que permite trabajar con tablas de datos, gráficos, bases de datos, macros y demás aplicaciones, con la finalidad de llevar a cabo tanto operaciones aritméticas sencillas, como avanzadas. En este proyecto de tesis se utiliza Microsoft Excel para desarrollar la interfaz de monitoreo por su fácil manejo y por su compatibilidad con el OPC KepServer v5 a utilizarse.

2.7. Parámetros de desempeño del sistema.

2.7.1. Disponibilidad de la máquina.

El parámetro disponibilidad de la máquina (módulos de manufactura flexible) corresponde a un índice de medida que nos indicará el tiempo que la maquina está funcionando como debe en relación con el tiempo total previsto para su funcionamiento. Con una mayor disponibilidad de la máquina, se puede producir más y el rendimiento de los activos será mayor, de tal manera que el objetivo es la reducción de los tiempos muertos, por ejemplo paradas no programadas, mantenimientos inesperados, averías, etc., debido a que es un gran impacto económico en una situación real, por desperdicios de piezas que no cumplen con los requerimientos, horas extras de trabajo, pérdida de clientes, etc. (Peter Belohlavek, 2010). La disponibilidad de la maquina se obtendrá a partir de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Disponibilidad Maq} = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo total de trabajo}} \times 100\%$$

(Ecuación 1)

En donde:

- a) Tiempo productivo = Tiempo total de trabajo – Tiempo de paradas no programadas.
- b) Tiempo total de trabajo = Tiempo en el que realmente estuvo produciendo la máquina.

2.7.2. Rendimiento

La eficiencia o rendimiento de la máquina, mide las pérdidas derivadas por el mal funcionamiento de la maquina o por su funcionamiento a menor velocidad de lo esperado, está determinada por:

$$\text{Rendimiento de la Maq \%} = \frac{t_{\text{ciclo ideal}} \times \text{Total de unidades producidas}}{\text{Tiempo productivo}} \times 100\%$$

(Ecuación 2)

En dónde; el total de unidades producidas es la cantidad de piezas que entran en el sistema, el tiempo de ciclo es el tiempo que demora la maquina en procesar una pieza y el tiempo productivo es el tiempo total que demora la maquina en procesar todas las piezas que entraron al sistema de manufactura.

2.7.3. Calidad

El factor calidad mide cuantas piezas buenas se han fabricado respecto del total de la producción realizada y está determinada por:

$$\text{Calidad \%} = \frac{\text{Unidades aceptadas}}{\text{Total de unidades producidas}} \times 100\%$$

(Ecuación 3)

2.7.4. OEE (Eficiencia Global de Equipos)

La OEE o Eficiencia Global de Equipos, es un indicador que calcula la eficacia de las máquinas en la industria, su correcta aplicación repercute en el correcto rendimiento que se obtiene del proceso de manufactura, ya que es un parámetro que se utiliza como una herramienta de mejora continua debido a que nos ayudará a identificar, solucionar y erradicar las perdidas en tres áreas como son (Figura: 12) disponibilidad, rendimiento y calidad. (Definición del OEE, s. f.)

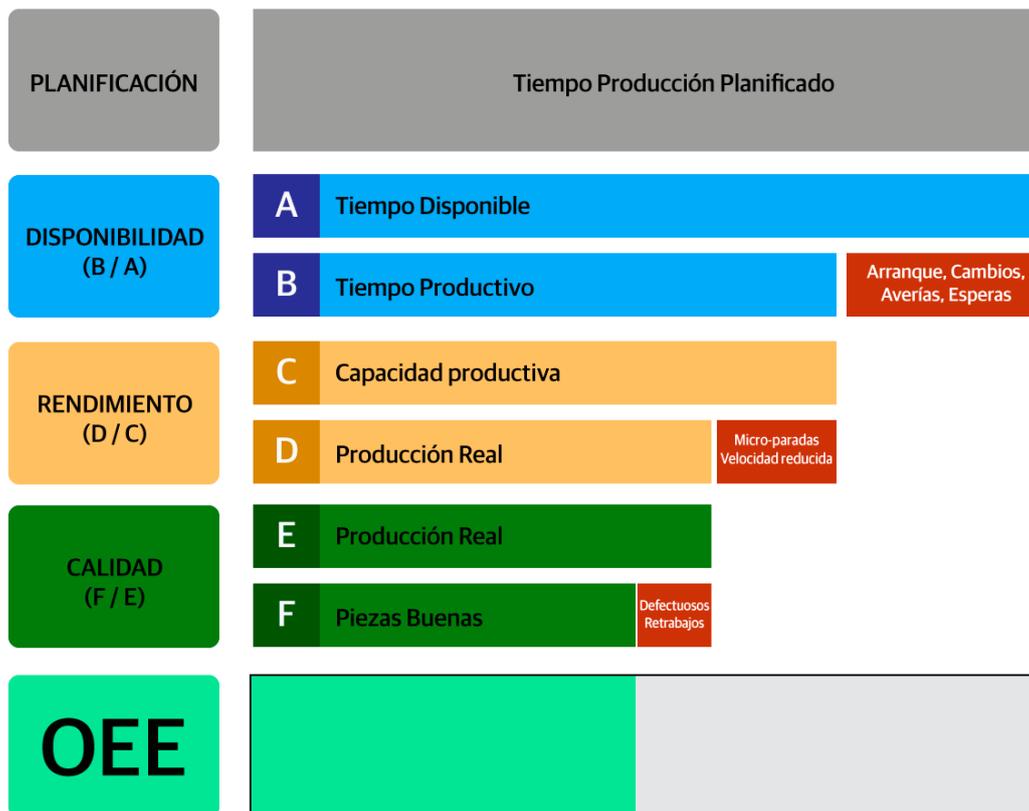


Figura 12. OEE.

Tomado de (Calcular OEE, s. f.)

El indicador OEE se va a calcular a partir de los siguientes factores: disponibilidad, rendimiento y calidad, mismos que ya fueron calculados con anterioridad, por lo tanto, para estimar la OEE se aplica la siguiente fórmula:

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$$

(Ecuación 4)

A partir del cuadro de la Figura 13 se determina la calificación de la OEE con la finalidad de llevar a cabo medidas correctivas para mejorar el índice.

OEE	CALIFICATIVO	CONSECUENCIA
<65%	Inaceptable	Importante pérdidas económicas. Baja competitividad
≥65% <75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora
≥75% <85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja
≥85% <95%	Buena	Buena competitividad. Entramos ya en valores considerados 'World Class'
≥95%	Excelente	Competitividad excelente

Figura 13. Clasificación de la OEE.

Tomado de (Educación Superior: OEE (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos), s. f.)

3. Capítulo III. Determinación de las variables de monitoreo y de los parámetros de desempeño para los módulos de manufactura flexible.

En todo sistema de producción es importante determinar el desempeño de las máquinas independientemente del sistema o actividad que se realiza. Para tomar decisiones o aplicar soluciones las empresas requieren datos sobre los sistemas automáticos y aplicar técnicas o métodos que permitan mejorar la productividad.

En este capítulo y a partir del sistema de simulación de los módulos de manufactura flexible FESTO y sus módulos de distribución, verificación y clasificación existentes en el laboratorio de Ingeniería en Producción Industrial, se estudiará y determinará las variables de interés que nos permitan calcular y evidenciar el desempeño del sistema. Estas variables serán extraídas a partir de una conexión OPC al PLC conectado al sistema (proceso más adelante descrito). Esta información y los cálculos realizados se visualizarán en una interfaz en tiempo real.

Tiempos por proceso, tiempos de operación y control de calidad de las piezas, son las variables que nos permitirán el estudio del desempeño del sistema con

la finalidad de que los estudiantes de la carrera utilicen la información proporcionada y puedan aplicar, experimentar, corregir y dar soluciones, que permitan mejorar la productividad del sistema.

3.1. Determinación las variables a partir de los módulos de manufactura.

3.1.1. Tiempos de estudio.

La Figura 14 presenta la combinación entre los módulos de distribución, verificación y clasificación instalada en el laboratorio de Producción Industrial

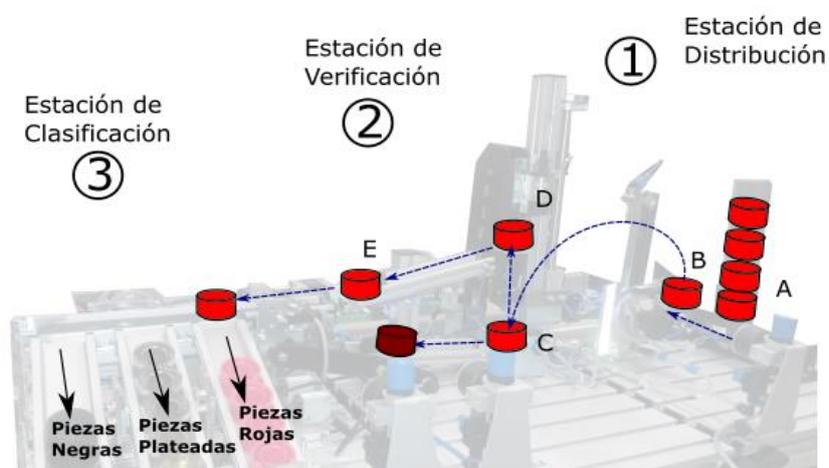


Figura 14. Simulación del sistema de manufactura.

En la Tabla 1 y de acuerdo con la Figura 14 se resume los procesos a los que se somete la pieza en el sistema.

Tabla 1

Descripción del proceso de la pieza en el sistema.

DESCRIPCION DE PROCESOS DE LA PIEZA EN EL SISTEMA		
Estación	Proceso	Descripción
Distribución	A-B	La pieza almacenada en el tubo apilador en la posición A es trasladada hasta B mediante un cilindro neumático.
	B-C	La pieza se mueve de B hasta C mediante un actuador rotatorio, hasta llegar a la posición baja del elevador.
Verificación	B-C	La pieza se mueve de B hasta C mediante un actuador rotatorio, hasta llegar a la posición baja del elevador.

Clasificación	C-D	Se mide la altura de la pieza enviando hacia E las piezas aceptadas y devolviendo a C las rechazadas.
	D-E	La pieza se traslada de D hacia E mediante una rampa de aire, en donde unos conjuntos de sensores determinan el color de la pieza para su clasificación.
	E-Rojo	La banda transportadora traslada la pieza de E hasta la rampa de almacenamiento - piezas rojas
	E-Plomo	La banda transportadora traslada la pieza de E hasta la rampa de almacenamiento - piezas plomas
	E-Negro	La banda transportadora traslada la pieza de E hasta la rampa de almacenamiento - piezas negras

3.1.1.1. Tiempos por proceso.

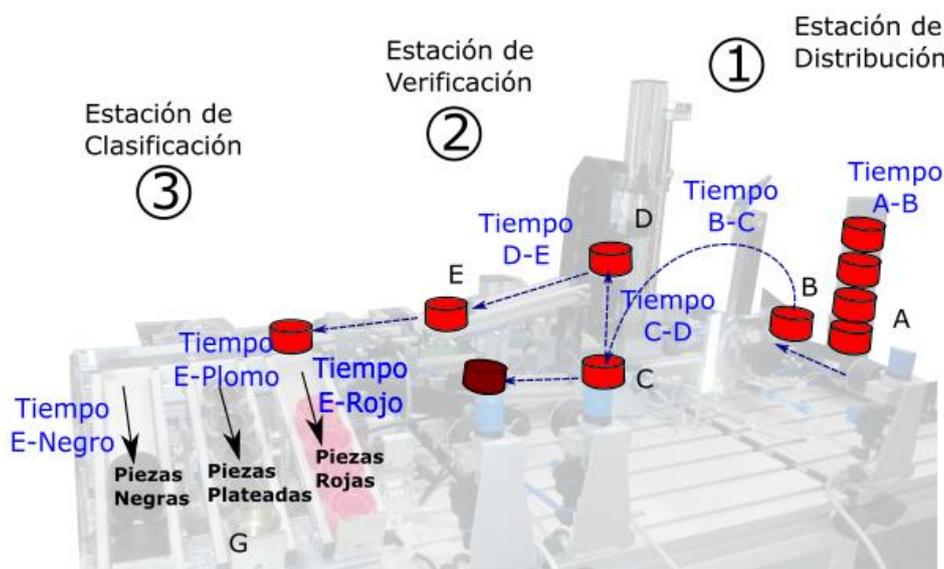


Figura 15. Simulación de tiempos por proceso.

Como se puede observar en la Figura 15, cada proceso se realiza en un tiempo determinado, estos tiempos son: A-B, B-C, C-D, D-E, E-NEGRO, E-ROJO, E-PLOMO, todos estos tiempos serán leídos en milisegundos y serán adquiridos al detalle de la siguiente manera:

- a) Tiempo A-B: el tiempo de A-B parte en la estación de distribución; cuando el sensor de proximidad óptico detecta que existe una pieza disponible en el tubo apilador, un actuador de doble efecto expulsa a la pieza disponible

en la parte baja del tubo apilador, hacia la entrada de la estación y termina cuando el pistón se ha extendido moviendo la pieza hacia B mediante un sensor final de carrera.

- b) Tiempo B-C: Este inicia cuando el módulo cambiador a través de su actuador giratorio, gira hacia la posición de la pieza (B), la sujeta mediante una pinza de aspiración y la transporta hacia la estación de verificación (C), hasta ese punto se considera el tiempo B-C.
- c) Tiempo C-D: Una vez que la pieza se encuentre en la estación de verificación, el tiempo C-D inicia cuando la pieza es detectada por un sensor modular capacitivo y con la ayuda de un sensor óptico se determina si existe una pieza, se eleva una plataforma mediante un actuador neumático, se verifica la altura de la pieza a través de un sensor análogo, si sube hasta cierta altura se encenderá un sensor de lo contrario la altura no es la adecuada y retornará a C donde se hallan las piezas que están descartadas, de tal manera que ahí termina su tiempo de ciclo en el sistema. Hasta ese instante se considera el tiempo C-D.
- d) Tiempo D-E: Si la pieza cumple con las especificaciones de altura el tiempo D-E comienza cuando la pieza es expulsada por un cilindro neumático horizontal hacia la siguiente estación (E). La pieza se desplazará a través de una rampa deslizante de aire que comunica a la estación de clasificación.
- e) Tiempo E-Rojo, E-Plomo o E-Negro: Luego de que la pieza haya cumplido con las especificaciones y es transportada hacia la estación de clasificación, esta utiliza sensores de proximidad ópticos e inductivos con la finalidad de detectar el color de las piezas y clasificarlas en rojo, negro o plomo, por lo tanto, el tiempo E-Negro, E-Rojo o E-Plomo inicia antes de clasificarlas. Primero se determina si la estación puede recibir la pieza mediante un sensor de retroreflexión que comprueba si existe un lugar libre

en las rampas de clasificación. Una vez verificado el espacio, a través de los sensores se determina el color de las piezas, se activa la banda transportadora y al mismo tiempo de acuerdo con el color, se activa un actuador de derivación que cumple la función de desviar y conducir la pieza hacia su rampa correspondiente, cuando la pieza es almacenada en las rampas de clasificación termina su tiempo de estadía en la estación y su tiempo de ciclo en el sistema (Figura 16).



Figura 16. Rampas de clasificación.

Todos los tiempos obtenidos de cada uno de los procesos, serán observados en la interfaz de monitoreo en Excel en el formato de la Tabla 2.

Tabla 2

Tiempos por proceso.

TIEMPOS POR PROCESO (ms)							
A-B	B-C	C-D	D-E	E-ROJO	E-PLOMO	E-NEGRO	TIEMPO TOTAL
0	0	0	0	0	0	0	0

Y dependiendo de la cantidad de piezas que ingresen al sistema de manufactura se utilizará la Tabla 3 en donde se tabularán los tiempos A-B, B-C, C-D, D-E y según corresponda el color E-Rojo, E-Plomo o E-Negro; al final se

sumarán todos los tiempos, dando como resultado el tiempo total por proceso de cada una de las piezas.

Tabla 3

Tiempos por proceso para varias piezas.

TIEMPOS POR PROCESO (ms)								
#	A-B	B-C	C-D	D-E	E-ROJO	E-PLOMO	E-NEGRO	TIEMPO TOTAL
1								0
2								0
3								0
4								0
5								0
6								0
7								0
8								0
9								0
10								0
11								0
12								0
13								0
14								0
15								0
16								0
17								0
18								0
							TOTAL(ms)	0,00

Para la representación gráfica de los tiempos por proceso de cada pieza se utilizará en formato de la Figura 17.

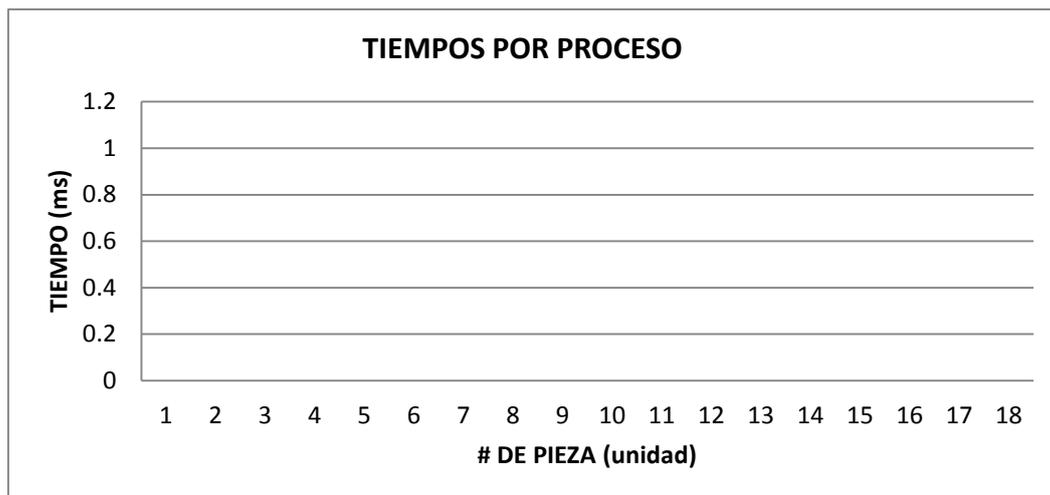


Figura 17. Representación gráfica de los tiempos por proceso.

3.1.1.2. Tiempo de operación

El tiempo de operación se caracteriza porque incluye el tiempo de paradas no planificadas que ocurre dentro de todo el proceso de cada una de las piezas que ingresa al sistema de manufactura flexible. El tiempo de operación inicia desde que la pieza se encuentra en el tubo apilador (punto A) en la estación de distribución, hasta que llega a la estación de clasificación (punto E), a este tiempo se le sumará según corresponda el tiempo de clasificación por el color de la pieza ya sea el tiempo E-Rojo, E-Plomo o E-Negro, debido a que las distancias desde el punto E a las rampas de almacenaje son diferentes para cada color.

El tiempo de operación se tabulará en la interfaz de Excel con el formato de la Tabla 4.

Tabla 4

Tiempo de operación por pieza.

TIEMPO DE OPERACIÓN (ms)				
A-E	E-ROJO	E-PLOMO	E-NEGRO	TIEMPO TOTAL
0	0	0	0	0

Y dependiendo de la cantidad de piezas que ingresen al sistema de manufactura se utilizará la Tabla 5, en donde se tabulará el tiempo A-E y según corresponda el color de la pieza se tabulará el tiempo E-Rojo, E-Plomo o E-Negro; al final se sumarán todos los tiempos, dando como resultado el tiempo total de operación de cada una de las piezas.

Tabla 5

Tiempos de operación.

TIEMPO DE OPERACIÓN					
#	A-E	E-ROJO	E-PLOMO	E-NEGRO	TIEMPO TOTAL
1					0
2					0
3					0
4					0
5					0
6					0
7					0
8					0
9					0
10					0
11					0
12					0
13					0
14					0
15					0
16					0
17					0
18					0
				TOTAL(ms)	0,00

Para la representación gráfica de los tiempos de operación de cada pieza se empleará el formato de la Figura 18.



Figura 18. Representación gráfica de los tiempos de operación.

3.1.2. Control de Calidad

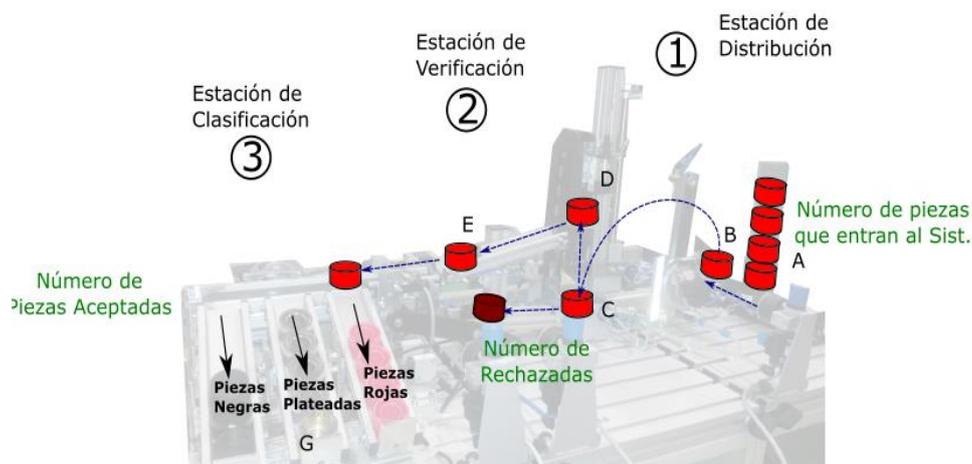


Figura 19. Simulación Control de Calidad.

Los módulos flexibles empleados, permiten realizar dos verificaciones relacionadas con la calidad (Figura 19). El módulo de verificación discrimina las piezas aceptadas y rechazadas dependiendo de su altura y el módulo de clasificación separa las piezas dependiendo de su color. Estos valores serán leídos en unidad y serán adquiridos al detalle de la siguiente manera:

- a) Asignación de piezas en aceptadas y rechazadas: Una vez que el actuador giratorio transporta la pieza a la estación de verificación, se verifica la altura de la pieza a través de un actuador que la eleva hasta el sensor de altura y mediante un sensor análogo se determina el tamaño, si la pieza no cumple con las especificaciones debe permanecer en la rampa inferior en donde será detectada por un sensor digital mismo que empezará a contar todas las piezas que han sido rechazadas del sistema, pero si la pieza cumple con las especificaciones pasará a la siguiente estación, siendo en esta contadas como piezas aceptadas.
- b) Clasificación por color de la pieza: Luego de que la pieza haya cumplido con las especificaciones de altura, es transportada hacia la estación de clasificación, y a través de sensores de proximidad ópticos e inductivos se detecta el color de la pieza (Figura 20), una vez detectado el color se activa la banda transportadora y el módulo de derivación (que cumple la función de desviar y conducir la pieza a su rampa correspondiente), en ese momento un sensor capacitivo empieza a contar las piezas por color que entran a las rampas de almacenamiento.



Figura 20. Color de las piezas de estudio.

- c) Total de piezas: Además se puede determinar el total de piezas que entran en el sistema de manufactura, la adquisición de este valor se da cuando la pieza sale del tubo apilador y es empujada por un actuador de doble efecto, de tal manera que el sistema empezará a contar las veces que el actuador de doble efecto empuja una pieza, determinando de esa manera la cantidad total de piezas que ingresan al sistema.

Todos los procesos de conteo antes descritos serán observados en la interfaz de monitoreo en Excel y se mostrarán a partir del formato de la Tabla 6.

Tabla 6

Cantidad de piezas.

CANTIDAD DE PIEZAS					
TOTAL	ASIGNACIÓN		COLOR		
	ACEPTADAS	RECHAZADAS	ROJO	PLOMO	NEGRO
0	0	0	0	0	0

La Tabla 7 será de utilidad para presentar en porcentaje las piezas que ingresan al sistema de manufactura, las piezas aceptadas y rechazadas y dependiendo de su color; rojo, plomo o negro.

Tabla 7

Cantidad de piezas en %.

CANTIDAD DE PIEZAS EN %					
TOTAL	ASIGNACIÓN		COLOR		
	ACEPTADAS	RECHAZADAS	ROJO	PLOMO	NEGRO
100%	0%	0%	0%	0%	0%

En la Figura 21 se propone un formato para visualizar de forma didáctica los siguientes valores: total de piezas, piezas aceptadas y piezas rechazadas.

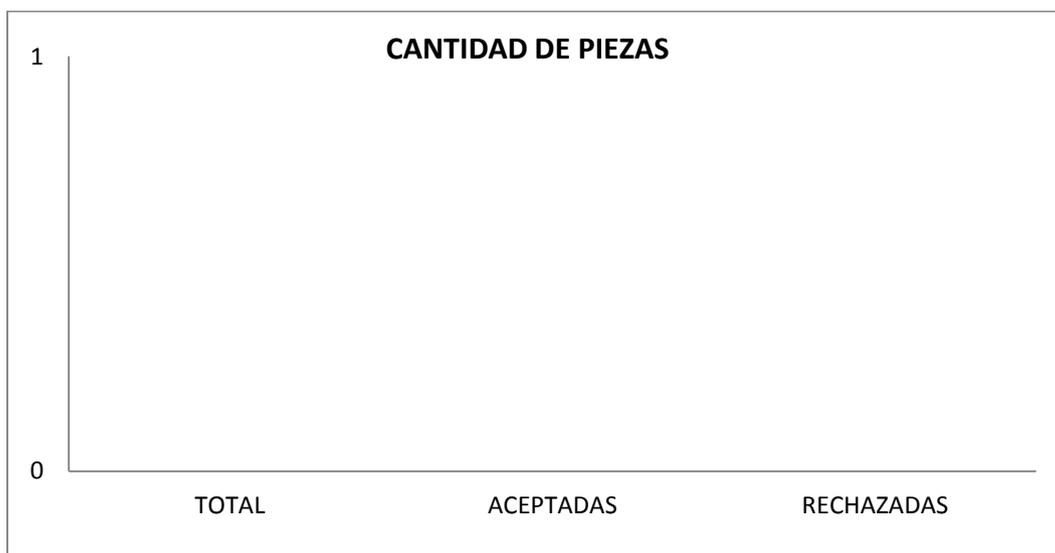


Figura 21. Representación gráfica-Cantidad de piezas.

A partir del formato de la Figura 22, se visualizará de forma gráfica la cantidad de piezas por color (rojo plomo y negro).

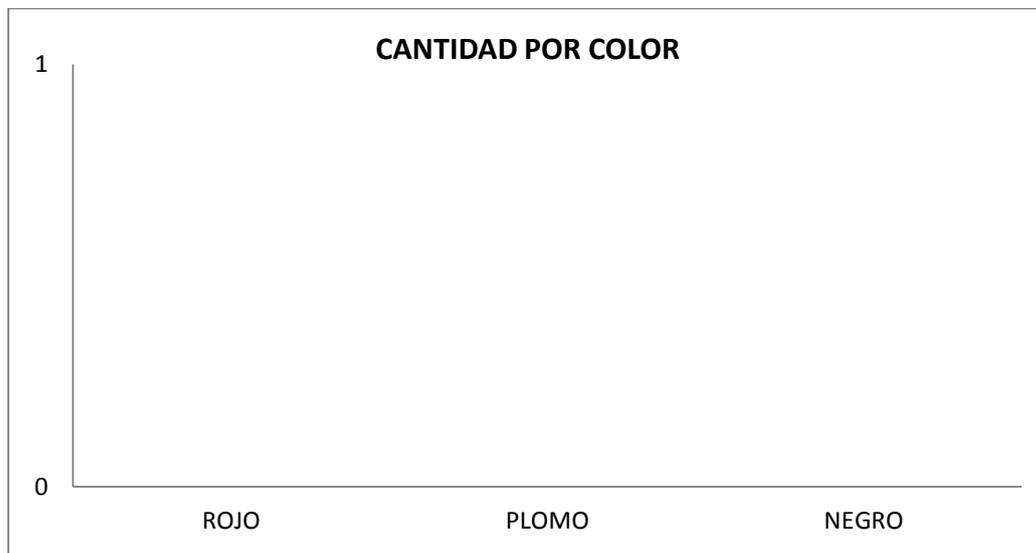


Figura 22. Representación gráfica – Cantidad de piezas por color.

3.2. Parámetros de desempeño.

Los parámetros de desempeño utilizados para el análisis de la eficiencia del sistema productivo de manufactura flexible como se indicó en el apartado 2.6 del capítulo 1 son: disponibilidad de la máquina, rendimiento, calidad y OEE. El análisis de estos parámetros y la aplicación de sus respectivos cálculos se harán en relación con los datos obtenidos de las variables expuestas anteriormente y visualizados en la interfaz de monitoreo en Excel.

Para un mejor uso de los tiempos obtenidos, se presenta el formato de la Tabla 8 que nos muestra, en resumen:

- a) El tiempo por proceso total: valor que corresponde a la suma de los tiempos de todos los procesos (A-B, B-C, C-D, D-E y E-NEGRO, E-ROJO o E-PLOMO) de todas las piezas procesadas.
- b) El tiempo de operación total: valor que pertenece a la suma del tiempo desde el punto A hasta el punto E y según corresponda el tiempo de

clasificación por el color de la pieza, ya sea el tiempo E-Negro, E-Rojo o E-Plomo, de todas las piezas que han entrado al sistema de manufactura.

- c) Tiempo de ciclo: valor que corresponde al cociente entre el tiempo total por proceso y el número de piezas.
- d) Tiempo de paradas no programadas: valor que corresponde a la diferencia entre el tiempo total por proceso y el tiempo total de operación,

Todos estos valores obtenidos serán presentados en segundos y en minutos.

Tabla 8

Resumen de tiempos.

	(s)	(min)
TIEMPO TOTAL POR PROCESO	0	0
TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN	0	0
TIEMPO DE CICLO	0	0
TIEMPO DE PARADAS NO PLANIFICADAS	0	0

Además, se requiere de los valores del Control de Calidad, para ello utilizaremos directamente los valores presentados en el formato de la Tabla 6 expuesta en el apartado 3.1.2.

4. Capítulo IV – Desarrollo de la interfaz de monitoreo.

Para desarrollar la interfaz de monitoreo en los módulos de manufactura flexible FESTO, se requiere realizar una serie de configuraciones y enlaces entre los elementos físicos y softwares utilizados (descritos en el capítulo 1), con la finalidad de llevar acabo la comunicación con los módulos flexibles. En este capítulo se describirán todo los procedimientos, consideraciones e información para lograr la interfaz de monitoreo.

4.1. Configuración y programación del Software TIA Portal V13 (versión demostrativa).

Luego de haber comprobado el correcto funcionamiento físico de los módulos de manufactura flexible, se procede al desarrollo de la programación del PLC

S7-1200 y puesta en marcha de cada uno de los módulos de manufactura, para ello se utiliza el software TIA portal V13 de Siemens (versión demostrativa), utilizado para desarrollar sistemas de automatización. En trabajos posteriores se programaron los módulos flexibles y se configuró a los PLC's con los programas necesarios para que las estaciones realicen sus tareas de forma adecuada.

De forma general y rápida se explica a continuación el procedimiento de programación que se realizó

Como primer paso se abre el software TIA Portal V13, cuyo icono de acceso es el siguiente:



Figura 23. Icono TIA Portal V13

Posteriormente se realiza la configuración de los dispositivos del PLC, para ello se agrega el PLC y los componentes necesarios para el funcionamiento correcto de los módulos.

En la pantalla de inicio del TIA portal V13 se selecciona *“Device & Networks”*, luego se selecciona *“Add new device”* y a continuación se elige el modelo de PLC a utilizar, para el presente proyecto se empleó el PLC S7-1200 de marca Siemens (ver Figura 24 y 25).

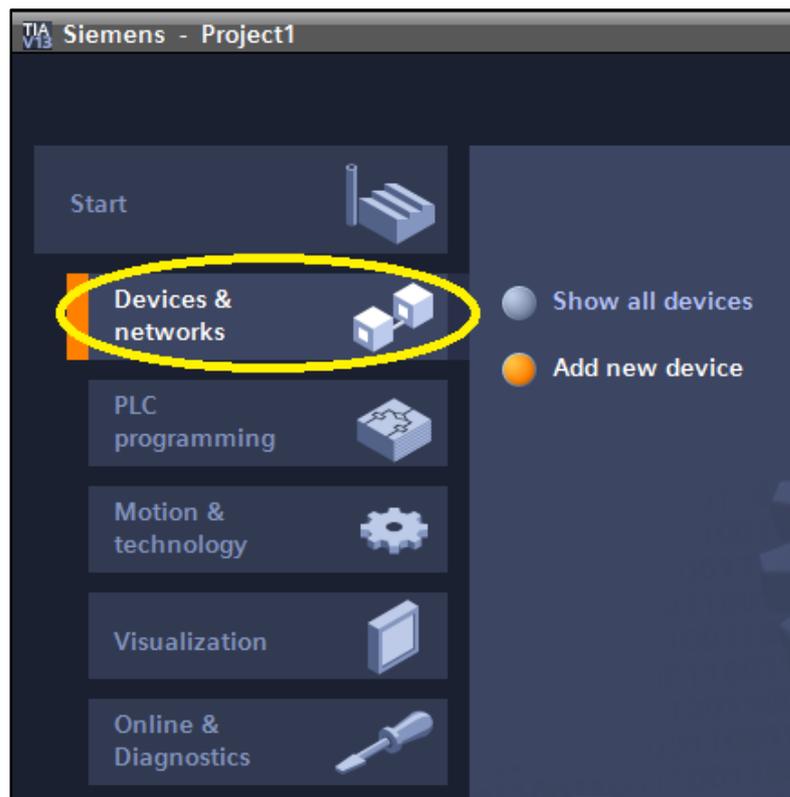


Figura 24. Pantalla de inicio del Software TIA Portal v13.

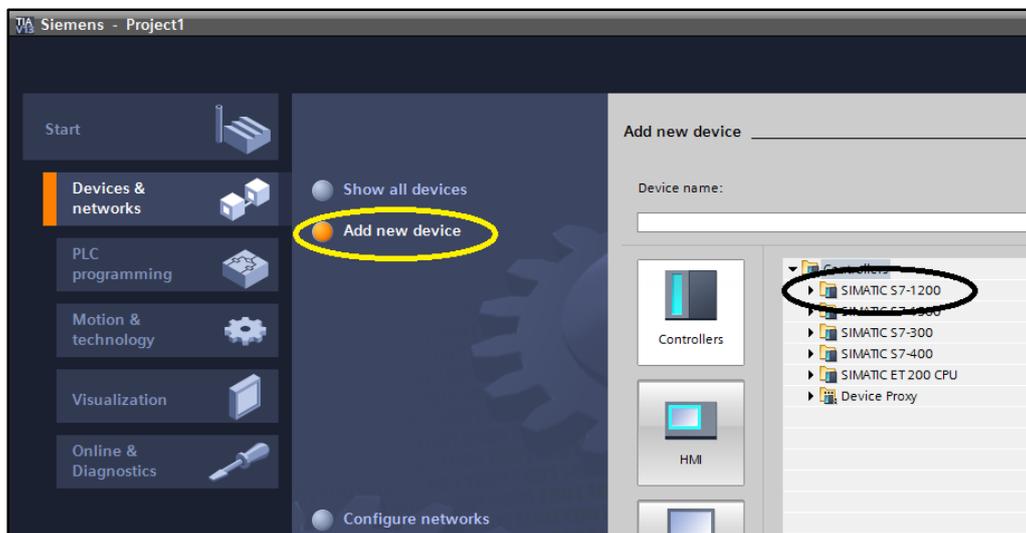


Figura 25. Selección de “Device & Networks”

Una vez elegido el modelo y de acuerdo los códigos que se encuentra impreso en el PLC (para las especificaciones técnicas del PLC S7-1200 ver Anexo 1), se agrega la CPU “1214C AC/DC/Rly” y el dispositivo “6ES7 214-1BG40-0XB0” (Figura 26)

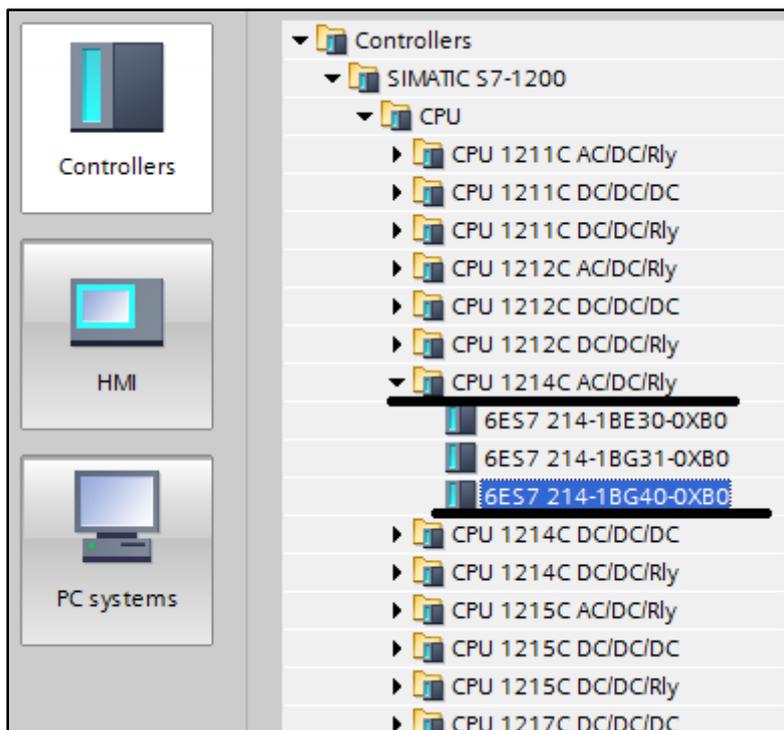


Figura 26. Selección de CPU del PLC S7-1200.

Posteriormente se abre la pestaña Vista de red y se agregan los dispositivos necesarios para que el sistema funcione de forma adecuada (Figura 27).

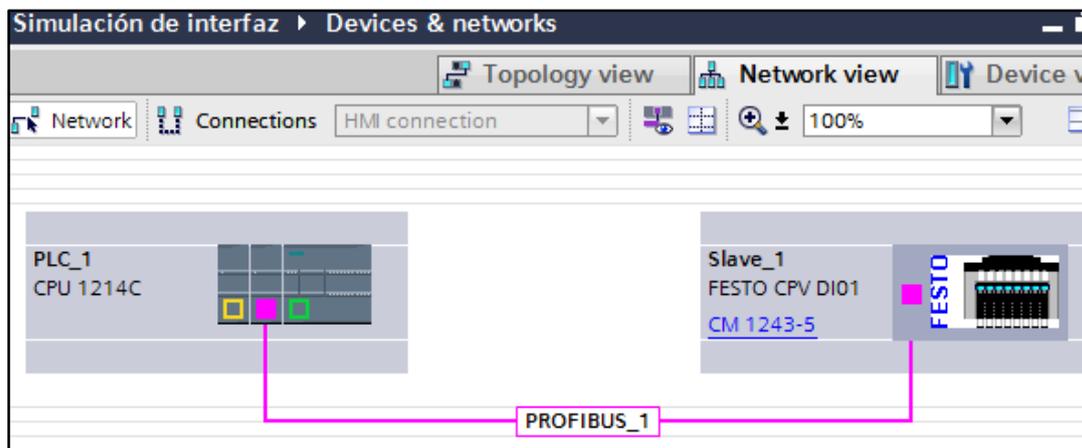
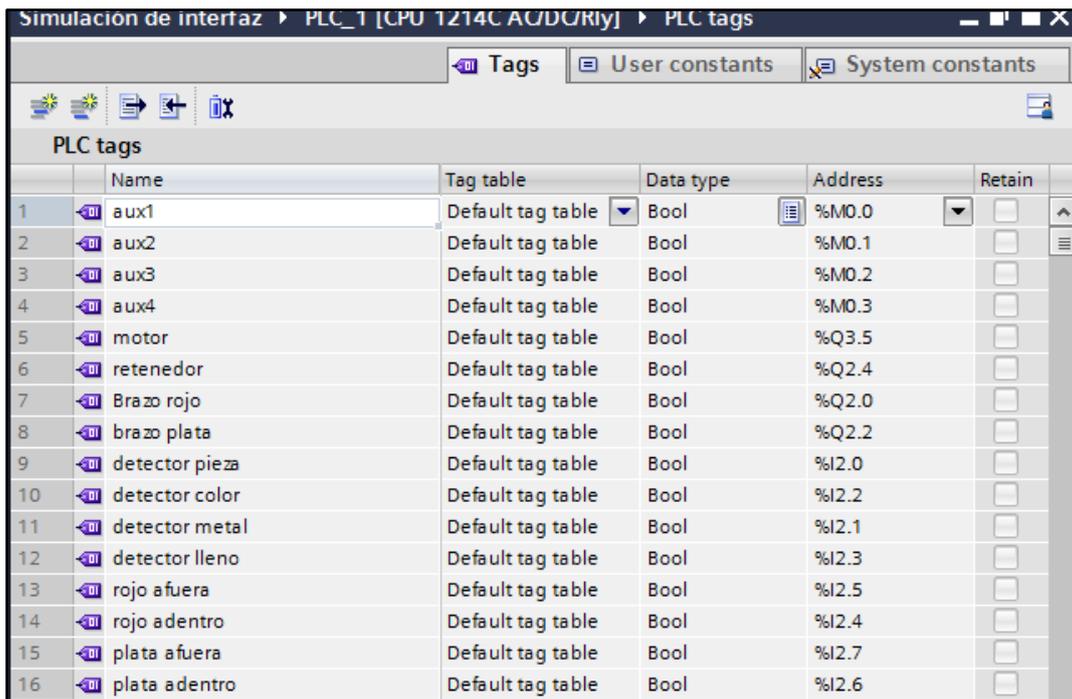


Figura 27. Vista de Red en el software TIA Portal v13.

A continuación, se efectúa la programación de los módulos de manufactura, para ellos, primero se declara todas las variables que se requieran para la programación; el nombre, el tipo de dato y la dirección (Figura 28).



	Name	Tag table	Data type	Address	Retain
1	aux1	Default tag table	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>
2	aux2	Default tag table	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>
3	aux3	Default tag table	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>
4	aux4	Default tag table	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>
5	motor	Default tag table	Bool	%Q3.5	<input type="checkbox"/>
6	retenedor	Default tag table	Bool	%Q2.4	<input type="checkbox"/>
7	Brazo rojo	Default tag table	Bool	%Q2.0	<input type="checkbox"/>
8	brazo plata	Default tag table	Bool	%Q2.2	<input type="checkbox"/>
9	detector pieza	Default tag table	Bool	%I2.0	<input type="checkbox"/>
10	detector color	Default tag table	Bool	%I2.2	<input type="checkbox"/>
11	detector metal	Default tag table	Bool	%I2.1	<input type="checkbox"/>
12	detector lleno	Default tag table	Bool	%I2.3	<input type="checkbox"/>
13	rojo afuera	Default tag table	Bool	%I2.5	<input type="checkbox"/>
14	rojo adentro	Default tag table	Bool	%I2.4	<input type="checkbox"/>
15	plata afuera	Default tag table	Bool	%I2.7	<input type="checkbox"/>
16	plata adentro	Default tag table	Bool	%I2.6	<input type="checkbox"/>

Figura 28. Ejemplo de declaración de variables en el software TIA Portal V13.

Luego se utiliza el diagrama de escaleras (*ladder*) como muestra la Figura 29, este diagrama consta de dos elementos: los contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados, estos a su vez se van agrupando en segmento de acuerdo con la programación y requerimientos del proyecto. También se emplea contadores, temporizadores, operaciones aritméticas, etc.

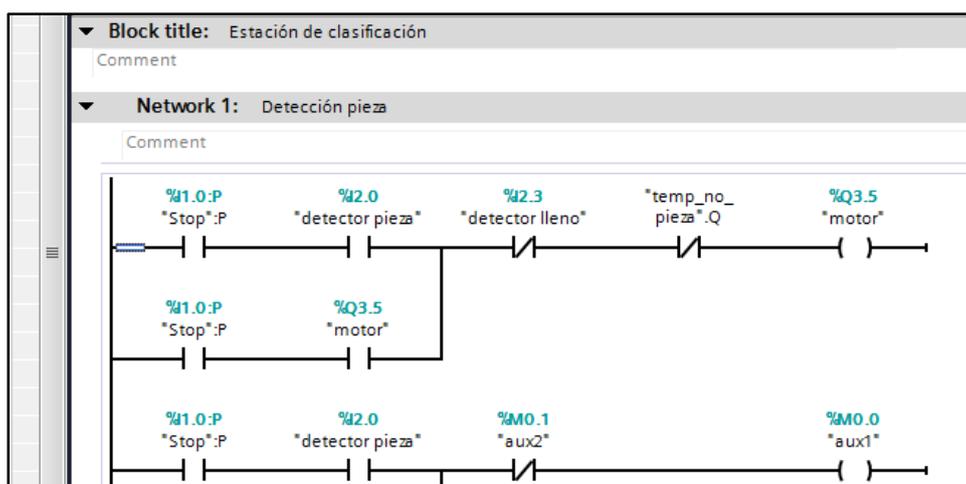


Figura 29. Ejemplo de diagrama de escalera y segmentos en el software TIA Portal V13.

Para proporcionar tiempos a cada proceso se usaron temporizadores, tipo “TON” que es un temporizador normalmente abierto con retardo a la conexión es decir que comienza su conteo a partir de que es energizado, después de un tiempo establecido por el proceso este termina su conteo y cierra su contacto de salida.

Como por ejemplo el temporizador para el tiempo AB (Figura 30), ocurre cuando el actuador empuja la pieza que se encuentra en el tubo apilador (dirección Q8.0) habilitando la entrada al temporizador (IN), el tiempo predeterminado de funcionamiento (PT) es de 1000 segundos, ET de dirección MD500 “TiempoAB1” es la salida que indica el tiempo transcurrido cuyo tipo de dato es “tiempo” y por último Q que es la salida del temporizador en booleano.

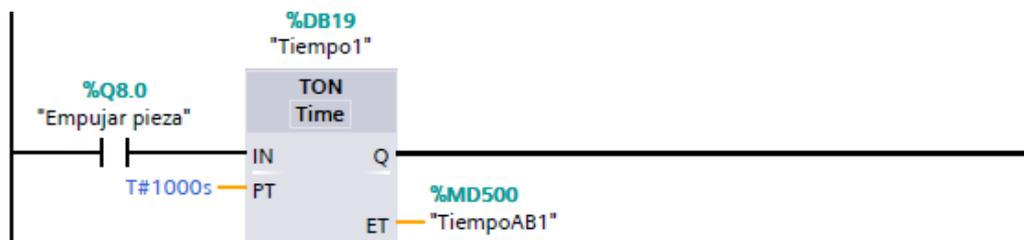


Figura 30. Ejemplo de temporizador TON en el software TIA Portal V13.

Para adquirir los valores en cuanto al total de piezas ya sean piezas aceptadas, rechazadas o el total de piezas por color, se utilizaron contadores tipo CTU que es un contador ascendente, por ejemplo el contador para obtener el total de fichas que entraron al sistema (Figura 31), consta de un CU que nos indica que cada vez que el actuador en el módulo de distribución empuja una pieza este empieza a contar en incrementos de uno, PV es el valor máximo que puede llegar a contar el sistema en este caso está de 1000 piezas, R significa *Reset* esto quiere decir que una vez que el contador llega a 1000 este valor se va a poner en cero, CV es el valor del contaje real que está llevando el sistema cuyo tipo de datos es “unidades” y por ultimo Q es la salida del contador.

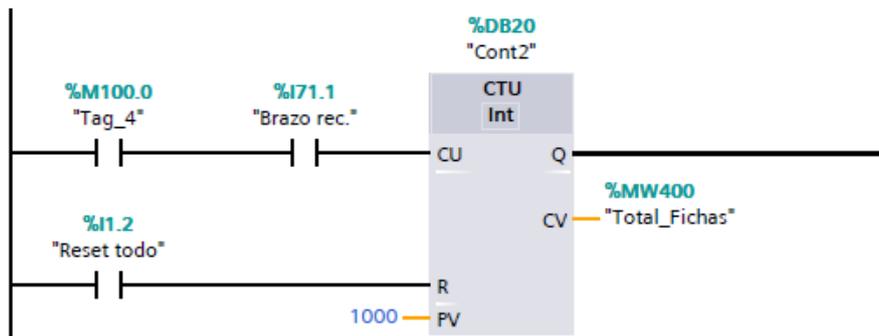


Figura 31. Ejemplo de contador CTU en el software TIA Portal V13.

Para observar toda la programación realizada y variables a utilizar ver Anexo 2.

4.2. Desarrollo de la comunicación entre el PLC S7-1200 y el computador.

Los módulos de manufactura flexible (módulo de distribución, verificación y clasificación) están conectados al PLC S7-1200 y para su funcionamiento requiere módulos maestros *AS-Interface* y *Master Profibus* (Figura 32).

El módulo de distribución se ha programado empleando un bus de sensores y actuadores *AS-Interface*. El segundo módulo, el de verificación emplea cableado convencional para su manejo. El tercero y último módulo, el de clasificación emplea tecnología Profibus para su comunicación.

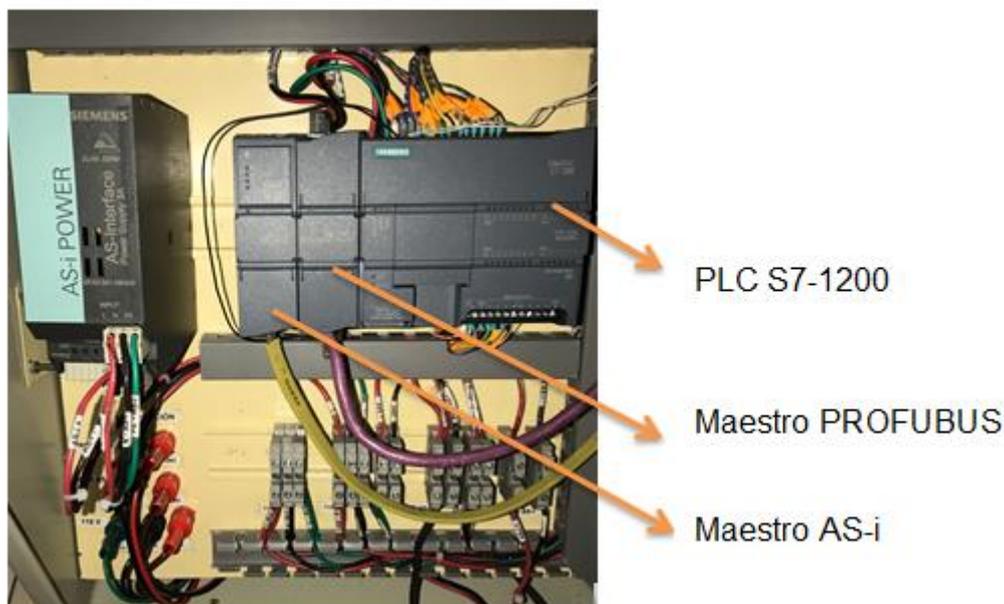


Figura 32. PLC S7-1200 con sus maestros AS-i y PROFIBUS.

Para el monitoreo de los procesos realizados en los módulos, será necesario intercambiar información desde el PLC a una interfaz de monitoreo realizada en Excel, para ello se requiere utilizar el protocolo OPC, específicamente el software OPC KepServer V5 para realizar dicha comunicación.

4.2.1. Configuración del KepServer v5.

Una vez que el PLC s7-1200 y el computador estén conectados a través del puerto Ethernet, se procede a la configuración del software KepServer v5 (versión demostrativa), para ello se abre el programa cuyo icono de acceso es el siguiente:

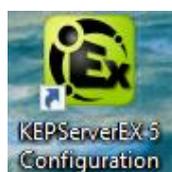


Figura 33. Icono del software KepServer V5.

Una vez abierto el programa se configura el canal de comunicación. Se hace clic sobre la opción *“New Project”* que se encuentra debajo del mando *“File”* en la parte superior izquierda de la ventana de inicio del KepServer v5. Una vez que se abre un nuevo proyecto, damos clic sobre *“Click to add a channel”* (Figura 34)

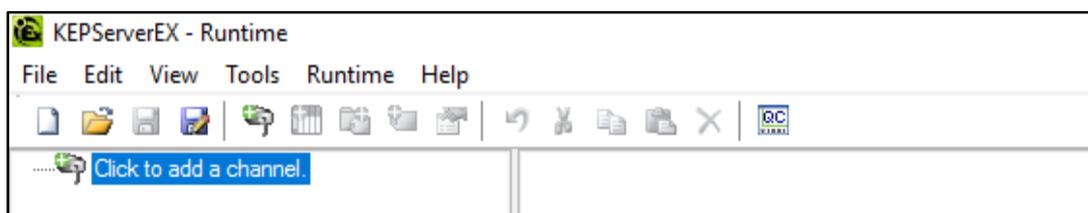


Figura 34. Ventana de inicio del software KepServer v5.

Posteriormente se abre la ventana *“New Channel”*, donde se escribirá el nombre del canal, para este proyecto el canal se llamará *“CANAL_PLC_S71200”* a continuación, se presiona en la opción *“siguiente”* (Figura 35).

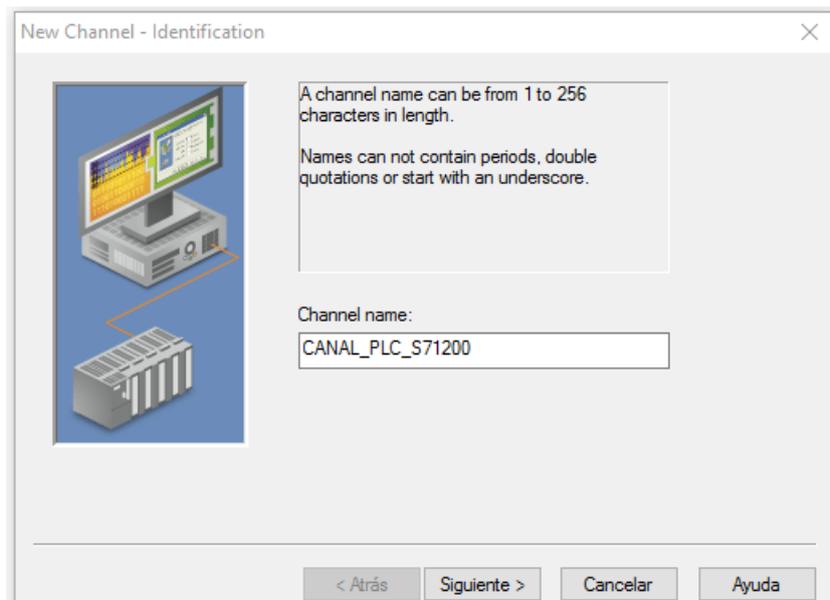


Figura 35. Ventana “New Channel – Identification” del software KepServer v5.

Se elige el fabricante del PLC, en este caso por utilizar el PLC S7-1200, cuyo fabricante es Siemens y por conectar el PLC y el computador a través del puerto Ethernet, se debe elegir “Siemens TCP/IP Ethernet”. Se dará clic en “Siguiete” para las demás ventanas por defecto hasta llegar a la ventana de “Finalizar” (Figura 36).

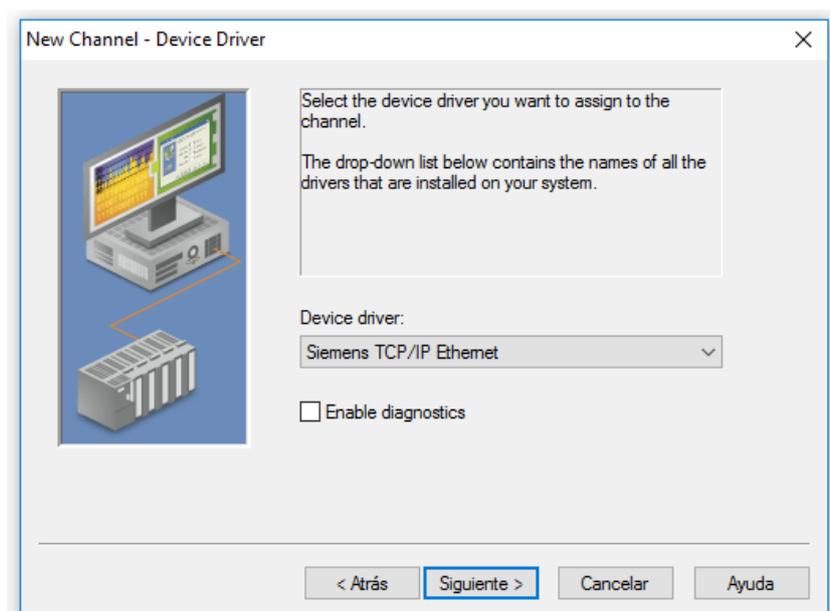


Figura 36. Ventana “New Channel – Device Driver” del software KepServer v5.

Una vez añadido el canal se agrega el dispositivo, para ello *seleccionar “Clic to add a device”* en la ventana de inicio del KepServer v5 (Figura 37).



Figura 37. Ventana de inicio del software Kepserver v5 - *add a device*.

Se abre la ventana “*New Device - Name*” en donde se escribirá el nombre del dispositivo, para este caso será “PLC_S71200”, luego dar clic en “*Siguiente*”.

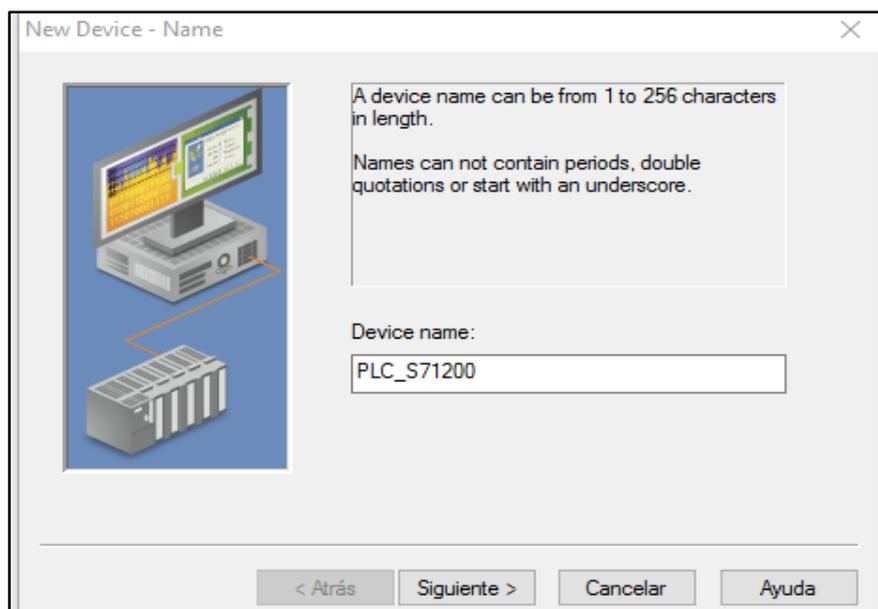


Figura 38. Ventana “*New Device – Name*” del software KepServer v5.

A continuación, se escogerá el modelo del PLC que se está utilizando, seleccionamos el S7-1200 y damos clic en la opción “*Siguiente*”.

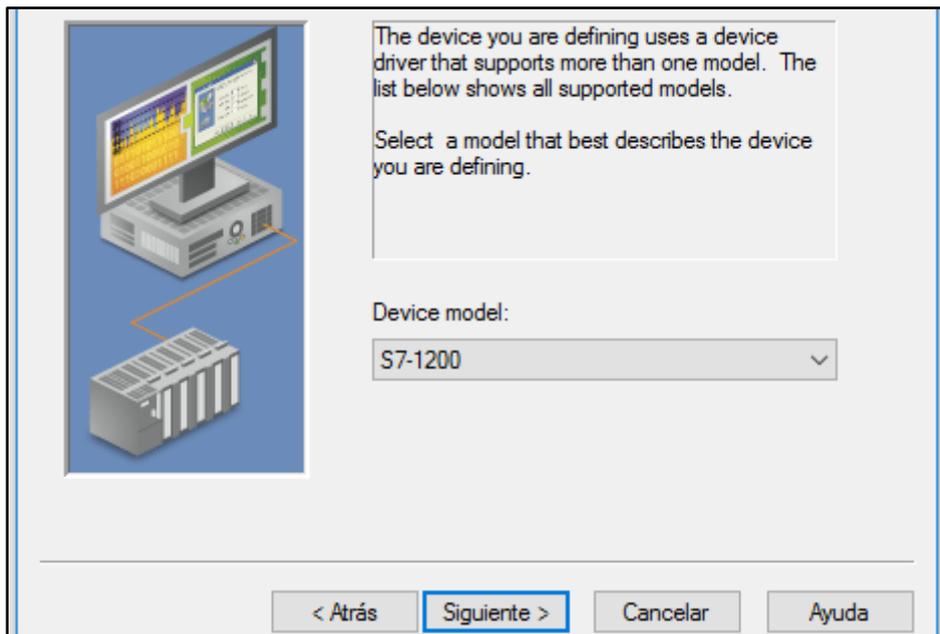


Figura 39. Ventana “New Device – Model” del software KepServer v5.

Se escribe el ID del PLC que se está utilizando, el del PLC S7-1200 es el “192.168.0.1” (Figura 40). Luego damos clic en “Siguiete” para las demás ventanas por defecto hasta llegar a la ventana de “Finalizar”.

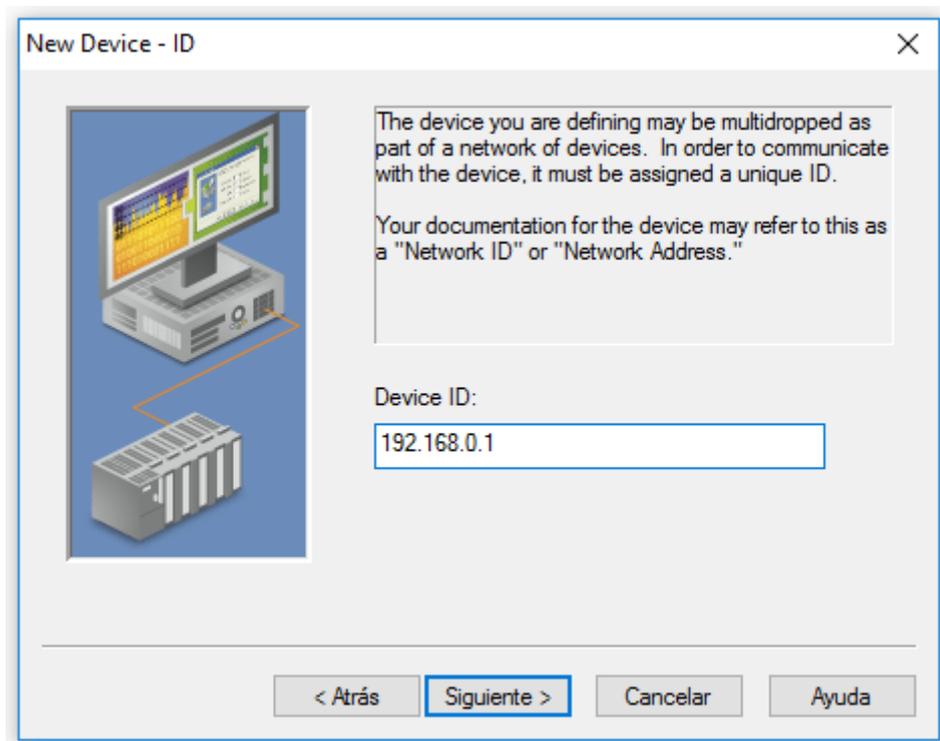


Figura 40. Ventana “New Device – ID” del software KepServer v5.

Una vez añadido el dispositivo, se agregan las etiquetas (*tags*), para ello se selecciona “*Clic to add a static tag*” en la ventana de inicio del software KepServer v5.

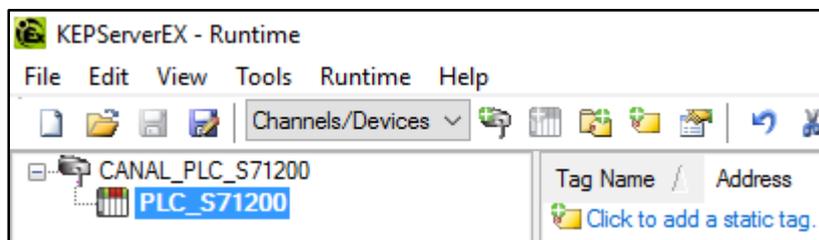


Figura 41. Ventana de inicio del software KepServer v5 – *add tags*.

Se despliega la ventana “*Tag Properties*” en donde se escribirá todos los datos de la variables a extraer, por ejemplo: *Name* (Tiempo_AB), *Address* (MD504) que es la dirección de cada una de la variables declaradas en la programación del TIA Portal V13, también se escogerá el tipo de dato (para la variable escogida será “DWord”) y en Client access se seleccionará “*Read Only*” debido a que la interfaz es solo de monitoreo (Figura 42). Luego dar clic en “Aplicar” y en “Aceptar”.

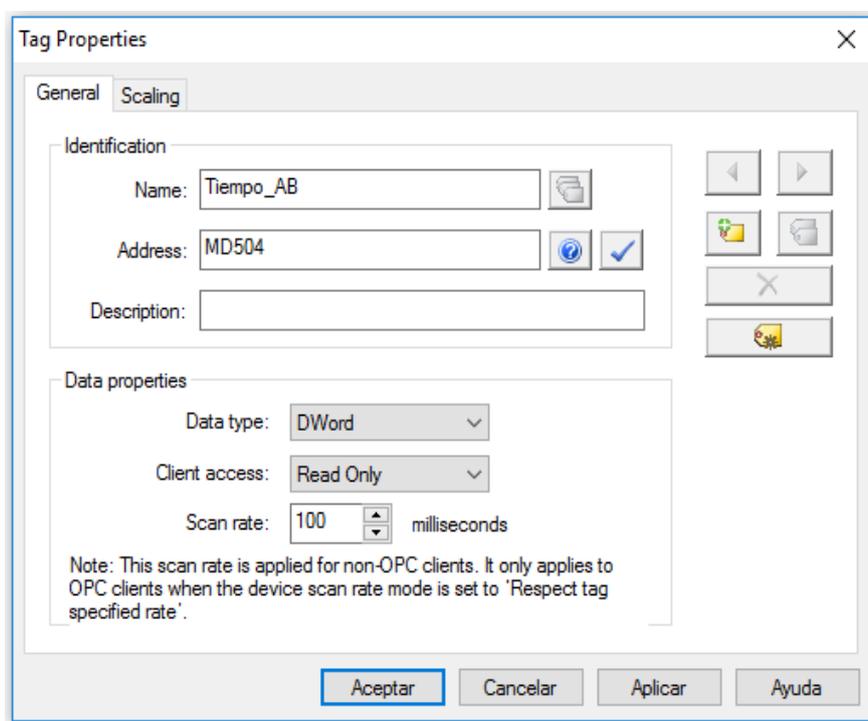
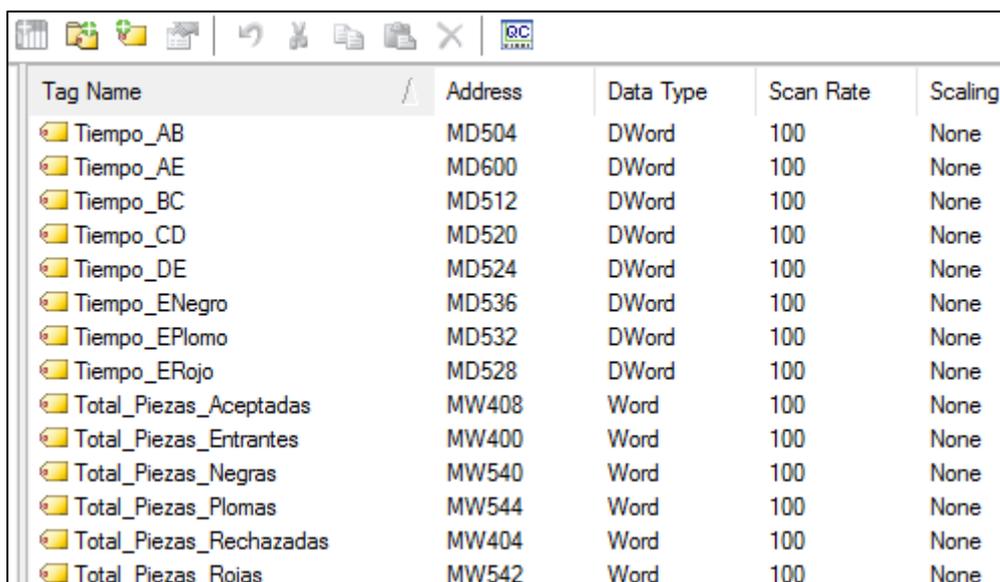


Figura 42. Ventana “*Tag properties*” del software KepServer v5.

Se deberá de agregar todos los tags para variables que fueron programaron en el TIA Portal y que serán monitoreadas en la interfaz (Figura 43), dando por finalizada la configuración en el software KepServer v5 para la lectura de las variables.



Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling
Tiempo_AB	MD504	DWord	100	None
Tiempo_AE	MD600	DWord	100	None
Tiempo_BC	MD512	DWord	100	None
Tiempo_CD	MD520	DWord	100	None
Tiempo_DE	MD524	DWord	100	None
Tiempo_ENegro	MD536	DWord	100	None
Tiempo_EPlomo	MD532	DWord	100	None
Tiempo_ERojo	MD528	DWord	100	None
Total_Piezas_Aceptadas	MW408	Word	100	None
Total_Piezas_Entrantes	MW400	Word	100	None
Total_Piezas_Negras	MW540	Word	100	None
Total_Piezas_Plomas	MW544	Word	100	None
Total_Piezas_Rechazadas	MW404	Word	100	None
Total_Piezas_Rojas	MW542	Word	100	None

Figura 43. Tags para el PLC S7-1200.

4.3. Diseño de la interfaz de monitoreo.

Basado en las variables requeridas en el capítulo 3 del presente documento, se realizará una interfaz de monitoreo de procesos en los módulos de manufactura flexible empleando Microsoft Excel 2010 (versión demostrativa), estableciéndose siete pantallas de visualización para las variables de estudio, de la siguiente manera:

- Pantalla de acceso - Inicio SCADA.
- Pantalla de inicio – caratula.
- Pantalla de menú.
- Pantalla Módulos - Simulación.
- Pantalla – Tiempos de operación.
- Pantalla – Control de calidad.
- Pantalla – Parámetros de desempeño.

4.3.1. Pantalla de acceso - Inicio SCADA.

La pantalla de "Inicio SCADA" permite el acceso a la interfaz. Para el desarrollo de esta pantalla primero se debe de activar el programador de Excel (Anexo 3), una vez activado en la cinta de opciones de Excel dar clic en "Programador" y luego en la opción "Visual Basic" en donde se diseñará y programará la pantalla de acceso.



Figura 44. Pantalla de acceso.

Una vez que se haya realizado el diseño de la pantalla de acceso, como lo indica la Figura 44, se procederá a programar cada uno de los mandos utilizados, para ello se utilizará la programación expuesta en la Figura 45.

```
Private Sub CommandButton1_Click()
    Dim USER As String
    Dim PASS As String

    USER = TextBox1.Text
    PASS = TextBox2.Text

    If USER = "udla2017" And PASS = "industrial" Then
        MsgBox "BIENVENIDO AL SISTEMA", vbInformation
        ActiveWorkbook.Save
        Unload UserForm1
    Else
        MsgBox "Datos incorrectos", vbCritical
    End If

    ActiveWorkbook.Close
End Sub
```

Figura 45. Programación de los mandos para la pantalla de acceso.

Como se puede observar en la programación, se usará: Usuario: “udla2017” y Contraseña: “industrial”, una vez escritos correctamente estos datos, se da clic en el comando “INICIO” y la pantalla de acceso reflejará el mensaje “BIENVENIDO AL SISTEMA” (Figura 46) dando acceso a la interfaz de monitoreo, pero si estos datos fueros escritos incorrectamente se reflejará el mensaje “Datos incorrectos” impidiendo el acceso a la interfaz.



Figura 46. Mensaje de bienvenida – pantalla “Inicio SCADA”

4.3.2. Pantalla de inicio – caratula.

En la pantalla de inicio (Figura 47), se puede observar el nombre de la facultad, de la carrera, del proyecto y del elaborador, además en la parte inferior se encuentra un botón de comando “MENÚ” que nos permitirá acceder a la pantalla de menú de la interfaz.



Figura 47. Pantalla de inicio – Carátula.

4.3.3. Pantalla de menú.

La pantalla de menú (Figura 48) dispone de cuatro botones de acceso que permite seleccionar la aplicación que se desea observar o monitorear (MÓDULO- SIMULACIÓN, TIEMPOS DE OPERACIÓN, CONTROL DE CALIDAD Y PARÁMETROS DE DESEMPEÑO), además contará con el botón de comando “INICIO” con la finalidad de regresar a la pantalla de inicio.



Figura 48. Pantalla de menú

4.3.4. Pantalla Módulos - Simulación.

Esta pantalla (Figura 49) mostrará a través de un gráfico la simulación del proceso de producción de las piezas dentro del sistema de manufactura y las variables a monitorear, como son: los tiempos por proceso, el tiempo de operación, número de piezas que entran al sistema, número de piezas aceptadas y número de piezas rechazadas. Además, contará; con un cuadro donde se resumirá el proceso que cumple la pieza dentro del sistema de manufactura y con el botón de comando “MENÚ”, que servirá para regresar a la pantalla de menú.

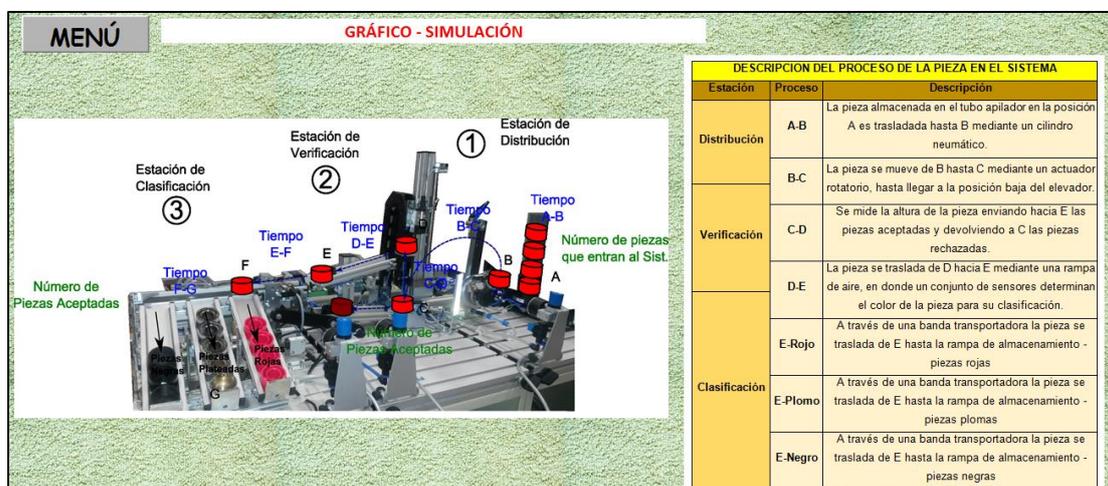


Figura 49. Pantalla Módulos – Simulación.

4.3.5. Pantalla – Tiempos de operación.

En la pantalla “Tiempos de operación” (Figura 50), se observará:

- 1) En tiempo real los valores de las variables extraídas del PLC S7-1200, como son los tiempos de operación por proceso y los tiempos de operación total (incluye tiempo de paradas no programadas) de cada una de las piezas que entra al sistema de manufactura.
- 2) Tablas de datos para el registro de los valores extraídos de cada pieza.
- 3) Datos totales de: tiempos de operación por proceso, tiempo total de operación, tiempo de ciclo y tiempo muerto, que dependen del número de piezas que entren en el sistema de manufactura.

- 4) Esta pantalla también cuenta con dos gráficos de columna para el tiempo por proceso total y el tiempo de operación total de cada pieza.

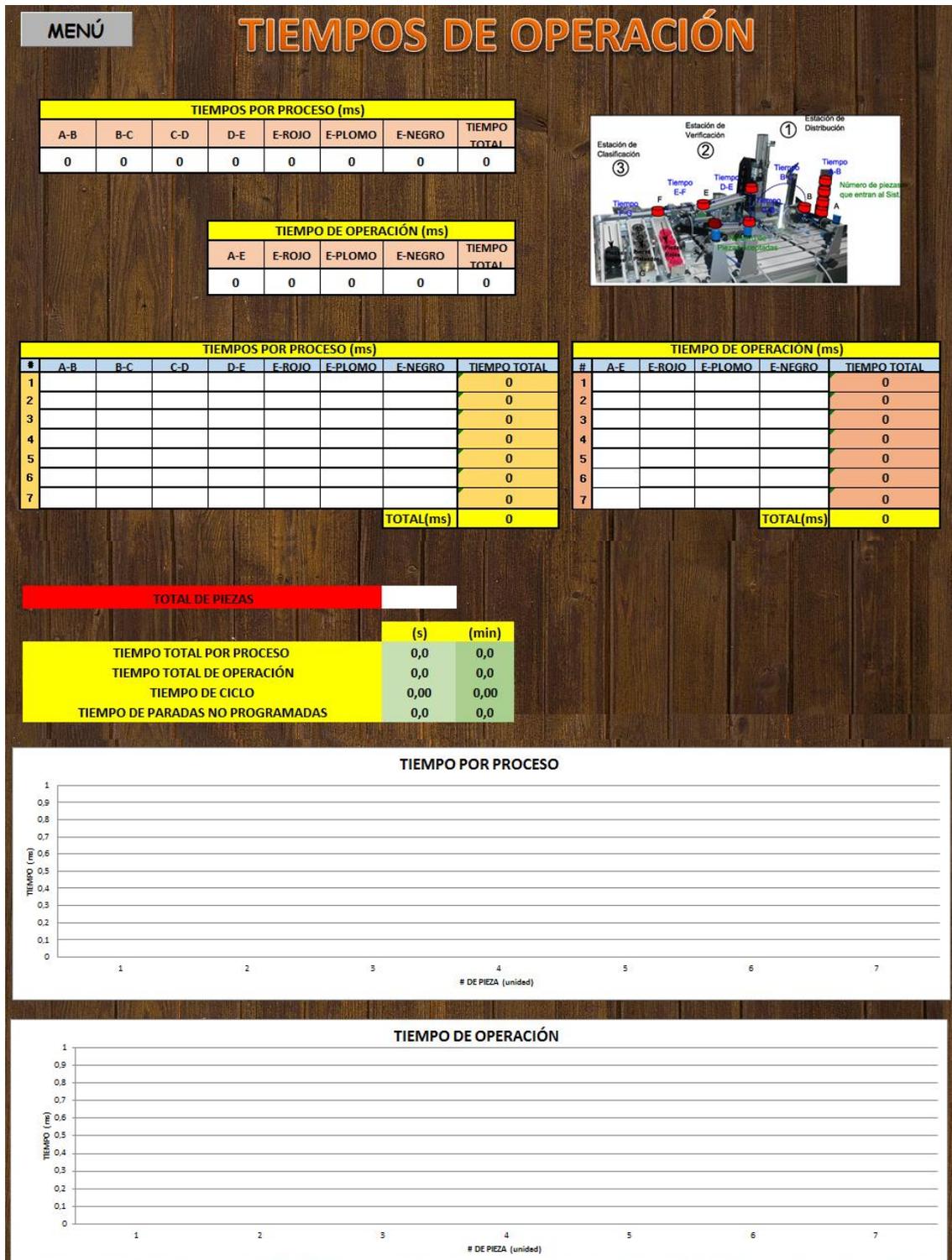


Figura 50. Pantalla – Tiempo de operación.

4.3.6. Pantalla – Control de calidad.



Figura 51. Pantalla – Control de calidad.

La pantalla “Control de calidad” (Figura 51), consta de:

- 1) Una imagen que corresponde a las tres piezas de estudio.
- 2) Una tabla “Cantidad de piezas” y una tabla “Cantidad de piezas en %” en donde se observará en tiempo real los valores correspondientes a: cantidad total de piezas que entran al sistema de manufactura, por su asignación en cantidad de piezas rechazadas y cantidad de piezas aceptadas y por su color en cantidad de piezas de color rojo, cantidad de piezas de color plomo y cantidad de piezas de color negro, estos datos se reflejarán en unidades o porcentajes de acuerdo con su tabla correspondiente.
- 3) También cuenta con 2 gráficos de columna, uno para la cantidad de piezas (Total, Aceptadas y Rechazadas) y otro para la cantidad de piezas por color (Rojo, Negro y Plomo), gráficos que se actualizarán en tiempo real.
- 4) Además, en la parte superior izquierda de la pantalla se localizará el botón de comando “MENÚ”, que sirve para regresar a la pantalla de menú.

4.3.7. Pantalla – Parámetros de desempeño.



Figura 52. Pantalla - Parámetros de desempeño.

Como se puede observar la pantalla “Parámetros de desempeño” (Figura 52) consta del análisis de la disponibilidad, rendimiento, calidad y el cálculo de la OEE (descritos en el capítulo 2) del sistema de manufactura flexible, además dispone de la tabla de evaluación de la OEE.

Para obtener todos los datos requeridos para el análisis de los diferentes parámetros de desempeño, los datos son alimentados de los valores obtenidos del monitoreo de la pantalla “Tiempos de operación” y “Control de calidad” de la interfaz.

Además, en la parte superior izquierda de la pantalla se localizará el botón de comando “MENÚ”, que sirve para regresar a la pantalla de menú.

4.4. Enlace entre la interfaz en Excel y el OPC.

Una vez que se realizó la configuración del software KepServer v5 para leer las variables obtenidas a partir del PLC s7-1220 y el diseño de la interfaz en

Microsoft Excel 2010, se procede a realizar el enlace de estos dos elementos, con la finalidad de obtener los datos en tiempo real en la interfaz de monitoreo.

Para llevar a cabo este enlace debemos de seguir el siguiente proceso.

Primero abrir el archivo donde se guardó la configuración del software KepServer v5 y hacer clic en el icono de *“new channel”* ubicado donde señala la Figura 53.

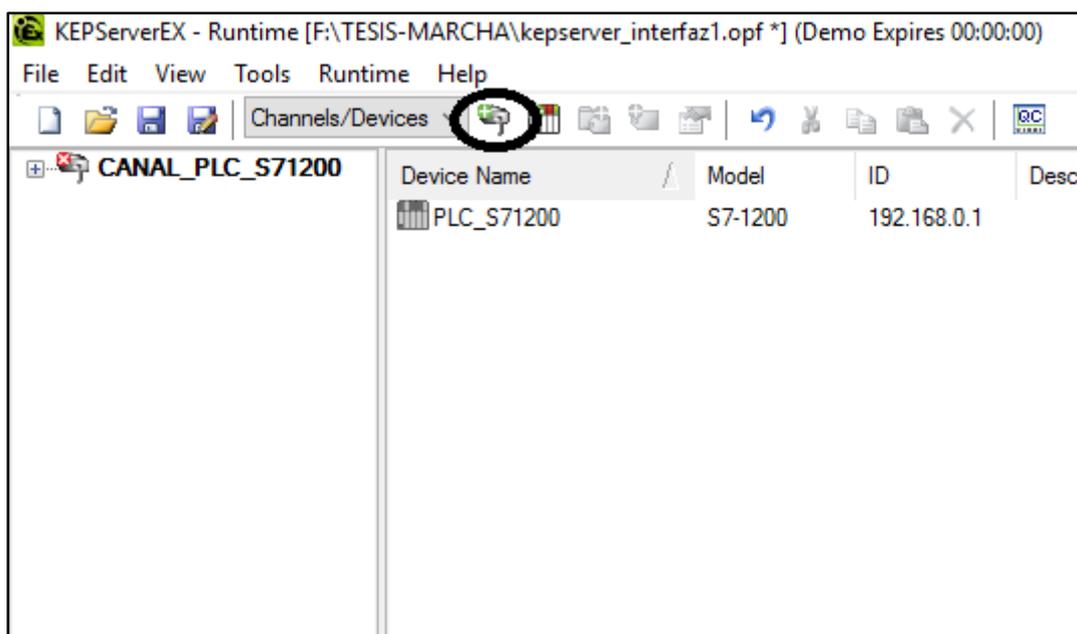


Figura 53. Ubicación del icono *“new channel”* en el software KepServer v5.

Se abre la ventana *“New Channel - Identification”* (Figura 54), donde se deberá de escribir el nombre del canal, para este proyecto el canal se llamará *“EXCEL”*, a continuación, se selecciona la opción *“Siguiete”*.

A continuación, se abre la ventana *“New Channel – Device Driver”* donde se elegirá la opción *“DDE Client”* (Figura 55), que es por defecto con lo que trabaja Microsoft Office y que nos permite compartir las variables programadas con los OPC server. A continuación, dar clic en *“Siguiete”* para las demás ventanas que son por defecto, hasta llegar a la ventana de *“Finalizar”*

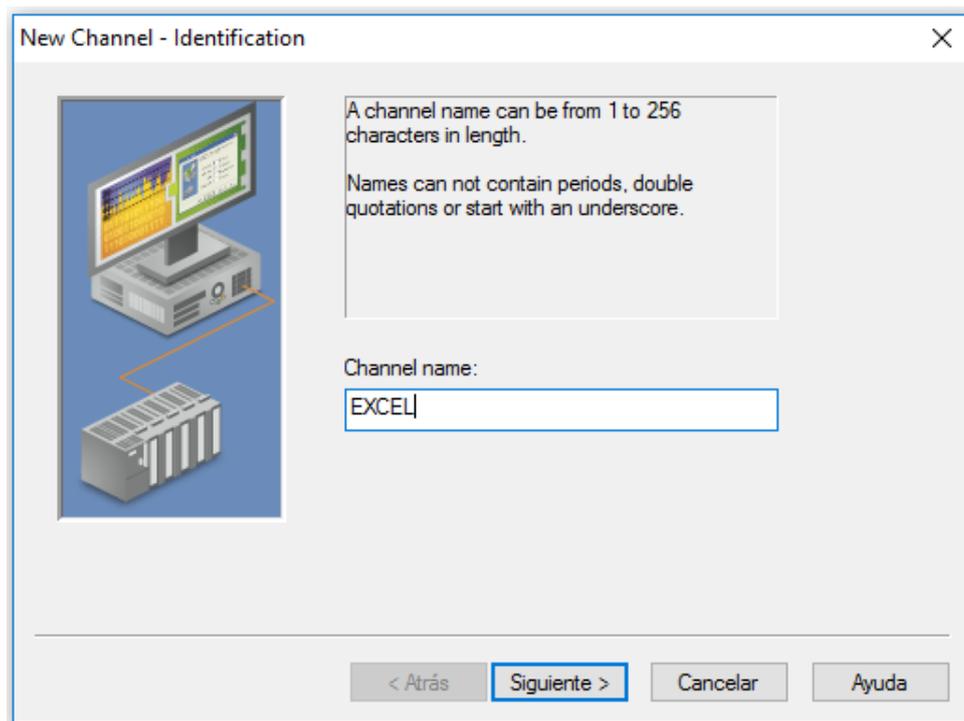


Figura 54. Ventana “New Channel - Identification” en el software KepServer v5.

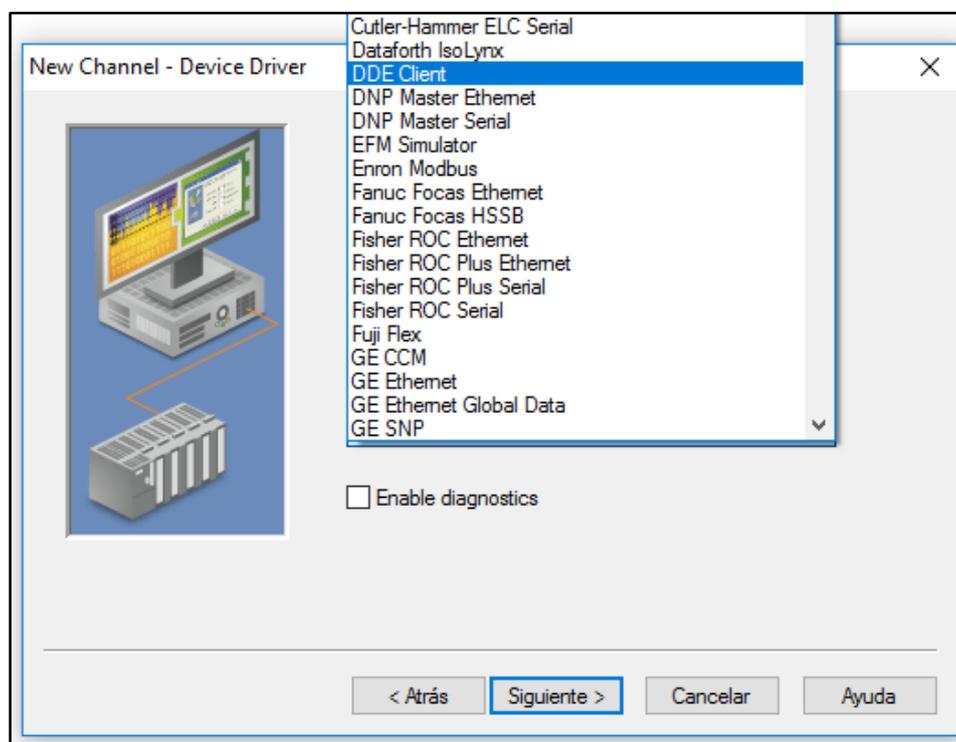


Figura 55. Ventana “New Channel – Device Driver” del software KepServer v5.

Una vez añadido el canal “EXCEL”, se deberá de agregar un dispositivo, para ello debemos de seleccionar “Click to add a device” (Figura 56) en la ventana de inicio del kepsserver.

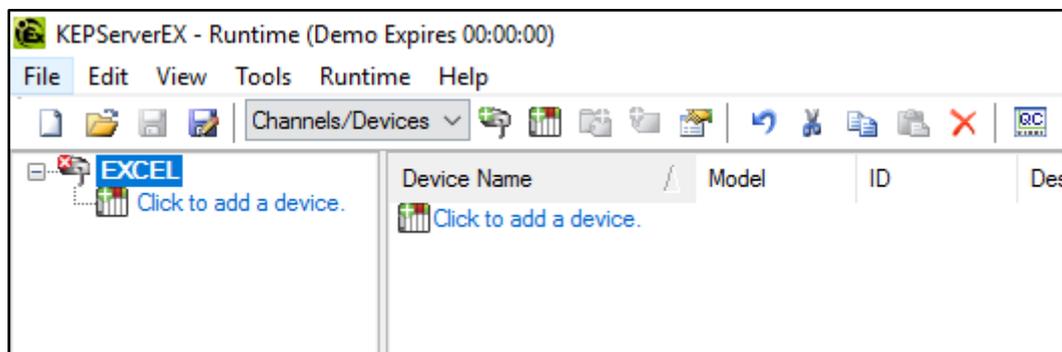


Figura 56. Agregar un dispositivo en el software Kepserver v5.

Se abre la ventana “New Device - Name” en donde se deberá de escribir el nombre del dispositivo, para este proyecto se llamará “EXCEL_INTERFAZ” (Figura 57). A continuación, dar clic en “Siguiete” para las demás ventanas que son por defecto, hasta llegar a la ventana de “Finalizar”.

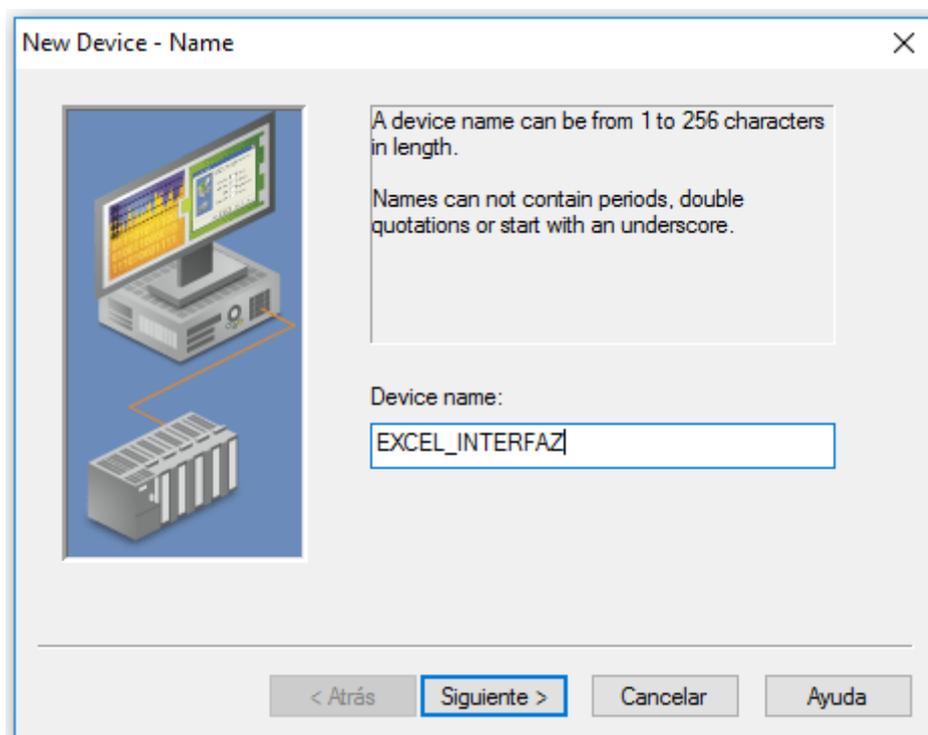


Figura 57. Ventana “New Device – Name” para la interfaz en Excel.

Una vez añadido el dispositivo (*device*), se debe de crear las etiquetas (*tags*), para ello seleccionar “*Clic to add a static tag*” (Figura 58) en la ventana de inicio del software KepServer v5.

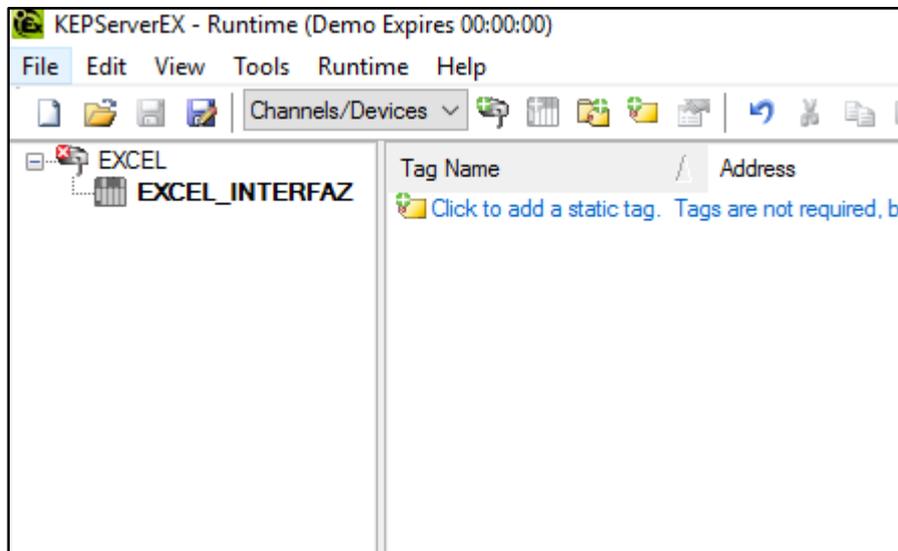


Figura 58. Ventana para crear etiquetas para la interfaz en Excel del software KepServer v5.

Se abre la ventana “*Tag Properties*” en donde se debe de escribir todos los datos para identificar el lugar donde se requiera que cada una de las variables a monitorear sea leída, por lo tanto se escribe el nombre de identificación de la variable y su dirección, por ejemplo (Figura 59) se identifica la variable “TIEMPO_A_B”, para escribir la dirección se abre el archivo de excel donde se realizó el diseño de la interfaz e identificamos donde queremos que cada una de las variables sea leída, para el ejemplo se tiene “Excel|TIEMPO!f25c3” eso significa que se va a utilizar la aplicación de Microsoft “Excel”, la hoja de calculo “TIEMPO” y que se requiere que la variable sea leída en la fila 25 columna 3 de la hoja “f25c3”, a continuación se da clic en para comprobar si la dirección esta correctamente escrita. Luego dar clic en “Aplicar” y en “Aceptar”.

Agregar todas las variables que se desean monitorear, de acuerdo con la interfaz en Excel y a la programación (Figura 60).

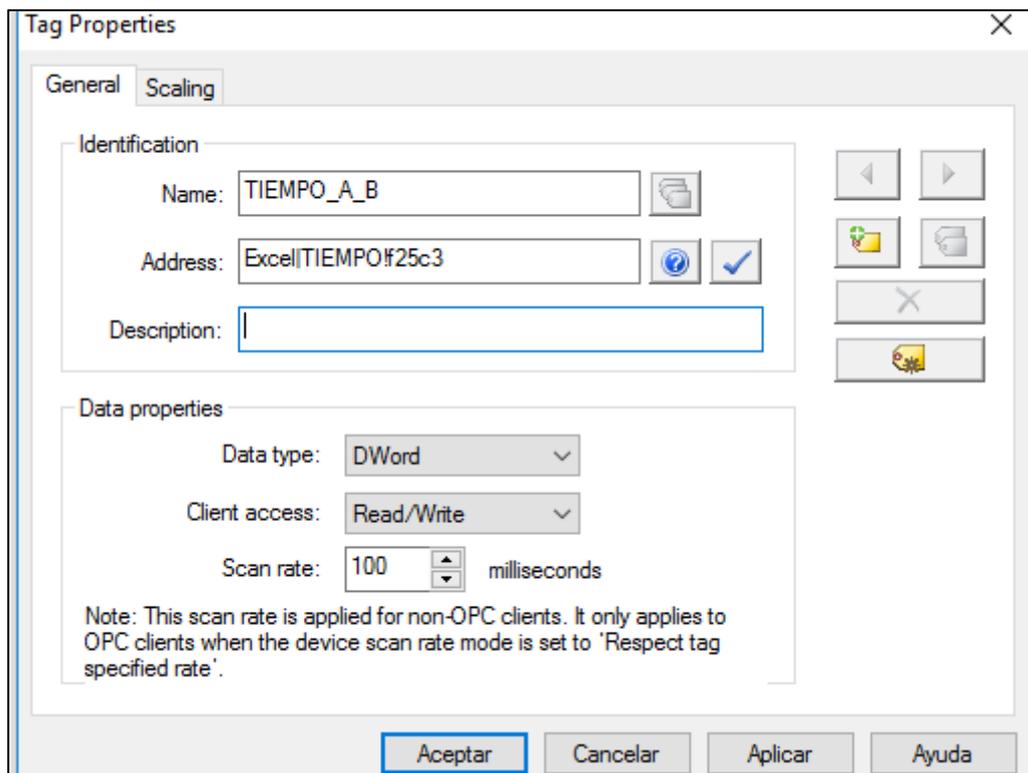


Figura 59. Ventana “Tag properties” para crear etiquetas para la interfaz en Excel.

Tag Name	Address	Data Type
Tiempo_A_B	Excel TIEMPOSf25c3	DWord
Tiempo_A_E	Excel TIEMPOSf30c6	DWord
Tiempo_B_C	Excel TIEMPOSf25c4	DWord
Tiempo_C_D	Excel TIEMPOSf25c5	DWord
Tiempo_D_E	Excel TIEMPOSf25c6	DWord
Tiempo_E_Negro	Excel TIEMPOSf25c9	DWord
Tiempo_E_Roja	Excel TIEMPOSf25c7	DWord
Tiempos_E_Plomo	Excel TIEMPOSf25c8	DWord
Total_Piezas_Aceptadas1	Excel CALIDADf26c3	DWord
Total_Piezas_Ertrantes1	Excel CALIDADf26c2	DWord
Total_Piezas_Negras1	Excel CALIDADf26c7	DWord
Total_Piezas_Plomas1	Excel CALIDADf26c6	DWord
Total_Piezas_Rechazadas1	Excel CALIDADf26c4	DWord
Total_Piezas_Rojas1	Excel CALIDADf26c5	DWord

Figura 60. Ventana - Etiquetas para el monitoreo en Excel.

Luego de que se hayan creado todas las etiquetas de las variables en el canal “EXCEL”, se procederá a enlazar las etiquetas (*tags*) del canal “CANAL_PLC_S71200” y las del canal “EXCEL”, para ello damos clic en la

pestaña de opciones de uso del software KepServer v5 donde se encuentra, “Channels/Devices” y elegir “Advanced Tags” (Figura 61).

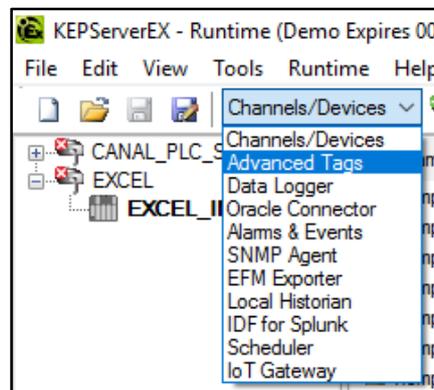


Figura 61. Opciones de uso del software KepServer v5.

Luego, en la ventana de inicio del software kepservers aparece todos los *advanced tags*, posteriormente seleccionar “Link Tag” como indica la Figura 62.



Figura 62. Ventana de inicio del software Kepservers v5 – Link Tag.

Se desplegará la ventana “Link Tag”. En esta ventana se debe de identificar el nombre de la variable, luego se realiza la configuración: en “Input” se seleccionan las etiquetas del canal “CANAL_PLC_S71200” y en salida “Output” se seleccionan las etiquetas del canal “EXCEL” como indica el ejemplo de la Figura 63. Luego dar clic en “Aplicar” y en “OK”.

Por último, agregar todas las variables que se programaron desde el inicio (Figura 64), dando por finalizada la configuración para enlazar el software KepServer v5 y Microsoft Excel.

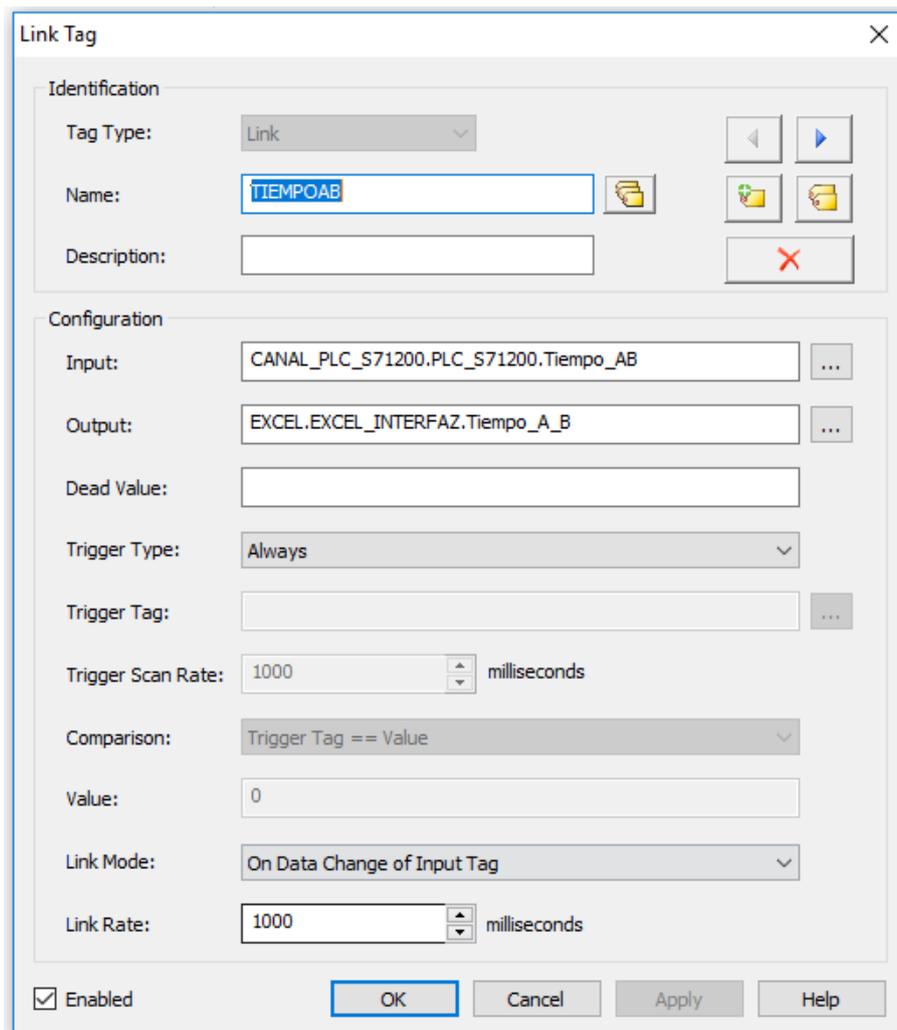


Figura 63. Ventana “Link Tag” del software KepServer v5.

Tag Name	Tag Type
TIEMPOAB	Link
TIEMPOAE	Link
TIEMPOBC	Link
TIEMPOCD	Link
TIEMPODE	Link
TIEMPOENEGRO	Link
TIEMPOEPLOMO	Link
TIEMPOEROJO	Link
TOTALPIEZASACEPTADAS	Link
TOTALPIEZASENTRANTES	Link
TOTALPIEZASNEGRAS	Link
TOTALPIEZASPLOMAS	Link

Figura 64. Ventana - Etiquetas enlazadas entre el PLC S7-1200 y Microsoft Excel.

5. Capítulo V. Pruebas de verificación de funcionalidad de la interfaz de monitoreo.

Con la finalidad de validar el correcto funcionamiento y prestaciones del sistema, en el presente capítulo se detalla las pruebas que facilitan esta verificación.

Se procederá a verificar el correcto funcionamiento de los software y equipos utilizados para lograr la interfaz de monitoreo (Figura 65), se verificará la funcionalidad de los tres módulos (Distribución, Verificación y Clasificación), del PLC S7-1200, del Software TIA PORTAL V13, del OPC KepServer v5 y de la interfaz de monitoreo en Excel.

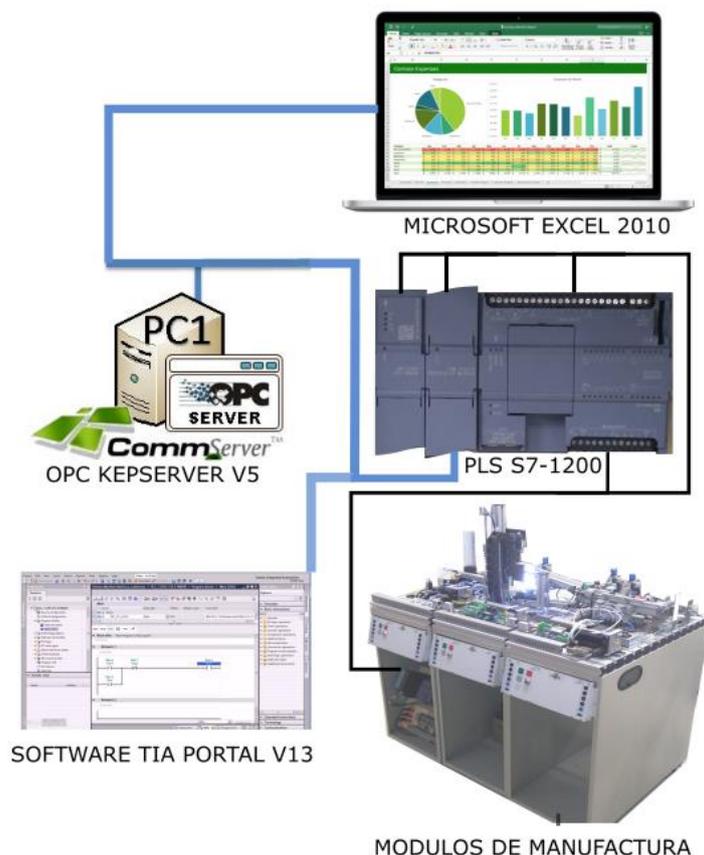


Figura 65. Conexión de software y equipos utilizados.

5.1. Módulos de manufactura flexible FESTO:

Para validar el correcto funcionamiento del sistema de manufactura se procede a verificar las dieciocho (18) piezas con las que cuenta el Laboratorio de

Ingeniería Industrial para el funcionamiento de los módulos de distribución, verificación y clasificación (seis piezas son negras, seis son piezas plomas y seis son piezas rojas) para lo cual se harán tres pruebas empleando una *Check List* para su verificación.

Como se puede observar en la *Check List* de la Tabla 9, en la verificación de funcionalidad del módulo de distribución, las seis piezas negras en las tres pruebas realizadas fueron correctamente distribuidas por el módulo, de las seis piezas plomas en la prueba 1 y 2 hubo un transporte inadecuado por el módulo en la última pieza, esto se debió al que le diámetro de la pieza era mayor, en la prueba 3 se corrigió el error y la pieza fue correctamente distribuida y por ultimo las seis piezas rojas fueron distribuidas adecuadamente por el módulo.

Tabla 9

Verificación del módulo de distribución.

VERIFICACIÓN DEL MÓDULO DE DISTRIBUCIÓN																		
Piezas	Negras						Plomas						Rojas					
Prueba	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	√	√	√	√	√	√
2	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	√	√	√	√	√	√
3	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

En la comprobación de funcionalidad del módulo de verificación (Tabla 10), todas las piezas negras, plomas y rojas en las tres pruebas realizadas fueron correctamente verificadas sus especificaciones en cuanto a su altura por el módulo.

Tabla 10

Comprobación del módulo de verificación.

COMPROBACION DEL MÓDULO DE VERIFICACIÓN																		
Piezas	Negras						Plomas						Rojas					
Prueba	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
2	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
3	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

En la verificación de funcionalidad del módulo de clasificación (Tabla 11), como se puede observar solo se dispone de cuatro piezas de color negro cuya especificación en cuanto al tamaño es aceptada en el módulo de verificación y trasladada al módulo de clasificación, estas piezas fueron correctamente clasificadas en su rampa correspondiente en el módulo. Las seis piezas plomas y las seis piezas rojas fueron adecuadamente clasificadas en su rampa correspondiente en el módulo de clasificación.

Tabla 11

Verificación del módulo de clasificación.

VERIFICACIÓN DEL MÓDULO DE CLASIFICACIÓN																
Piezas	Negras				Plomas						Rojas					
Prueba	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

5.1.1. Funcionalidad de datos

Con el objetivo de controlar la conducta de los valores de las variables se decidió tomar los datos y analizar su desviación estándar.

En el módulo de Distribución se observaron las dieciocho piezas disponibles y se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 12).

Tabla 12

Captura de variables en módulos de distribución.

CAPTURA DE VARIABLES EN MÓDULO DE DISTRIBUCIÓN																				
DIRECCIÓN	VARIABLE	COLOR																		
		Negras						Plateadas						Rojas						
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
MD50 4	Tiempo AB	1000	1001	1001	999	999	999	1000	1000	999	999	1000	1000	1000	1000	1000	999	1001	1000	1000
MD51 2	Tiempo BC	3600	3959	3629	3679	3949	3729	3830	3608	3638	3649	3639	3788	3649	3598	3810	3648	3758	3639	

MW400	Fichas entrantes	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
-------	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Se adquirió el promedio del Tiempo AB cuyo resultado es de 1000 milisegundos y su desviación estándar de ± 1 milisegundos, es decir que se espera que el Tiempo AB pueda moverse hacia arriba 1001ms o hacia abajo 999ms.

Así mismo se obtuvo el promedio del Tiempo BC cuyo resultado es de 3711 milisegundos y la desviación estándar de ± 114 milisegundos, es decir que se espera que el Tiempo BC pueda moverse hacia arriba 3825ms o hacia abajo 3597ms.

Todas las dieciocho piezas entrantes fueron correctamente contadas.

En el módulo de Verificación se observaron de igual manera las dieciocho piezas disponibles y se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 13).

Tabla 13

Captura de variables en módulos de verificación.

CAPTURA DE VARIABLES EN MÓDULO DE VERIFICACIÓN																			
DIRECCIÓN	VARIABLE	COLOR																	
		Negras						Plateadas						Rojas					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
MD520	Tiempo CD	691	691	695	691	694	697	670	697	689	691	689	689	701	690	698	692	707	692
MD524	Tiempo DE	795	981	1120	761			1054	910	1008	996	1094	1003	1056	977	718	1082	1074	820
MW404	Fichas rechazadas					√	√												
MW408	Fichas aceptadas	√	√	√	√			√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Se adquirió el promedio del Tiempo CD dando como resultado 692 milisegundos y la desviación estándar de ± 7 milisegundos, es decir que se espera que el Tiempo CD pueda moverse hacia arriba 699ms o hacia abajo 685ms.

Así mismo se obtuvo el promedio del Tiempo DE cuyo resultado es de 966 milisegundos y la desviación estándar de ± 127 milisegundos, es decir que se espera que el Tiempo DE pueda moverse hacia arriba 1093ms o hacia abajo 839ms.

Además, se puede observar que de las dieciocho piezas entrantes, dieciséis piezas fueron aceptadas correctamente y dos piezas de color negro fueron rechazadas.

En el módulo de clasificación se observaron las dieciséis piezas aceptadas y se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 14)

Tabla 14

Captura de variables en módulos de clasificación.

CAPTURA DE VARIABLES EN MÓDULO DE CLASIFICACIÓN																					
DIRECCIÓN	VARIABLE	COLOR																			
		Rojas						Plateadas						Negras							
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4				
MD528	Tiempo E-ROJO	1498	1439	1450	1419	1428	1528														
MD532	Tiempo E-PLOMO							2240	2118	2289	2289	2139	2360								
MD536	Tiempo E-NEGRO													2757	2740	2708	2729				
MW542	Total piezas rojas	√	√	√	√	√	√														
MW544	Total piezas plomas							√	√	√	√	√	√								
MW540	Total piezas negras											√	√	√	√						

Se adquirió el promedio del Tiempo E-ROJO dando como resultado 1460 milisegundos y la desviación estándar de ± 43 milisegundos, es decir que se espera que el Tiempo E-ROJO pueda moverse hacia arriba 1503ms o hacia abajo 1417ms.

Así mismo se obtuvo el promedio del Tiempo E-PLOMO cuyo resultado es de 2239 milisegundos y la desviación estándar de ± 94 milisegundos, es decir que se espera que el Tiempo E-PLOMO pueda moverse hacia arriba 2333ms o hacia abajo 2145ms.

De igual manera se consiguió el promedio del Tiempo E-NEGRO cuyo resultado es de 2734 milisegundos y la desviación estándar de ± 21 milisegundos, es decir que se espera que el Tiempo E-NEGRO pueda moverse hacia arriba 2754ms o hacia abajo 2713ms.

Además, podemos notar claramente la diferencia que existe entre los tiempos E-ROJO, E-PLOMO y E-NEGRO, que ocurre debido a la distancia que existe desde el punto E a las rampas correspondientes de acuerdo al color de la pieza, siendo la rampa de las piezas rojas la más cercana al punto E y por ende con el tiempo más corto, a diferencia de la rampa de las piezas de color negro que es la más lejana al punto E y por lo tanto su tiempo más largo.

Todos los datos en cuanto a la desviación estándar y media de los tiempos anteriormente obtenidos se tabularán en una tabla resumen que se muestra a continuación:

Tabla 15

Características de las observaciones.

Características de las Observaciones			
	Variables	Media	Desviación
Distribución	Tiempo AB	1000	± 1
	Tiempo BC	3711	± 114
Verificación	Tiempo CD	692	± 7
	Tiempo DE	966	± 127
Clasificación	Tiempo E-Rojo	1460	± 43
	Tiempo E-Plomo	2239	± 94
	Tiempo E-Negro	2734	± 21

El tiempo AB tiene una variación mínima de ± 1 ms debido a que solo consiste en expulsar la pieza del tubo apilador. El tiempo BC tiene una desviación de ± 114 ms debido a que su proceso consiste en el traslado de la pieza a través

de un actuador giratorio y por el peso de las mismas (Tabla 16) o por el tipo de pieza (Figura 66), el tiempo es muy variante. El tiempo CD tiene una desviación de ± 7 ms debido a que su proceso consiste en subir la pieza con la finalidad de verificar su tamaño y debido a que existe un amortiguador en este proceso (Figura 67) que constantemente se desajusta y el peso de la pieza, implica segundos extras en el proceso. El tiempo DE tiene una desviación de ± 127 ms porque implica el traslado de la pieza a través de una rampa de aire, además el tiempo de traslado depende del peso de la pieza y de sus condiciones físicas. El tiempo E-Rojo, E-Plomo y E-Negro tienen una desviación de ± 43 ms, ± 94 ms y ± 21 ms respectivamente debido a que el proceso de clasificación por los sensores es muy variado para cada pieza.

Tabla 16

Peso de las piezas.

PESO DE LAS PIEZAS	
Pieza	Peso (gramo)
Negra aceptada	11,8g
Negra Rechazada	7.2g
Roja	12,7g
Ploma	14,6g
Ploma hueca	8,6g



Figura 66. Tipos de pieza.

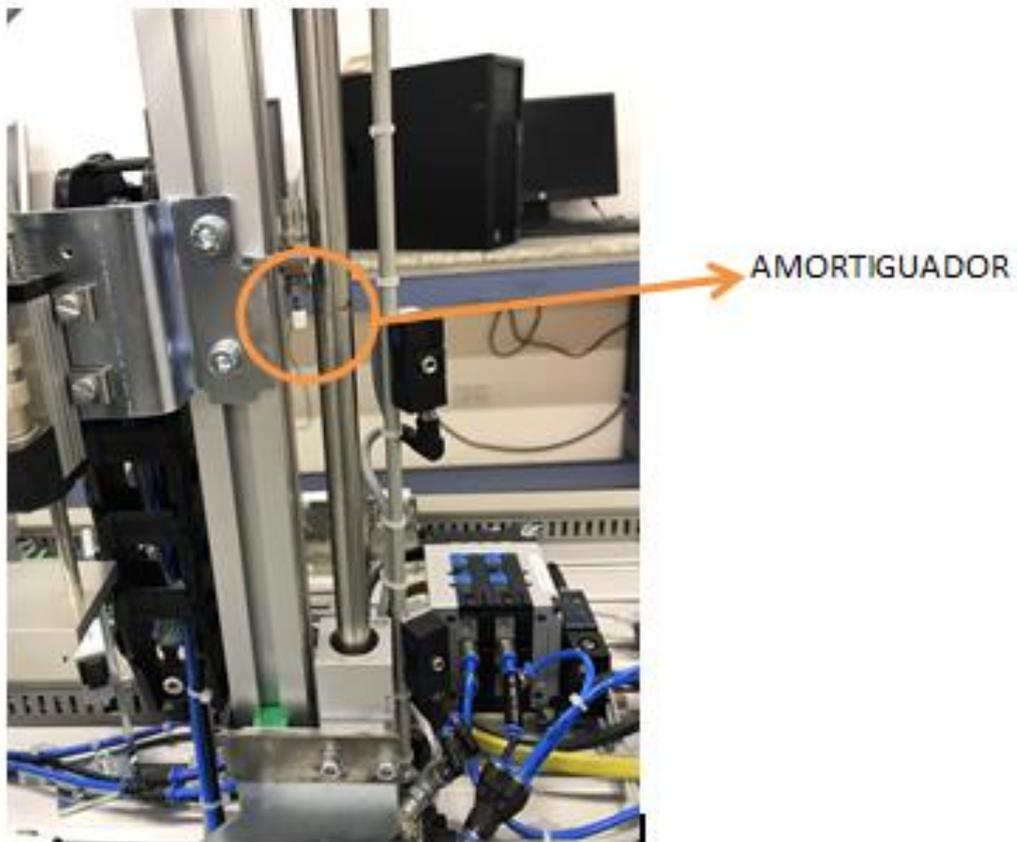


Figura 67. Amortiguador en el proceso CD.

5.2. PLC S7-1200

El PLC S7-1200 utiliza indicadores de estado LED's con la finalidad de indicar su estado operativo, estos indicadores LED's para la CPU son los siguientes:

- Luz naranja indica el estado operativo STOP.
- Luz verde permanentemente indica el estado operativo RUN.
- Si el CPU parpadea (alternando entre verde y naranja), quiere decir que la CPU está arrancando.

Por lo tanto, una correcta funcionalidad del PLC genera indicadores LED's en color verde como lo muestra la Figura 68.



Figura 68. PLC S7-1200 con indicadores correctos para su funcionamiento.

5.3. TIA Portal V13

En el software TIA portal V13, luego de haber copilado el programa y posteriormente descargarlo al PLC S7-1200 presenta indicadores verdes que indican una correcta funcionalidad y configuración de sus conexiones, como lo indica la Figura 69.

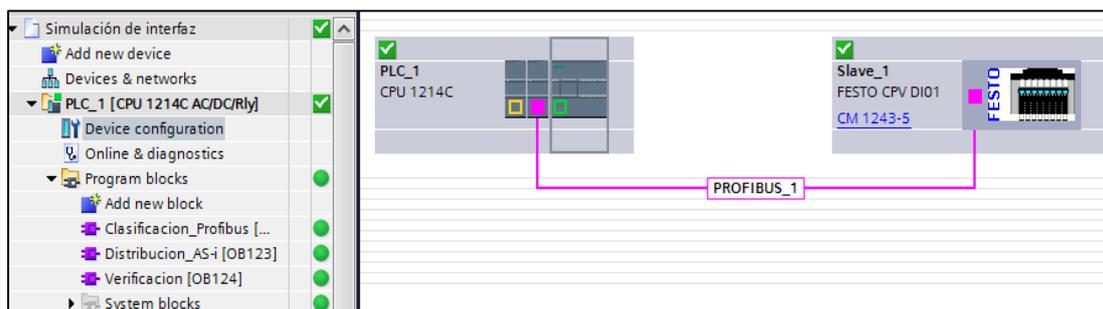


Figura 69. Verificación del funcionamiento del software TIA Portal V13.

5.4. OPC KepServer v5

Con la finalidad de verificar que el PLC S7-1200 este intercambiando información de manera correcta con el OPC KepServer v5, de hace uso del *OPC Client* del mismo software.

Para ello en la ventana de inicio del software KepServer v5 seleccionar *Quick Client*, como lo indica la Figura 70.

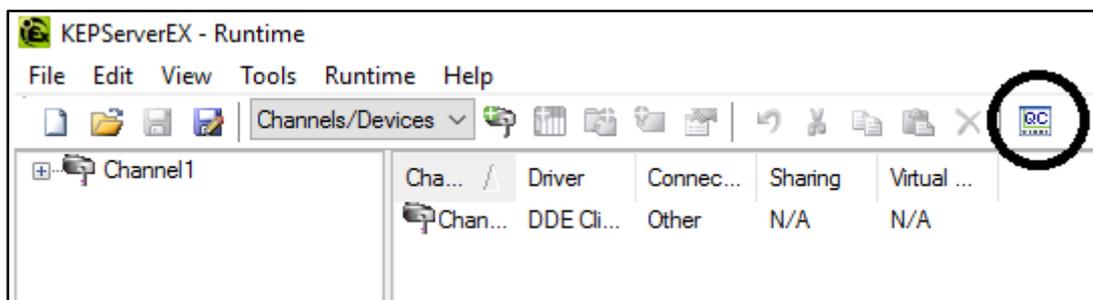


Figura 70. Icono *Quick Client* en el software KepServer v5.

Posteriormente se abrirá la ventana del *Quick Client*, en donde se mostrarán todos los *tags* (etiquetas) que fueron creadas para el funcionamiento de la interfaz de monitoreo, estas se mostraran con sus correspondientes valores, su configuración y estado (Figura 71)

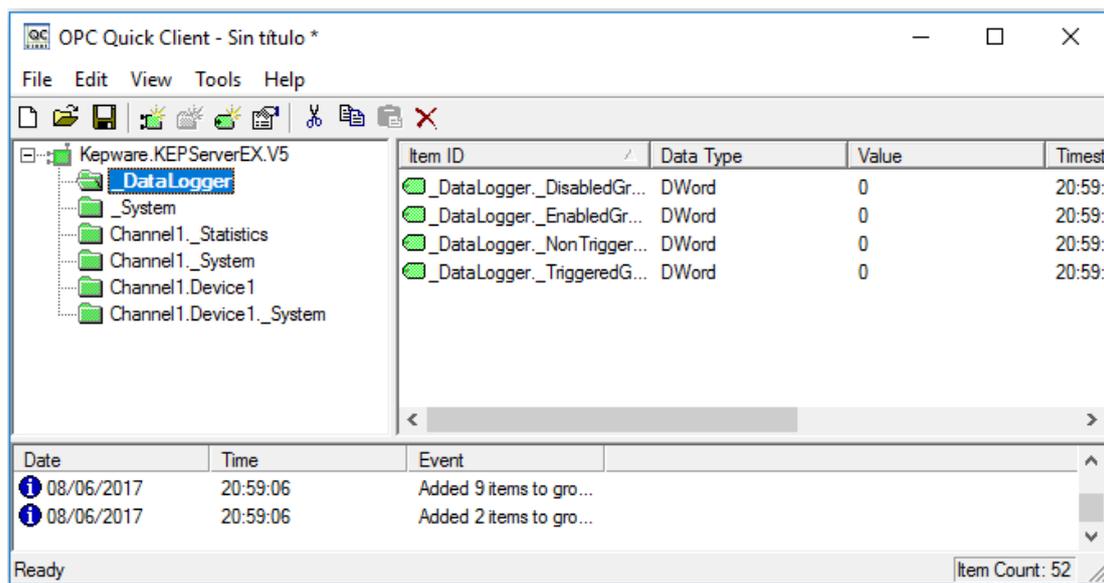


Figura 71. Ventana *Quick Client* en el software KepServer v5.

Para el adecuado funcionamiento de la comunicación, la calidad (*Quality*) de las etiquetas debe de ser “BUENA” (*GOOD*), de ser la calidad “MALA” (*BAD*) las etiquetas no podrán comunicarse correctamente

5.5. Interfaz de monitoreo en Excel.

La interfaz de monitoreo se puso en funcionamiento en varias ocasiones con la finalidad de realizar las pruebas de funcionalidad descritas en este capítulo, de tal manera que se ha comprobado el correcto funcionamiento en la obtención de los valores de las variables de los procesos en la interfaz en Excel como se muestra en la Figura 72.



Figura 72. Funcionamiento de la interfaz de monitoreo en Excel.

6. Capítulo VI. Resultados de la implementación

En general, el desarrollo e implementación de la interfaz de monitoreo que se realizó en Microsoft Excel 2010, consiguió exitosamente obtener los valores de cada una de las variables que se decidió estudiar (Capítulo 2) y por lo tanto una base de datos general y agrupada sobre las actividades realizadas y requeridas para cada proceso ejecutado por los módulos de manufactura flexible FESTO.

En este capítulo se llevó a cabo la implementación de la interfaz de monitoreo de procesos en los módulos de manufactura y se procedió al análisis de un total de dieciocho piezas y los resultados alcanzados de acuerdo a las

variables de estudio que integran la interfaz de monitoreo se detallan a continuación.

6.1. Tiempos de estudio

6.1.1. Tiempos por proceso.

En la Tabla 17, se observa que al sistema de producción ingresaron dieciocho piezas, se contabilizaron: seis piezas rojas, seis plomas, cuatro piezas negras y dos piezas rechazadas, a través de la programación se determinaron los tiempos de permanencia de la pieza en cada proceso los cuales son: A-B, B-C, C-D, D-E y según corresponda el color de la pieza se determinó el tiempo E-Rojo, E-Plomo o E-Negro; al final se sumaron todos los tiempos dando como resultado el tiempo total por proceso de cada una de las piezas. Todos los tiempos fueron adquiridos en milisegundos (ms).

Se sumaron los dieciocho tiempos totales dando un tiempo de 145840 ms, es decir que el sistema debió procesar las dieciocho piezas en 2,4 minutos.

Tabla 17

Resultados de la implementación - Tiempos por proceso.

TIEMPOS POR PROCESO (ms)								
#	A-B	B-C	C-D	D-E	E-ROJO	E-PLOMO	E-NEGRO	TIEMPO TOTAL
1	1000	3649	701	1056	1498	0	0	7904
2	1000	3830	670	1054	0	2240	0	8794
3	1000	3598	690	977	1439	0	0	7704
4	1000	3600	691	795	0	0	2757	8843
5	1000	3608	697	910	0	2118	0	8333
6	999	3638	689	1008	0	2289	0	8623
7	999	3810	698	718	1450	0	0	7675
8	1001	3959	691	981	0	0	2740	9372
9	1001	3639	692	1082	1419	0	0	7833
10	1000	3648	692	1074	1428	0	0	7842

11	1000	3758	707	820	1528	0	0	7813
12	999	3649	691	1094	0	2289	0	8722
13	1000	3788	689	996	0	2139	0	8612
14	1000	3639	689	1003	0	2360	0	8691
15	1001	3629	691	1120	0	0	2708	9149
16	999	3729	695	761	0	0	2729	8913
17	999	3679	694	0	0	0	0	5372
18	999	3949	697	0	0	0	0	5645
TOTAL(ms)								145840

La figura 73 representa gráficamente los tiempos por proceso totales de cada pieza procesada en el sistema de manufactura flexible, como se puede observar el tiempo por proceso total de las piezas de color negro es mayor, debido a que la distancia desde el punto E a la rampa de almacenaje E-Negro tiene mayor distancia, a diferencia del tiempo por proceso total de las piezas de color rojo en donde la distancia desde el punto E a su rampa de almacenaje E-Rojo tiene menor distancia, además se puede observar dos tiempos mínimos (pieza #17 y #18) los cuales corresponden a las piezas que no cumplieron con las especificaciones y fueron rechazadas en la estación de verificación.

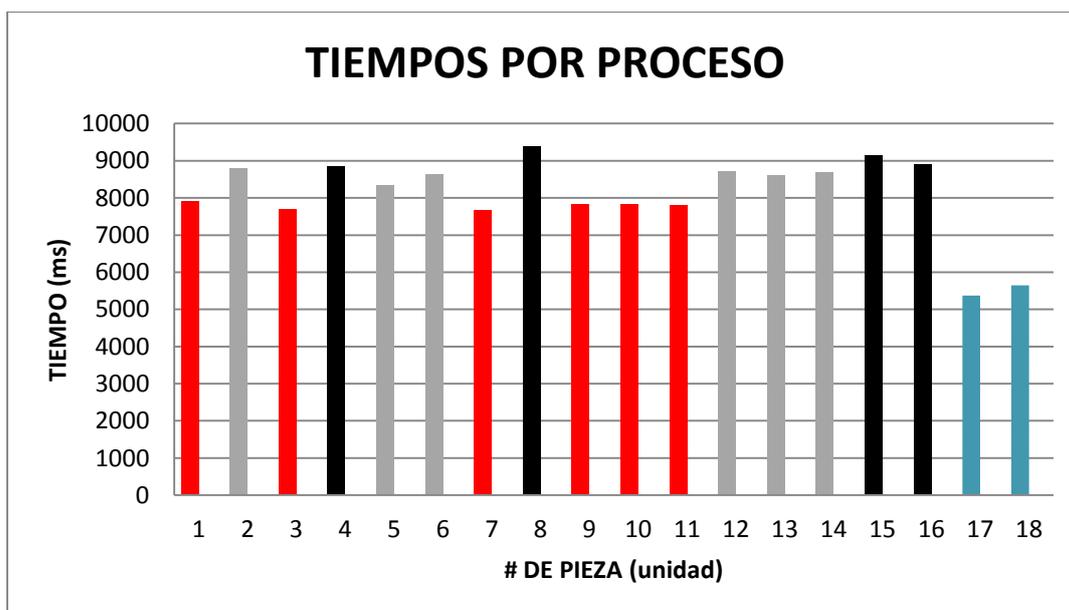


Figura 73. Resultado gráfico de los tiempos por proceso.

6.1.2. Tiempo de operación.

La Tabla 18, muestra el tiempo de operación de las dieciocho piezas. Este tiempo se caracteriza porque incluye el tiempo de paradas no planificadas en todo el proceso, paradas que corresponden a demoras que se presentan en los módulos de manufactura como por ejemplo cuando los sensores no detectan rápidamente la presencia de una pieza. El tiempo de operación inicia desde que la pieza se encuentra en el punto A hasta el punto E y a ese tiempo se le sumará según corresponda el tiempo de clasificación ya sea el tiempo E-Negro, E-Rojo o E-Plomo.

Se sumaron los dieciocho tiempos de operación totales dando un tiempo de 250532 ms, es decir que el sistema proceso las dieciocho piezas en 4,2 minutos.

Tabla 18

Resultados de la implementación-Tiempo de operación.

TIEMPO DE OPERACIÓN (ms)					
#	A-E	E-ROJA	E-PLOMA	E-NEGRA	TIEMPO TOTAL
1	12278	1498	0	0	13776
2	12180	0	2240	0	14420
3	12051	1439	0	0	13490
4	11872	0	0	2757	14629
5	11960	0	2118	0	14078
6	12677	0	2289	0	14966
7	11946	1450	0	0	13396
8	13096	0	0	2740	15836
9	12813	1419	0	0	14232
10	12777	1428	0	0	14205
11	11929	1528	0	0	13457
12	12719	0	2289	0	15008
13	12748	0	2139	0	14887

14	12652	0	2360	0	15012
15	12812	0	0	2708	15520
16	11861	0	0	2729	14590
17	9414	0	0	0	9414
18	9616	0	0	0	9616
TOTAL(ms)					250532

La Figura 74 representa gráficamente los tiempos de operación totales de cada pieza procesada en el sistema de manufactura flexible. Se observa que en los tiempos de operación no existe la influencia sobre la distancia desde el punto E a la rampa de clasificación E-Negro, E-Rojo o E-Plomo según corresponda a cada pieza, debido a las paradas no programadas, las mismas que son diferentes para cada pieza. Además, se puede observar los dos tiempos mínimos los cuales corresponden a las piezas (pieza #17 y 18) que no cumplieron con las especificaciones y fueron rechazadas en la estación de verificación.

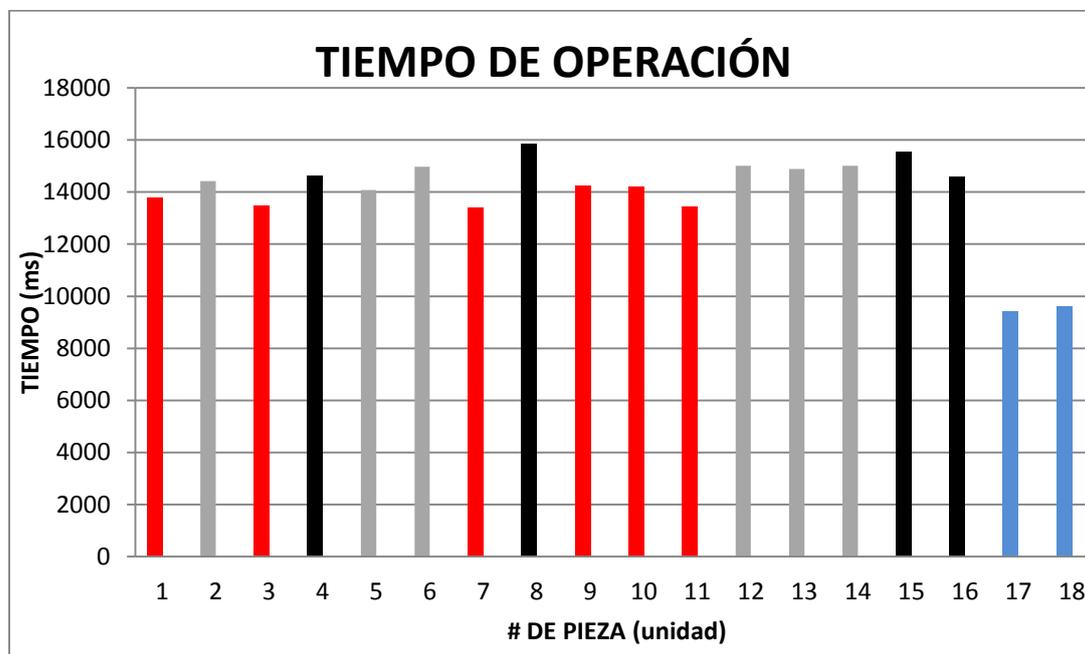


Figura 74. Resultado gráfico de los tiempos de operación.

6.2. Control de Calidad.

La Tabla 19 detalla la cantidad de piezas proporcionando los siguientes resultados: ingresaron un total de dieciocho piezas, de las cuales dieciséis fueron aceptadas y dos rechazadas por no haber cumplido con las especificaciones en cuanto a su tamaño, hubieron seis piezas rojas, seis plomas y se contabilizaron seis negras de las cuales dos fueron rechazadas y cuatro aceptadas.

Tabla 19

Resultados - Cantidad de piezas.

CANTIDAD DE PIEZAS					
TOTAL	ASIGNACIÓN		COLOR		
	ACEPTADAS	RECHAZADAS	ROJO	PLOMO	NEGRO
18	16	2	6	6	6

A partir de la Tabla 20 se puede observar en porcentaje la cantidad de piezas facilitando los siguientes resultados: del 100% de las piezas que ingresaron al sistema de manufactura flexible el 89% fueron piezas aceptadas y el 11% fueron piezas rechazadas, además en cuanto al color hubo una participación del 33% para las piezas de color rojo, 33% para las piezas de color plomo y un 33% para las piezas de color negro.

Tabla 20

Resultados - Cantidad de piezas en %.

CANTIDAD DE PIEZAS EN %					
TOTAL	ASIGNACIÓN		COLOR		
	ACEPTADAS	RECHAZADAS	ROJO	PLOMO	NEGRO
100%	89%	11%	33%	33%	33%

La Figura 75 representa gráficamente los valores obtenidos en cuanto a la cantidad de piezas, se puede observar que ingresaron un total de dieciocho

piezas, en donde dieciséis fueron piezas aceptadas y dos piezas fueron rechazadas del sistema de manufactura flexible.

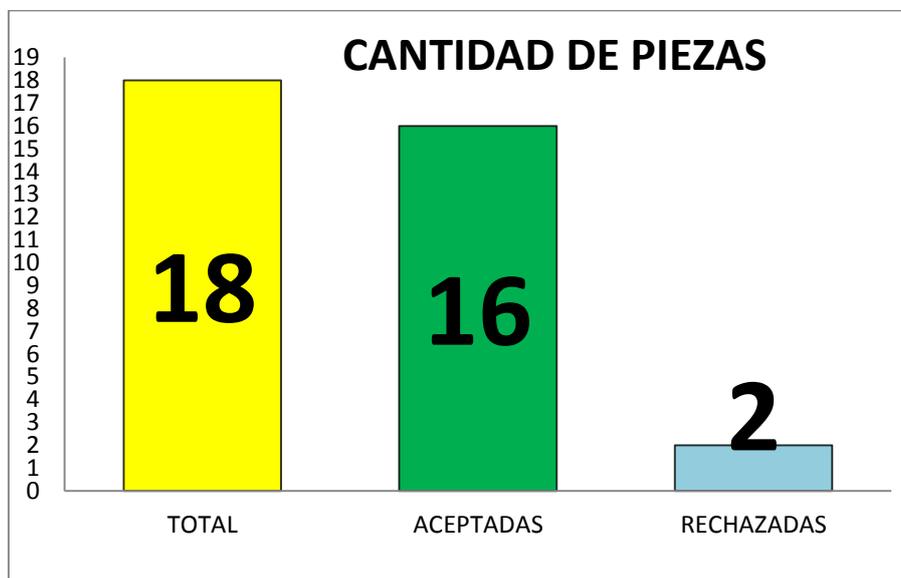


Figura 75. Resultados gráfico - cantidad de piezas.

La Figura 76 representa gráficamente los valores obtenidos en cuanto a la cantidad de piezas por color, se puede observar que ingresaron un total de seis piezas de color rojo, seis piezas de color plomo y seis piezas de color negro, dando el total de dieciocho piezas.

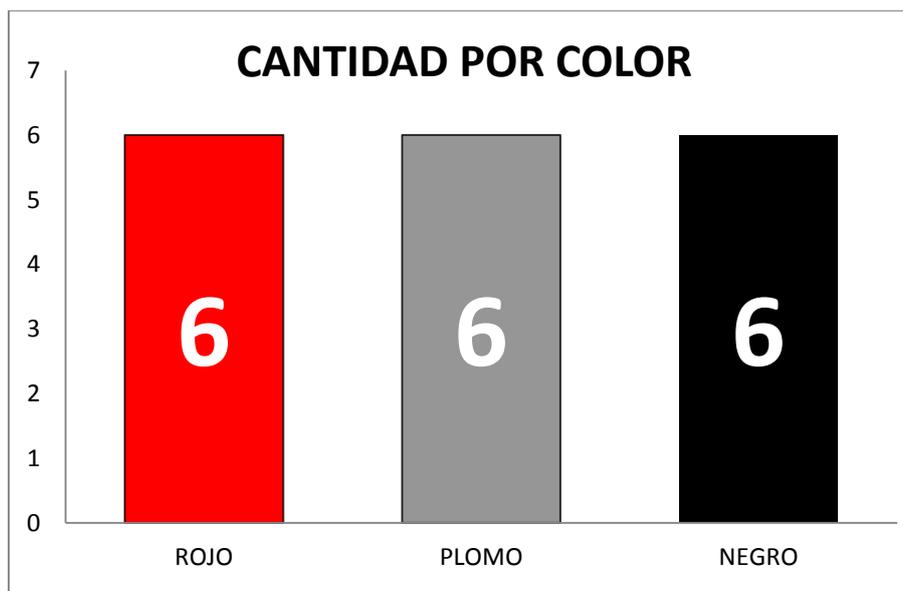


Figura 76. Resultados gráfico - cantidad de piezas por color.

6.3. Parámetros de desempeño del sistema.

Los parámetros de desempeño utilizados para el análisis de la eficiencia del sistema de manufactura flexible son: disponibilidad de la máquina, rendimiento, calidad y OEE. El análisis de estos parámetros y sus respectivos cálculos se realizaron en relación con los valores obtenidos de las variables expuestas anteriormente.

6.3.1. Disponibilidad de la maquina (Módulos de manufactura flexible).

El parámetro disponibilidad de la máquina nos indicará el tiempo que la maquina está funcionando como debe en relación con el tiempo total previsto para su funcionamiento y te obtendrá a partir de la Ecuación 1.

$$\% \text{ Disponibilidad Maq} = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo total de trabajo}} \times 100\%$$

Los módulos de manufactura flexible procesaron las dieciocho piezas en 250532 milisegundos es decir que el tiempo total de trabajo fue de 4,2 minutos. A partir de la diferencia entre el tiempo de operación total cuyo valor es de 4,2 minutos y el tiempo por proceso total cuyo valor es de 2,4 minutos podemos obtener el tiempo de paradas no programadas dando como resultado 1,7 minutos. El tiempo productivo se obtiene de la diferencia entre el tiempo total de trabajo es decir 4,2 minutos y el tiempo de paradas no programadas cuyo valor es de 1,7 minutos, dando un valor de 2,4 minutos. Por lo tanto se tiene que:

$$\% \text{ Disponibilidad Maq} = \frac{2,4 \text{ minutos}}{4,2 \text{ minutos}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Disponibilidad Maq} = 58,2\%$$

Se obtiene que la disponibilidad de los módulos de manufactura flexible es del 58,2%.

6.3.2. Rendimiento

El rendimiento de la máquina es el índice que mide las pérdidas derivadas por el mal funcionamiento de la máquina y se obtendrá a partir de la Ecuación 2.

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento de la Maq \%} \\ = \frac{t_{\text{ciclo ideal}} \times \text{Total de unidades producidas}}{\text{Tiempo productivo}} \times 100\% \end{aligned}$$

Los módulos de manufactura flexible procesaron dieciocho piezas que corresponden a al total de unidades producidas. El tiempo de ciclo se adquiere a partir de la división entre el tiempo por proceso total que alcanza los 2,4 minutos y las piezas entrantes que son dieciocho resultando un tiempo de ciclo de 0,14 minutos. El tiempo productivo como ya se determinó para el análisis de la disponibilidad de la maquina es de 2,4 minutos. Por lo tanto, se tiene que:

$$\text{Rendimiento de la Maq \%} = \frac{0,14 \times 18}{2,4} \times 100\%$$

$$\text{Rendimiento de la Maq \%} = 100\%$$

Se obtiene que el rendimiento de los módulos de manufactura flexible es del 100%.

6.3.3. Calidad

El factor calidad mide cuantas piezas buenas se han fabricado respecto del total de la producción realizada y se obtendrá a partir de la Ecuación 3.

$$\text{Calidad \%} = \frac{\text{Unidades aceptadas}}{\text{Total de unidades producidas}} \times 100\%$$

Los módulos de manufactura flexible procesaron dieciocho piezas que corresponden al total de unidades entrantes, de las cuales dieciséis fueron piezas aceptadas y dos fueron piezas rechazadas por lo tanto se tiene que:

$$\text{Calidad \%} = \frac{16 \text{ piezas}}{18 \text{ piezas}} \times 100\%$$

$$\text{Calidad \%} = 88,9\%$$

Se obtiene que el parámetro de calidad en los módulos de manufactura flexible es del 88,9%.

6.3.4. OEE (Eficiencia Global de Equipos)

La OEE es el indicador que calcula la eficacia de las maquinas en la industria. Este indicador se va a calcular a partir de los siguientes factores: disponibilidad, rendimiento y calidad, mismos que ya fueron calculados con anterioridad, por lo tanto para estimar la OEE se aplica la Ecuación 4

$$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

Los módulos de manufactura flexible tienen una disponibilidad del 58,2%, su rendimiento fue del 100% y la calidad del 88,9%, por lo tanto, se tiene que:

$$OEE = 58,2\% \times 100\% \times 88,9\%$$

$$OEE = 52\%$$

El indicador OEE en los módulos de manufactura flexible se tiene que es del 52%.

Mediante la aplicación de la tabla de la Figura 14 se puede clasificar a la maquina como "INACEPTABLE" debido a que su indicar OEE es menor del 65%.

Todos los resultados de los parámetros de desempeño se obtendrán automáticamente en la interfaz de monitoreo en Excel como se muestra en la Figura 77.



Figura 77. Resultados – Parámetros de desempeño en la interfaz.

En valor de desempeño OEE en esta oportunidad resulto muy bajo porque que existe una diferencia significativa en cuando el tiempo de proceso total de cada pieza que sería en tiempo ideal de producción y el tiempo de operación, la diferencia obtenida se refiere a los tiempos muertos o paradas no planificadas que se producen dentro del sistema de manufactura, esto ocurre debido a que cada pieza es diferente en cuanto al tamaño, peso y condición física (porosidades, hueca, etc.) entonces influyen considerablemente en la toma de datos.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1. Conclusiones.

Existen múltiples posibilidades de comunicación para el monitoreo de procesos, se ha elegido el desarrollo e implementación de una interfaz gráfica de usuario en Microsoft Excel por libre acceso y por su compatibilidad con el software OPC KepServer v5.

La interfaz desarrollada es de uso sencillo y amigable para el estudiante, cuenta con botones de mando para su manejo, tablas y graficas que se irán actualizando en tiempo real.

La interfaz implementada para el monitoreo de los procesos en los módulos de manufactura flexible FESTO cumple con todos los requisitos, parámetros y objetivos planteados desde el inicio de este proyecto de tesis.

Las variables adquiridas para la evaluación del desempeño del sistema comprenden tiempos por procesos, tiempo de operación y cantidades que permiten evidenciar el funcionamiento del sistema considerando las diversas situaciones que se pueden presentar o crear en los módulos de manufactura flexible.

Los resultados obtenidos luego de la verificación de todos los elementos que conforman el sistema fueron positivos, todos los dispositivos y software utilizados trabajan de forma adecuada.

En valor de desempeño OEE resultará variables en toda ocasión, debido a que existe una diferencia significativa en cuando al tiempo de proceso total de cada pieza que sería en tiempo ideal de producción y el tiempo de operación, la diferencia obtenida se refiere a los tiempos muertos o paradas no planificadas que se producen dentro del sistema de manufactura, esto ocurre debido a que cada pieza es diferente en cuanto al tamaño, peso y condición física (porosidades, hueca, etc.) entonces influyen considerablemente en los datos.

La interfaz de monitoreo ofrece resultados con fines didácticos, permite que los estudiantes empleen conceptos, experimenten, analicen o propongan alternativas de mejora de acuerdo con lo visualizado en el sistema

La interfaz de monitoreo desarrollada e implementada ofrece características similares a las del control visual Andon, que corresponde a un sistema utilizado como complemento de las metodologías 5'S, eliminación de desperdicios y SMED, la cual se aplica en procesos donde se identifican oportunidades de mejora con la finalidad de llevar a cabo acciones y toma de decisiones.

7.2. Recomendaciones.

Todos los archivos realizados para desarrollar la interfaz permiten extender la aplicación para los demás módulos disponibles en el laboratorio de la carrera, de tal manera que una vez entregado este proyecto de titulación será responsabilidad del docente encargado y estudiantes, leer detenidamente este trabajo para poder observar a detalle las consideraciones a tomar en cuenta, con la finalidad de comprender su funcionamiento para su adecuado uso.

Para el correcto funcionamiento del sistema, los módulos de distribución, verificación y clasificación deben estar correctamente alineados, se deberá realizar revisiones periódicas, ajustes y mantenimiento, con la finalidad de que la pieza avance de manera adecuada durante todo el proceso y la adquisición de los datos de las variables no sea interrumpida.

Antes de energizar el PLC y sus módulos maestros AS-interface y Master Profibus se debe comprobar que la fuente de alimentación para cada uno sean las correctas.

Para el funcionamiento de la interfaz el PLC S7-1200 y sus maestros deben de presentar indicadores verdes, de lo contrario se recomienda analizar el módulo de manufactura correspondiente con la finalidad de corregir el error.

REFERENCIAS

- Andon Control visual. (s. f.). Definición de Andon. Recuperado el 17 de julio de 2017 de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/andon-control-visual/>
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2006). ISO 9241-110: Ergonomía de interacción persona-sistema. Parte 110, Principios de diálogo: (ISO 9241-110:2006. Recuperado el 31 de enero de 2017 de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-110:ed-1:v1:en>
- Belohlavek, P. (2010). *OEE: Overall Equipment Effectiveness*. Blue Eagle Group.
- Benjamin C. Kuo. (2012). *Sistemas de Control Automáticos* (7ma ed.). Mexico: Edimsa S.A.
- OEE. (s. f.). Introducción OEE. Recuperado el 11 de junio de 2017 de <http://www.sistemasoe.com/oe/85-para-principiantes/98-calcular-oe>
- Cangui, A. y Villacís, K. (2013, enero). Diseño e implementación de un sistema SCADA para monitoreo del grupo electrógeno de la estación Cotopaxi del instituto espacial ecuatoriano. Escuela Politécnica Nacional, Quito. Recuperado el 22 de junio de 2017 de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/-5623/1/CD-4647.pdf>
- De Castro, C. y Romero, C. (2011). Introducción a SCADA. Recuperado el 25 de junio de 2017 de <http://www.uco.es/investiga/grupos-/eatco/automatica/i/m/descargar/scada.pdf>
- Educación Superior: OEE (s. f.). Como calcular la OEE. Recuperado el 11 de junio de 2017 de <http://profesorjuanhdez.blogspot.com/2015/03/oe-overall-equipment-effectiveness-o.html>
- El PLC. (2012). Introducción al PLC. Recuperado el 2 de febrero de 2017 de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>
- Festo Didactic. (s. f.). Estación de Clasificación: MPS® - Festo Didactic. Recuperado el 1 de febrero de 2017 de <http://www.festo-didactic.com/mx-es/learning-systems/mps-sistema-de-produccion->

- modular/estaciones/estacion-de-clasificacionfinal.htm?fbid=bXguZXMuNTY0LjE0LjE4LjYwNi4zOTQ4
- Festo Didactic. (s. f.). Estación de Distribución: MPS®- Festo Didactic. Recuperado el 1 de febrero de 2017 de <http://www.festo-didactic.com/mx-es/learning-systems/mps-sistema-de-produccion-modular/estaciones/estacion-de-distribucion-mps-para-empezar.htm?fbid=bXguZXMuNTY0LjE0LjE4LjYwNi4zOTQz>
- Festo Didactic. (s. f.). Estación de Verificación: MPS® - Festo Didactic. Recuperado el 1 de febrero de 2017 de <http://www.festo-didactic.com/mx-es/learning-systems/mps-sistema-de-produccion-modular/estaciones/estacion-de-verificacion-enfocada-a-sensores.htm?fbid=bXguZXMuNTY0LjE0LjE4LjYwNi4zOTQ0>
- Higuera, A. G. (2005). El control automático en la industria. Universidad de Castilla La Mancha.
- Klenner, I., Salazar, B. y Salazar, R. (2012). Puerto Ethernet. Recuperado el 15 mayo de 2017 de <http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo322/1s12/project-reports/KlennerSalazarSalazar.pdf>
- Rodríguez, A. (2007). Sistemas SCADA (2da ed.). Marcombo.
- Rodríguez, A. (2004). Célula de Fabricación Flexible, MPS-C Estación 4: Manipulación. Recuperado de 22 de junio de 2017 de <https://www.yumpu.com/es/document/view/45857624/celula-de-fabricacion-flexible-mps-c-estacion-4-manipulacion-4>
- SCI- Procesos de Control y Automatización. (s. f.). Control en la automatización. Recuperado el 31 de enero de 2017 de <http://www.sistemasdecontrolindustrial.com/control%20y%20automatizacion.html>
- Siemens AG. (2009). Manual del sistema-S71200. Recuperado el 30 de junio de 2017 de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion-simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>
- Siemens AG. (2012). SIMATIC STEP 7 en el Totally integrated Automation Portal. Recuperado el 30 de junio de 2017 de <https://www.automation-portal.com>

.siemens.com/salesmaterialas/brochure/es/brochure_simatic-step7_tia-portal_es.pdf

Solé, A. C. (2010). Instrumentación industrial. Marcombo.

Villacrés, J. (2015). Interfaz hombre-máquina para el monitoreo y control de los sistemas de automatización de la planta de producción acería en la empresa Novacero s.a. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Recuperado el 29 de junio de 2017 de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/15034>

ANEXOS

ANEXO 1

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PLC S7-120

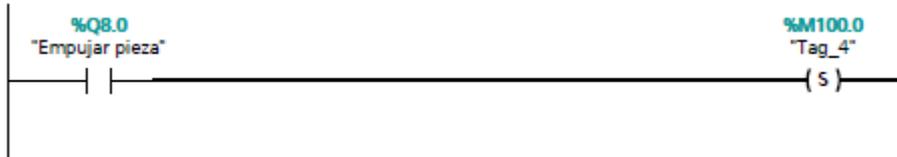
Datos técnicos			
Modelo	CPU 1214C AC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/DC
Ampliación con Signal Boards	1 SB máx.		
Ampliación con módulos de comunicación	3 CMs máx.		
Contadores rápidos	6 en total Fase simple: 3 a 100 kHz y 3 a 30 kHz de frecuencia de reloj Fase en cuadratura: 3 a 80 kHz y 3 a 20 kHz de frecuencia de reloj		
Salidas de impulsos	2		
Entradas de captura de impulsos	14		
Alarmas de retardo/cíclicas	4 en total con resolución de 1 ms		
Alarmas de flanco	12 ascendentes y 12 descendentes (14 y 14 con Signal Board opcional)		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Precisión del reloj en tiempo real	+/- 60 segundos/mes		
Tiempo de respaldo del reloj en tiempo real	10 días típ./6 días mín. a 40°C (condensador de alto rendimiento sin mantenimiento)		
Rendimiento			
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución de transferencia de palabras	12 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Comunicación			
Número de puertos	1		
Tipo	Ethernet		
Conexiones	<ul style="list-style-type: none"> • 3 para HMI • 1 para la programadora • 8 para instrucciones Ethernet en el programa de usuario • 3 para CPU a CPU 		
Transferencia de datos	10/100 Mb/s		
Aislamiento (señal externa a lógica del PLC)	Aislado por transformador, 1500 V DC		
Tipo de cable	CAT5e apantallado		
Fuente de alimentación			
Rango de tensión	85 a 264 V AC	20,4 a 28,8 V DC	
Frecuencia de línea	47 a 63 Hz	--	
Intensidad de entrada CPU sólo a carga máx.	100 mA a 120 V AC 50 mA a 240 V AC	500 mA a 24 V DC	
CPU con todos los accesorios de ampliación a carga máx.	300 mA a 120 V AC 150 mA a 240 V AC	1500 mA a 24 V DC	
Corriente de irrupción (máx.)	20 A a 264 V AC	12 A a 28,8 V DC	
Aislamiento (potencia de entrada a lógica)	1500 V AC	Sin aislamiento	
Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional	0,5 mA máx.	-	

Tomado de: (Siemens AG, 2009)

ANEXO 2

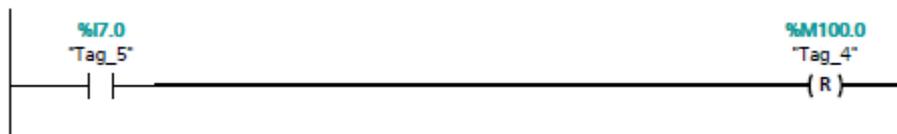
PROGRAMACIÓN Y DECLARACION DE VARIABLES EN EL SOFTWARE TIA PORTAL V13 (version demostrativa)

Network 5:



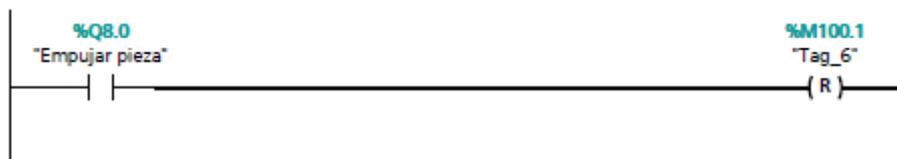
Símbolo	Dirección	Tipo
"Empujar pieza"	%Q8.0	Bool
"Tag_4"	%M100.0	Bool

Network 6:



Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_4"	%M100.0	Bool
"Tag_5"	%I7.0	Bool

Network 7:



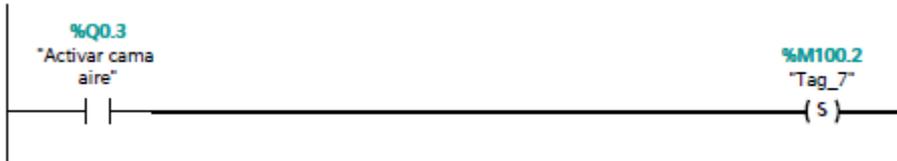
Símbolo	Dirección	Tipo
"Empujar pieza"	%Q8.0	Bool
"Tag_6"	%M100.1	Bool

Network 8:



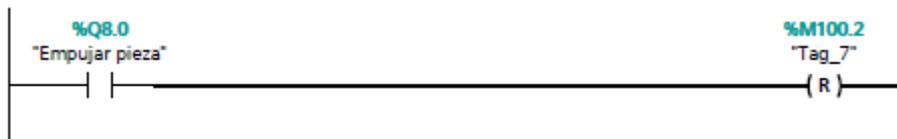
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_6"	%M100.1	Bool
"Tope superior"	%I0.4	Bool

Network 9:



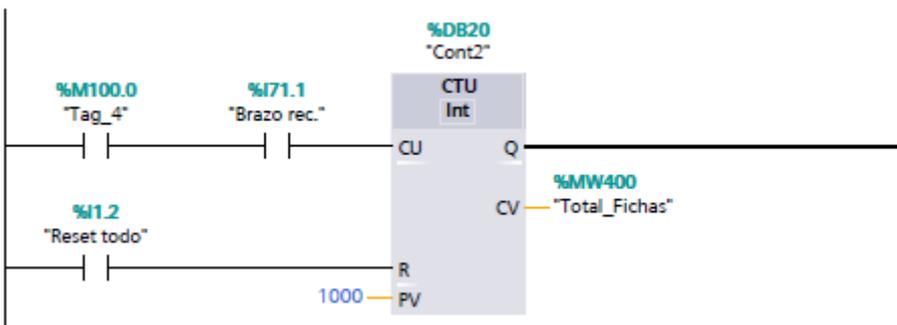
Símbolo	Dirección	Tipo
"Activar cama aire"	%Q0.3	Bool
"Tag_7"	%M100.2	Bool

Network 10:



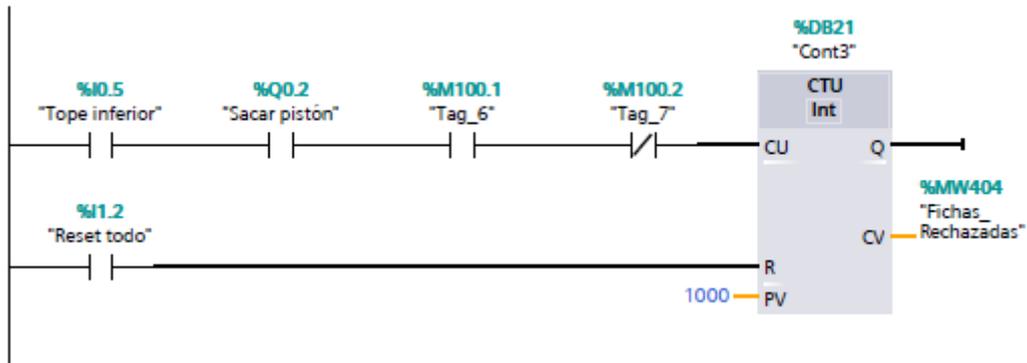
Símbolo	Dirección	Tipo
"Empujar pieza"	%Q8.0	Bool
"Tag_7"	%M100.2	Bool

Network 11:



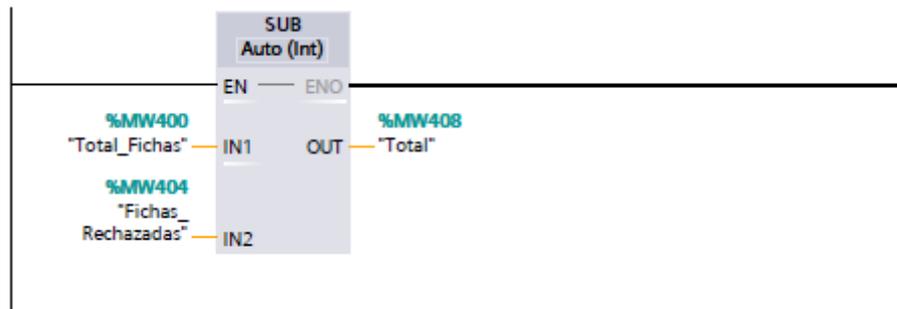
Símbolo	Dirección	Tipo
"Brazo rec."	%I71.1	Bool
"Reset todo"	%I1.2	Bool
"Tag_4"	%M100.0	Bool
"Total_Fichas"	%MW400	Int

Network 12:



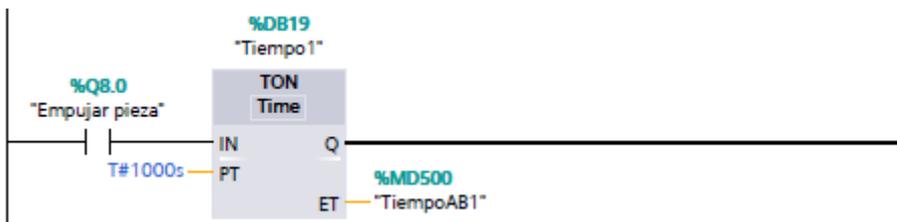
Símbolo	Dirección	Tipo
"Fichas_Rechazadas"	%MW404	Int
"Reset todo"	%I1.2	Bool
"Sacar pistón"	%Q0.2	Bool
"Tag_6"	%M100.1	Bool
"Tag_7"	%M100.2	Bool
"Tope inferior"	%I0.5	Bool

Network 13:



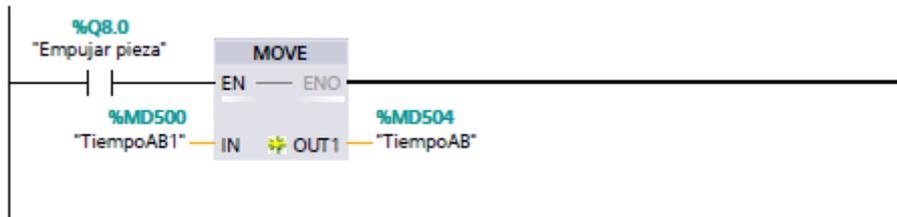
Símbolo	Dirección	Tipo
"Fichas_Rechazadas"	%MW404	Int
"Total"	%MW408	Int
"Total_Fichas"	%MW400	Int

Network 14:



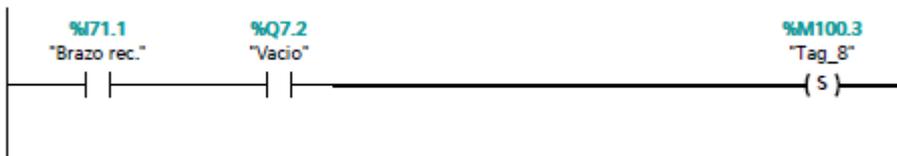
Símbolo	Dirección	Tipo
"Empujar pieza"	%Q8.0	Bool
"TiempoAB1"	%MD500	Time

Network 15:



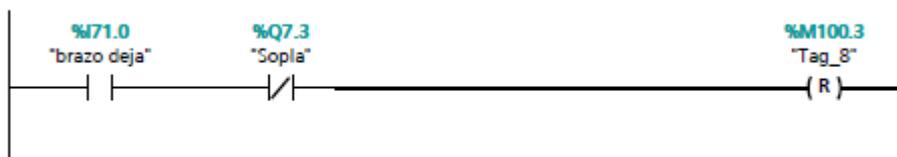
Símbolo	Dirección	Tipo
"Empujar pieza"	%Q8.0	Bool
"TiempoAB1"	%MD500	Time
"TiempoAB"	%MD504	DWord

Network 16:



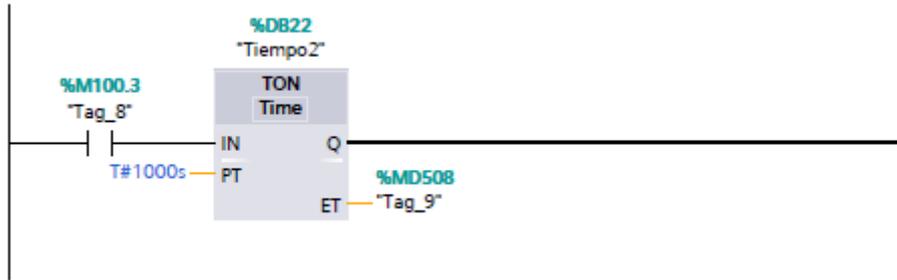
Símbolo	Dirección	Tipo
"Brazo rec."	%I71.1	Bool
"Tag_8"	%M100.3	Bool
"Vacio"	%Q7.2	Bool

Network 17:



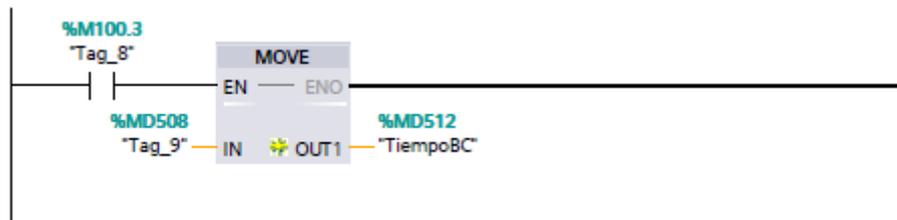
Símbolo	Dirección	Tipo
"brazo deja"	%I71.0	Bool
"Sopla"	%Q7.3	Bool
"Tag_8"	%M100.3	Bool

Network 18:



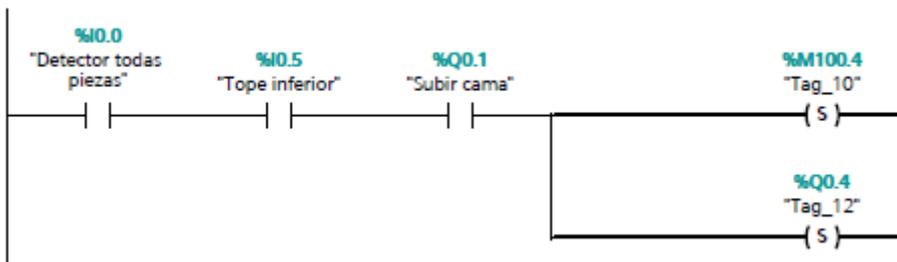
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_8"	%M100.3	Bool
"Tag_9"	%MD508	Time

Network 19:



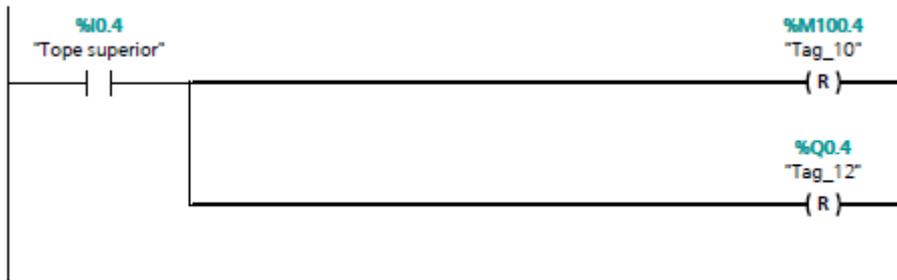
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_8"	%M100.3	Bool
"Tag_9"	%MD508	Time
"TiempoBC"	%MD512	Time

Network 20:



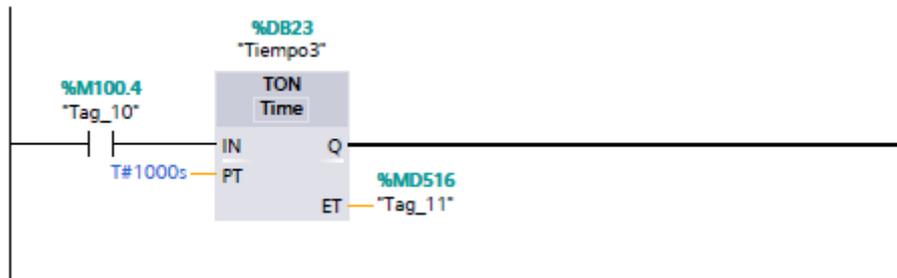
Símbolo	Dirección	Tipo
"Detector todas piezas"	%I0.0	Bool
"Subir cama"	%Q0.1	Bool
"Tag_10"	%M100.4	Bool
"Tag_12"	%Q0.4	Bool
"Tope inferior"	%I0.5	Bool

Network 21:



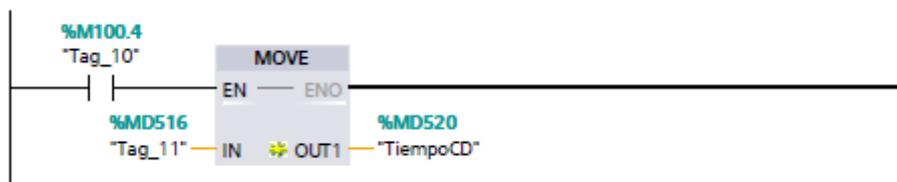
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_10"	%M100.4	Bool
"Tag_12"	%Q0.4	Bool
"Tope superior"	%I0.4	Bool

Network 22:



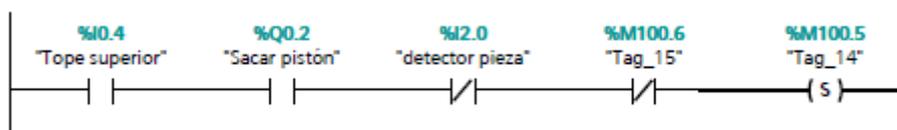
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_10"	%M100.4	Bool
"Tag_11"	%MD516	Time

Network 23:



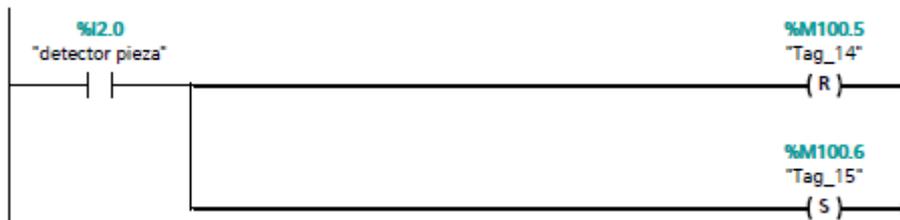
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_10"	%M100.4	Bool
"Tag_11"	%MD516	Time
"TiempoCD"	%MD520	Time

Network 24:



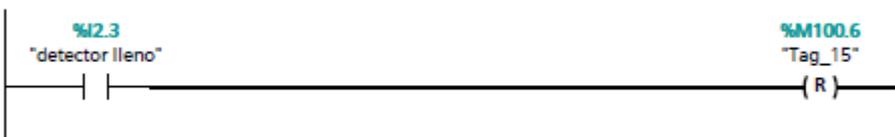
Símbolo	Dirección	Tipo
"Sacar pistón"	%Q0.2	Bool
"Tag_14"	%M100.5	Bool
"Tag_15"	%M100.6	Bool
"Tope superior"	%I0.4	Bool

Network 25:



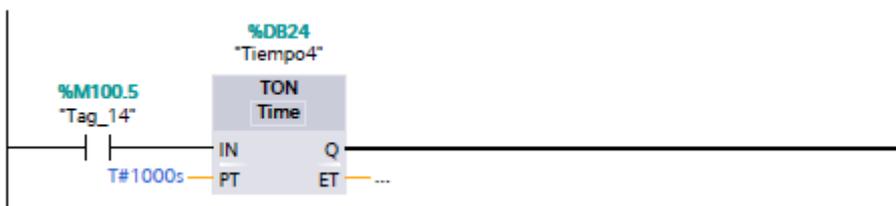
Símbolo	Dirección	Tipo
"detector pieza"	%I2.0	Bool
"Tag_14"	%M100.5	Bool
"Tag_15"	%M100.6	Bool

Network 26:



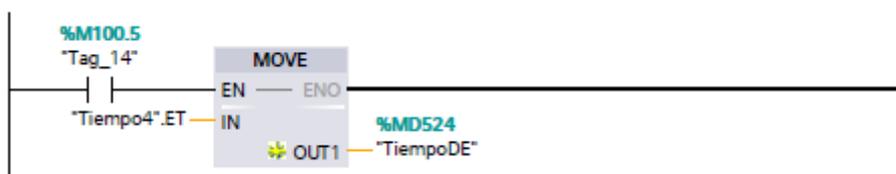
Símbolo	Dirección	Tipo
"detector lleno"	%I2.3	Bool
"Tag_15"	%M100.6	Bool

Network 27:



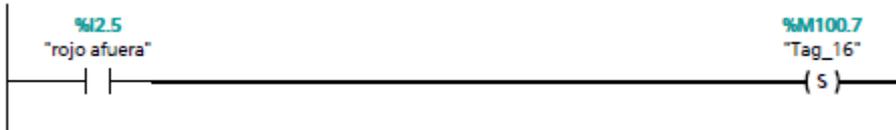
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_14"	%M100.5	Bool

Network 28:



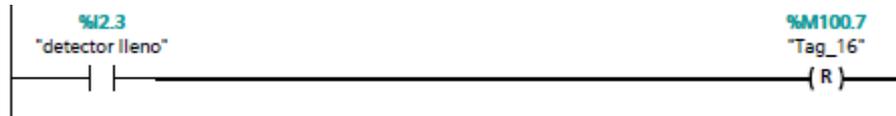
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_14"	%M100.5	Bool
"Tiempo4".ET		Time
"TiempoDE"	%MD524	Time

Network 29:



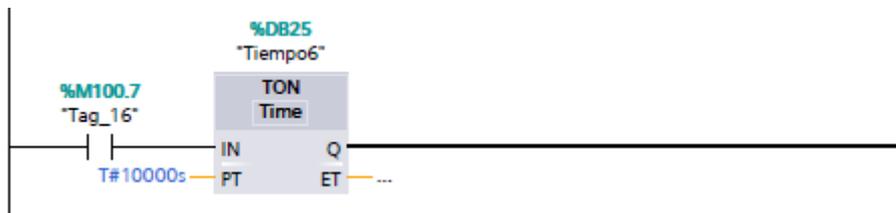
Símbolo	Dirección	Tipo
"rojo afuera"	%I2.5	Bool
"Tag_16"	%M100.7	Bool

Network 30:



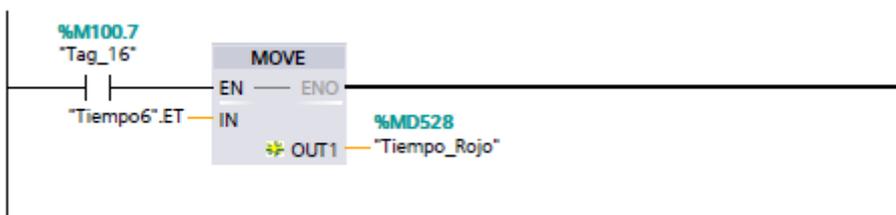
Símbolo	Dirección	Tipo
"detector lleno"	%I2.3	Bool
"Tag_16"	%M100.7	Bool

Network 31:



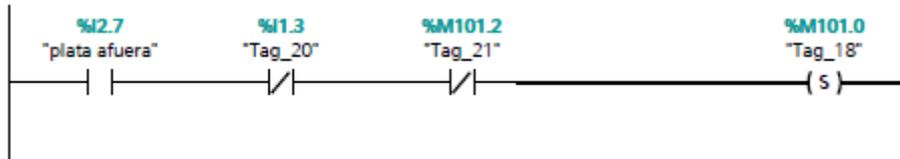
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_16"	%M100.7	Bool

Network 32:



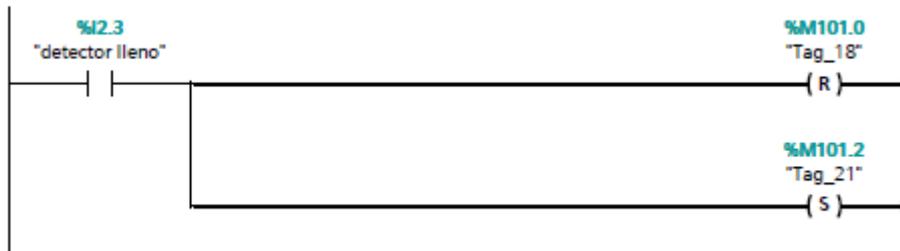
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_16"	%M100.7	Bool
"Tiempo6".ET		Time
"Tiempo_Rojo"	%MD528	Time

Network 33:



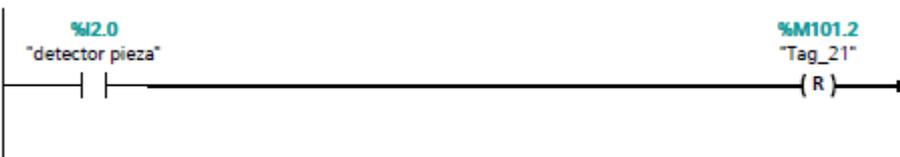
Símbolo	Dirección	Tipo
"plata afuera"	%I2.7	Bool
"Tag_18"	%M101.0	Bool
"Tag_20"	%I1.3	Bool
"Tag_21"	%M101.2	Bool

Network 34:



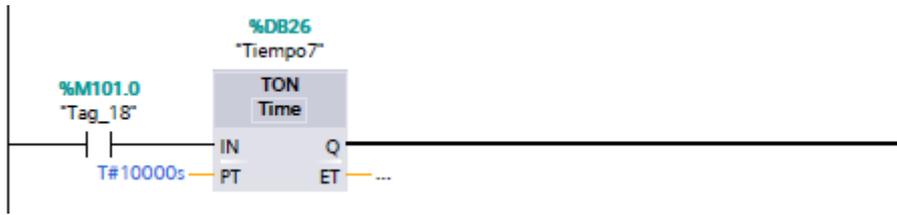
Símbolo	Dirección	Tipo
"detector lleno"	%I2.3	Bool
"Tag_18"	%M101.0	Bool
"Tag_21"	%M101.2	Bool

Network 35:



Símbolo	Dirección	Tipo
"detector pieza"	%I2.0	Bool
"Tag_21"	%M101.2	Bool

Network 36:



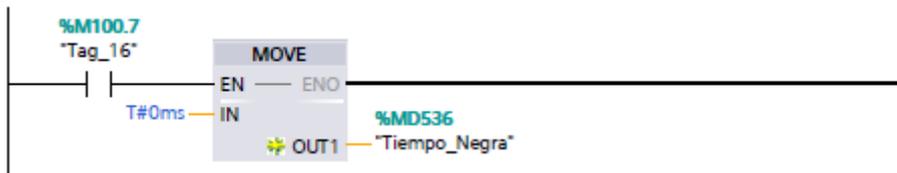
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_18"	%M101.0	Bool

Network 37:



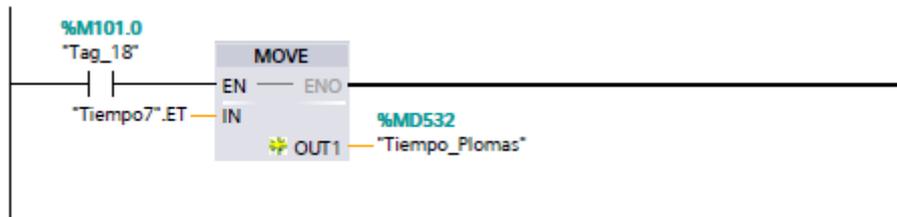
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_18"	%M101.0	Bool
"Tiempo_Negra"	%MD536	Time

Network 38:



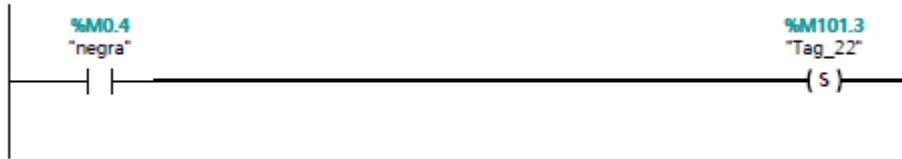
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_16"	%M100.7	Bool
"Tiempo_Negra"	%MD536	Time

Network 39:



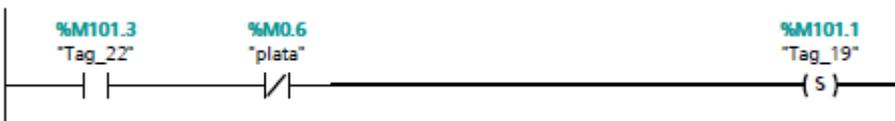
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_18"	%M101.0	Bool
"Tiempo7".ET		Time
"Tiempo_Plomas"	%MD532	Time

Network 40:



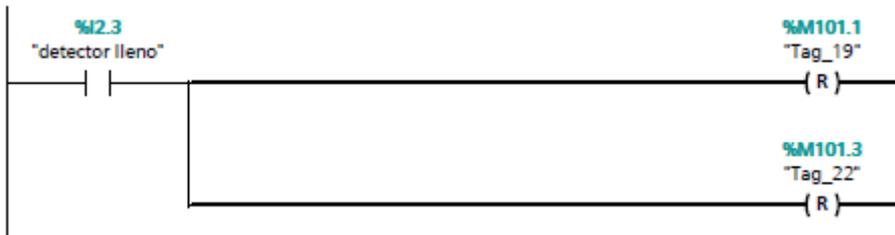
Símbolo	Dirección	Tipo
"negra"	%M0.4	Bool
"Tag_22"	%M101.3	Bool

Network 41:



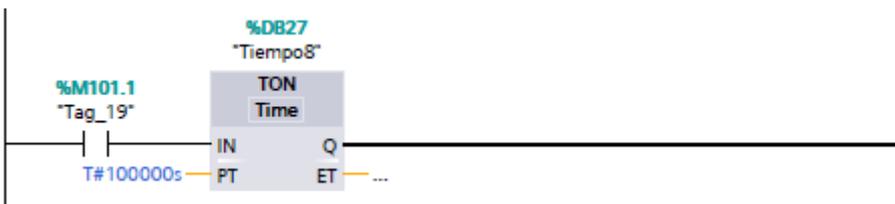
Símbolo	Dirección	Tipo
"plata"	%M0.6	Bool
"Tag_19"	%M101.1	Bool
"Tag_22"	%M101.3	Bool

Network 42:



Símbolo	Dirección	Tipo
"detector lleno"	%I2.3	Bool
"Tag_19"	%M101.1	Bool
"Tag_22"	%M101.3	Bool

Network 43:



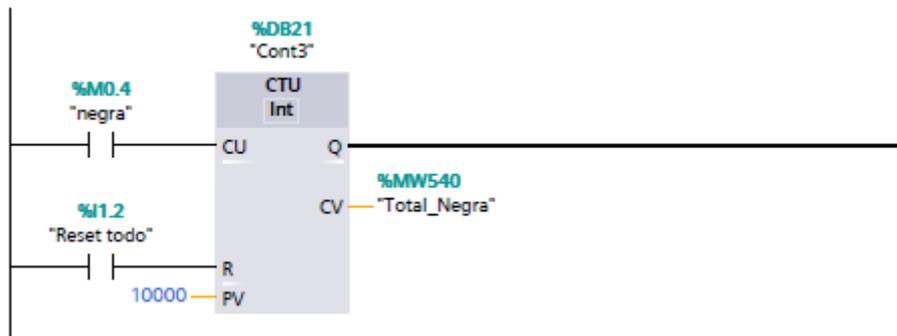
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_19"	%M101.1	Bool

Network 44:



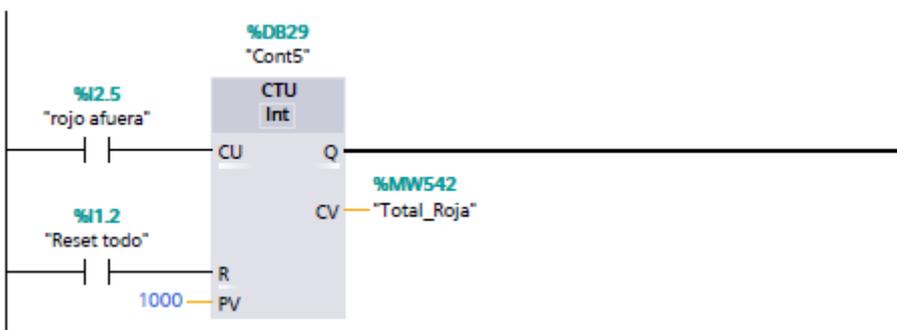
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_19"	%M101.1	Bool
"Tiempo8".ET		Time
"Tiempo_Negra"	%MD536	Time

Network 45:



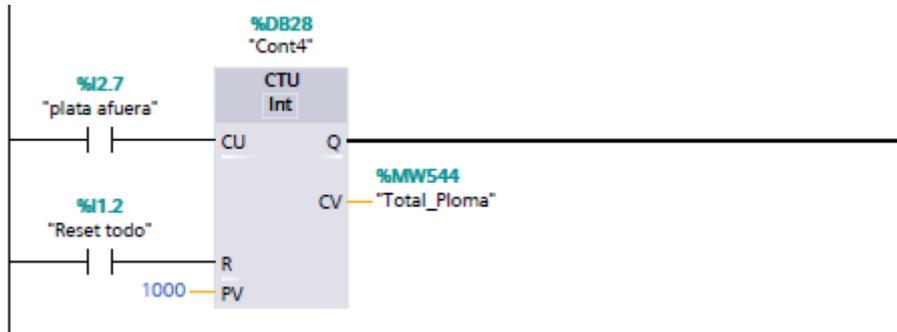
Símbolo	Dirección	Tipo
"negra"	%M0.4	Bool
"Reset todo"	%I1.2	Bool
"Total_Negra"	%MW540	Word

Network 46:



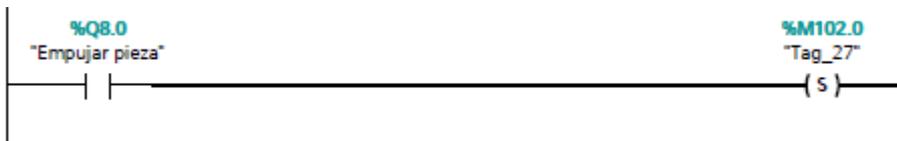
Símbolo	Dirección	Tipo
"Reset todo"	%I1.2	Bool
"rojo afuera"	%I2.5	Bool
"Total_Roja"	%MW542	Word

Network 47:



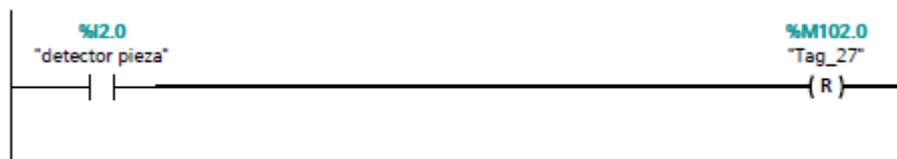
Símbolo	Dirección	Tipo
"plata afuera"	%I2.7	Bool
"Reset todo"	%I1.2	Bool
"Total_Ploma"	%MW544	Word

Network 48:



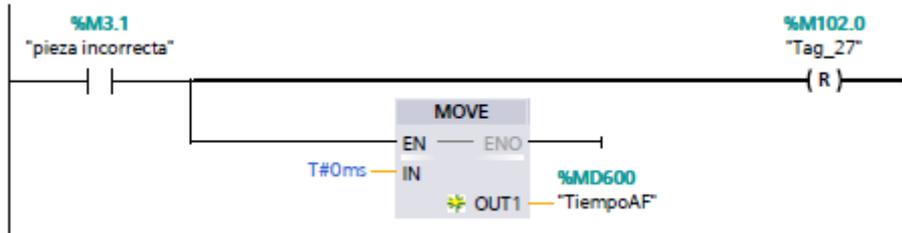
Símbolo	Dirección	Tipo
"Empujar pieza"	%Q8.0	Bool
"Tag_27"	%M102.0	Bool

Network 49:



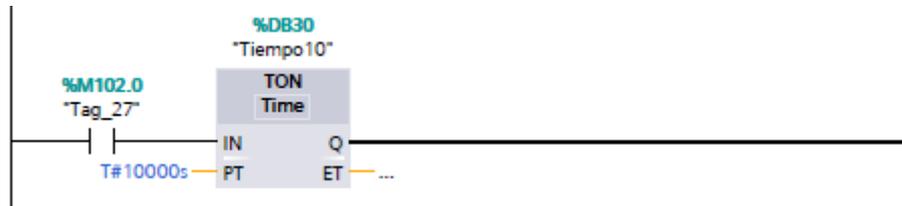
Símbolo	Dirección	Tipo
"detector pieza"	%I2.0	Bool
"Tag_27"	%M102.0	Bool

Network 50: Rechazo tiempo



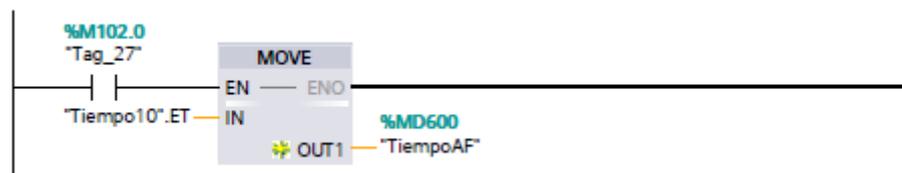
Símbolo	Dirección	Tipo
"pieza incorrecta"	%M3.1	Bool
"Tag_27"	%M102.0	Bool
"TiempoAF"	%MD600	Time

Network 51:



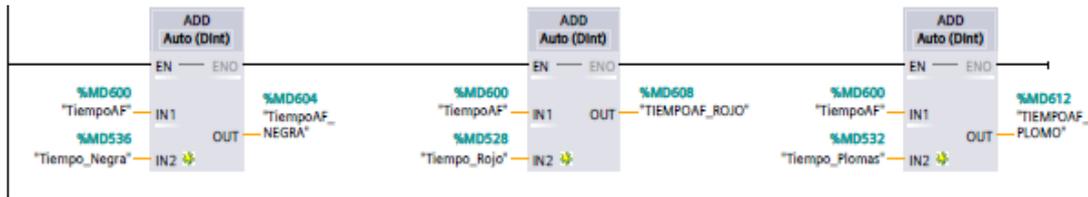
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_27"	%M102.0	Bool

Network 52:



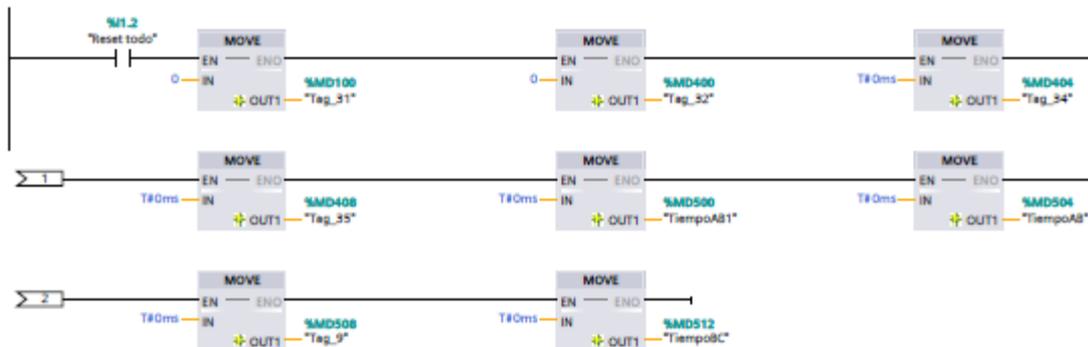
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tag_27"	%M102.0	Bool
"Tiempo10".ET		Time
"TiempoAF"	%MD600	Time

Network 53:



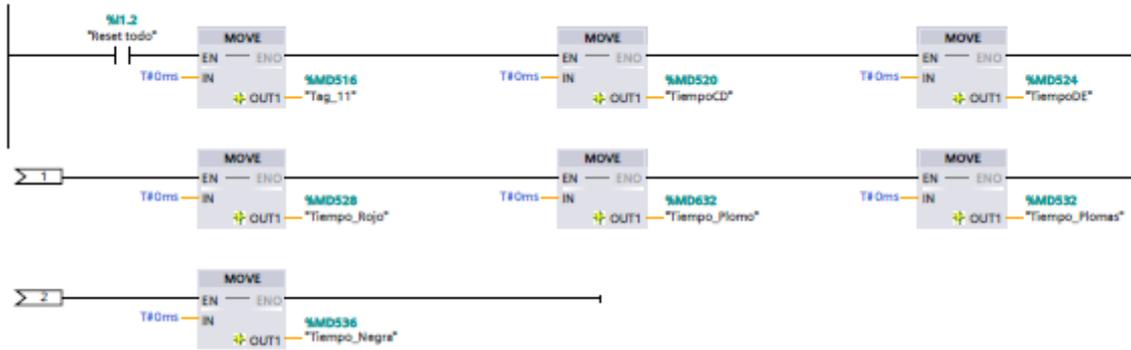
Símbolo	Dirección	Tipo
"Tiempo_Negra"	%MD536	Time
"Tiempo_Plomas"	%MD532	Time
"Tiempo_Rojo"	%MD528	Time
"TiempoAF"	%MD600	Time
"TiempoAF_NEGRA"	%MD604	DInt
"TIEMPOAF_PLOMO"	%MD612	DInt
"TIEMPOAF_ROJO"	%MD608	DInt

Network 54:



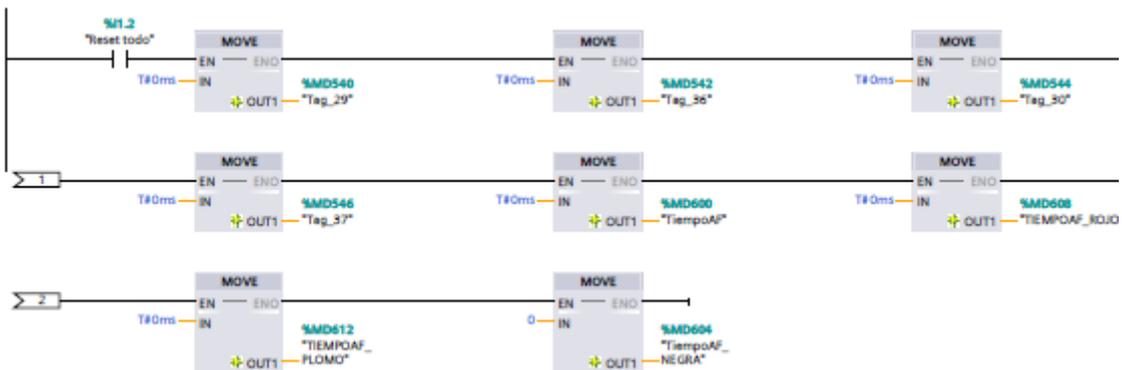
Símbolo	Dirección	Tipo
"Reset todo"	%I1.2	Bool
"Tag_9"	%MD508	Time
"Tag_31"	%MD100	DWord
"Tag_32"	%MD400	DWord
"Tag_34"	%MD404	Time
"Tag_35"	%MD408	Time
"TiempoAB1"	%MD500	Time
"TiempoAB"	%MD504	DWord
"TiempoBC"	%MD512	Time

Network 55:



Símbolo	Dirección	Tipo
"Reset todo"	%I1.2	Bool
"Tag_11"	%MD516	Time
"Tiempo_Negra"	%MD536	Time
"Tiempo_Plomas"	%MD532	Time
"Tiempo_Plomo"	%MD632	Time
"Tiempo_Rojo"	%MD528	Time
"TiempoCD"	%MD520	Time
"TiempoDE"	%MD524	Time

Network 56:



Símbolo	Dirección	Tipo
"Reset todo"	%I1.2	Bool
"Tag_29"	%MD540	DInt
"Tag_30"	%MD544	DInt
"Tag_36"	%MD542	Time
"Tag_37"	%MD546	Time
"TiempoAF"	%MD600	Time
"TiempoAF_NEGRA"	%MD604	DInt
"TIEMPOAF_PLOMO"	%MD612	DInt
"TIEMPOAF_ROJO"	%MD608	DInt

ANEXO 3

ACTIVACIÓN DEL PROGRAMADOR EN MICROSOFT EXCEL 2010

Para activar el programador de Microsoft Excel, primero abrimos el programa, a continuación en la pantalla de inicio de Excel nos dirigimos a la pestaña “Archivo” como indica la Figura A. 1. Luego se desplegará una nueva ventana donde se deberá de elegir el comando “Opciones”.

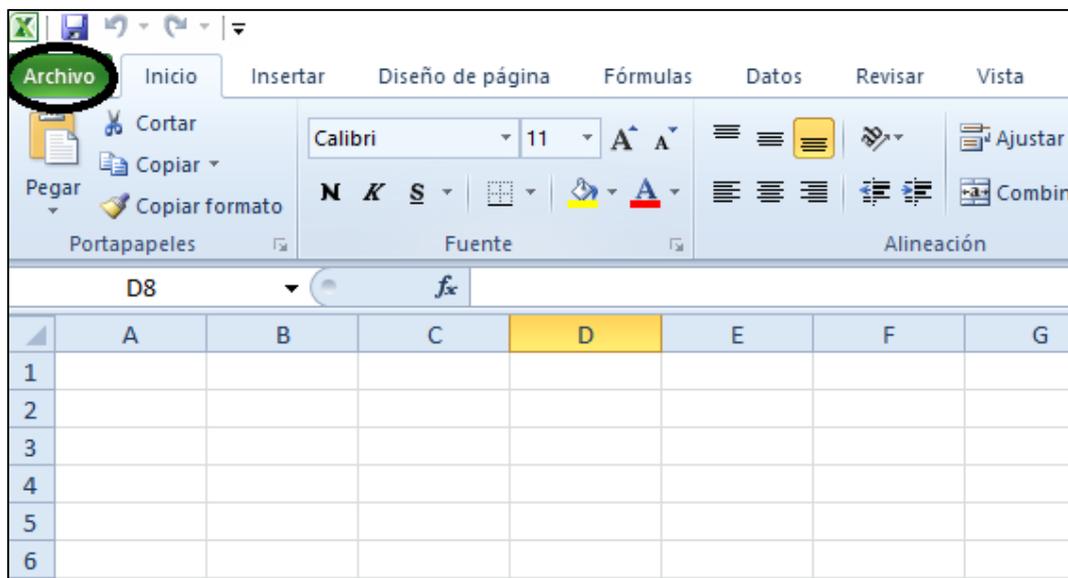


Figura A.1. Ventana de inicio de Microsoft Excel 2010

Una vez que se selecciona, se se abrirá las opciones de Excel, en la cual se selecciona “Personalizar cinta de opciones”, (ver Figura A.2), en donde, en el cuadro de “Fichas principales” se habilita la opción de “Programador”

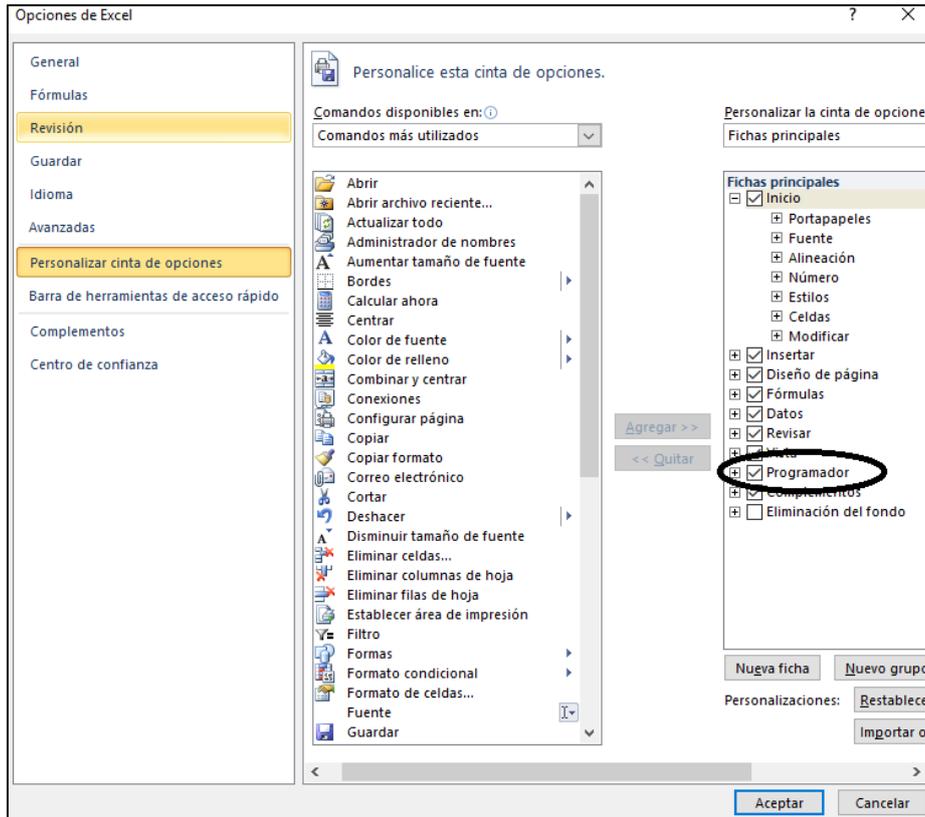


Figura A.2. Opciones de Excel.

Una vez activado el programador, en la barra de menú de Microsoft Excel ya nos aparecera la opción “Programador” (ver Figura A.3)

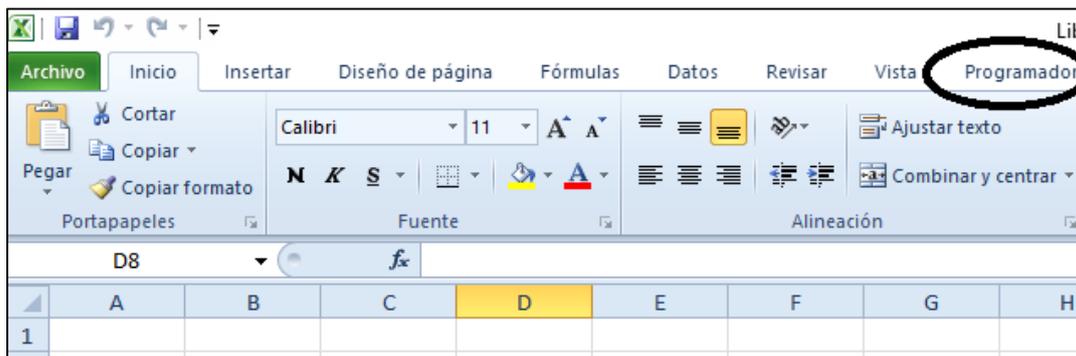


Figura A.3. Barra de menú de excel con la pestaña “Programado”.

