

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS) UTILIZANDO EL SISTEMA MODULAR DE PRODUCCIÓN (MPS), MEDIANTE EL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN PROFIBUS”

AUTORES:

**CRISTIAN FERNANDO GANGOTENA VALDEZ
RUBÉN DARÍO GUAYASAMÍN PAZ**

DIRECTOR:

HAMILTON LEONARDO NUÑEZ VERDEZOTO

Quito, junio del 2014

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Cristian Fernando Gangotena Valdez
C.I: 2100127311

Rubén Darío Guayasamín Paz
C.I: 1713540845

DEDICATORIA

A mis padres; Nelly y Ricardo, que siempre me apoyaron e impulsaron para seguir adelante, confiaron en mí e hicieron lo imposible por brindarme lo mejor.

A mi hermana; Natalia, que me ha brindado su apoyo y ha sido ejemplo de superación para mí.

Cristian Fernando Gangotena Valdez

A mi amada esposa e hijos, por estar siempre junto a mí, quienes han sido fuente de inspiración, que gracias a su apoyo y paciencia han contribuido para la culminación de este sueño que inicio muchos años atrás.

A mi padre y hermanos, por su apoyo incansable junto a mí en esta etapa importante de mi vida.

A la memoria de mi madre ejemplo de esfuerzo, humildad y superación.

Rubén Darío Guayasamín Paz

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	3
ANTECEDENTES.....	3
1.1. Justificación del proyecto	3
1.2. Objetivos del proyecto	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Alcance del proyecto	4
1.4. Beneficiarios	5
CAPÍTULO 2.....	6
ESTADO DEL ARTE.....	6
2.1. Sistema de control distribuido (DCS).....	6
2.1.1. Objetivos del DCS.....	6
2.1.2. Arquitectura del DCS.....	7
2.1.3. Niveles del DCS.....	8
2.1.4. Niveles del DCS.....	10
2.2. Protocolos de comunicación	11
2.2.1. Protocolo de comunicación profibus.....	11
2.2.2. Protocolo de comunicación industrial ethernet.....	13
2.2.3. Protocolo de comunicación MPI.....	14
2.3. Sistema modular de producción (MPS).....	14
2.3.1. Estación de alimentación.....	16
2.3.2. Estación de verificación.....	16
2.3.3. Estación de procesado.....	16
2.3.4. Estación de manipulación.....	16
2.4. Paquetes de desarrollo	16
2.4.1. Software SIMATIC STEP7.....	16
2.4.2. Software SIMATIC HMI WINCC.....	20
2.4.3. Software Wonderware InTouch.....	21
CAPÍTULO 3.....	23
IMPLEMENTACIÓN Y CONFIGURACIÓN.....	23
3.1. Descripción del proceso.....	23

3.2. Hardware del proyecto.....	23
3.3. Implementación del proyecto en Step 7.....	25
3.3.1. PLC estación de alimentación.....	25
3.3.2. PLC estación de verificación.....	28
3.3.3. PLC estación de procesado.....	29
3.3.4. PLC estación de manipulación.....	32
3.4. Implementación del proyecto en WinCC	34
3.4.1. Programa de panel del operador.....	35
3.5. Implementación del proyecto en intouch.....	38
3.5.1. Ventana login.....	39
3.5.2. Ventana inicio.....	42
3.5.3. Ventana principal.....	44
3.5.4. Ventana comunicación.....	46
3.5.5. Ventana reportes y alarmas.....	48
3.6. Implementación de la red de comunicación	50
3.6.1. Implementación de la red profibus.....	51
3.6.2. Implementación de la red MPI.....	59
3.6.3. Implementación y configuración de la red ethernet.....	64
CAPÍTULO 4.....	70
ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	70
4.1. Resultado final del módulo de producción modular (MPS) mediante comunicación profibus.....	70
4.2. Análisis Financiero del proyecto	74
4.2.1. Medidas de mejoramiento.....	74
4.2.2. Costos de materiales.....	75
4.3. Cálculo del tiempo para producción de 80 piezas	76
4.3.1. Cálculo del número de piezas producidas anualmente.....	77
4.3.2. Cálculo del costo de producción/anual.....	78
4.3.3. Cálculo de precio de venta.....	81
4.3.4. Cálculo del punto de equilibrio proceso manual.....	81
4.3.5. Cálculo del punto de equilibrio proceso automático.....	82
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	86
LISTA DE REFERENCIA	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de control distribuido (DCS).....	6
Figura 2. Arquitectura de un DCS	7
Figura 3. Niveles del DCS	10
Figura 4. Sistema modular de producción (MPS).....	15
Figura 5. Módulo de bloques de datos globales.....	18
Figura 6. Interfaz MPI para componentes de accionamiento.....	19
Figura 7. Hardware del proyecto implementado.....	24
Figura 8. Diagrama de flujo programa PLC 1.....	27
Figura 9. Diagrama de flujo programa PLC 2.....	29
Figura 10. Diagrama de flujo programa PLC 3.....	31
Figura 11. Diagrama de flujo PLC 4.....	33
Figura 12. Pantalla principal Step 7 con PLC's	34
Figura 13. Tipo y versión de panel operador	35
Figura 14. Pantalla principal WinCC.....	36
Figura 15. Pantalla principal Step 7 con el panel.....	36
Figura 16. Pantalla panel operador.....	37
Figura 17. Diagrama de flujo pantalla panel operador.....	38
Figura 18. Ventana login.....	39
Figura 19. Ventana configure users	40
Figura 20. Configuración Usuario: a) Supervisión y b) Monitoreo	41
Figura 21. Configuración Access Name	41
Figura 22. Ventana inicio.....	43
Figura 23. Diagrama de flujo pantalla de inicio.....	44
Figura 24. Ventana monitoreo principal	45
Figura 25. Diagrama de flujo pantalla principal	46
Figura 26. Ventana monitoreo de comunicación	47
Figura 27. Diagrama de flujo pantalla comunicación	48
Figura 28. Ventana de reportes y alarmas	49
Figura 29. Diagrama de flujo pantalla reportes y alarmas.	50

Figura 30. Diagrama general de la red de comunicación.....	51
Figura 31. Red profibus	52
Figura 32. HMI sin conectarse a la red	55
Figura 33. Propiedades módulo DP panel operador.....	56
Figura 34. Propiedades interfaz profibus del panel operador	56
Figura 35. HMI configurado y conectado a la red	57
Figura 36. Conexiones del panel operador.....	58
Figura 37. Configuración conexión HMI con PLC 1.....	58
Figura 38. Cableado para la red MPI	60
Figura 39. Configuración red MPI.....	60
Figura 40. Función x_get con datos vacíos.....	61
Figura 41. Función x_put con datos vacíos.....	62
Figura 42. Implementación física de la red ethernet entre PC y PLC.....	64
Figura 43. Configuración DAServer Manager.....	66
Figura 44. Configuración New_S7Cp_000.....	67
Figura 45. Guardando configuración New_S7Cp_000.....	68
Figura 46. DAServer arquitectura	69
Figura 47. Presentación final del proyecto.....	70
Figura 48. Módulo de alimentación	71
Figura 49. Módulo de verificación: a) Clasificación b) Habilitación	71
Figura 50. Módulo de procesado: a) Verificación b) Pulido.....	72
Figura 51. Módulo de manipulación transportando la pieza al maquinado:	72
Figura 52. Manipulación de pieza: a) Pieza terminada b) Bandeja de almacenamiento	73
Figura 53. Estación de monitoreo y almacenamiento de datos	73
Figura 54. Pantalla de producción para proceso automático.....	76
Figura 55. Tiempo para pulir una pieza manual y automático.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Arquitectura de un DCS.....	8
Tabla 2. Niveles del sistema de control distribuido	9
Tabla 3. Arquitectura protocolo profibus.....	12
Tabla 4. Direcciones en MPI.....	19
Tabla 5. Datos técnicos interface MPI.....	20
Tabla 6. Controladores programables utilizados para el proyecto.....	24
Tabla 7. Periferias utilizadas para el proyecto	25
Tabla 8. Descripción PLC estación de alimentación	26
Tabla 9. Descripción PLC estación de verificación.....	28
Tabla 10. Descripción PLC estación de procesado.....	30
Tabla 11. Descripción PLC estación de manipulación	32
Tabla 12. Descripción panel operador	35
Tabla 13. Descripción de los iconos del OP	37
Tabla 14. Configuración de usuarios	40
Tabla 15. Descripción Acces Name.....	42
Tabla 16. Descripción de la pantalla de inicio	43
Tabla 17. Descripción de la pantalla principal.....	45
Tabla 18. Descripción de la pantalla monitoreo de comunicación	47
Tabla 19. Descripción de la pantalla reportes y alarmas.....	49
Tabla 20. Configuración profibus	52
Tabla 21. Direcciones profibus PLC 3 estación de procesado.....	53
Tabla 22. Configuración buffer de comunicación profibus	54
Tabla 23. Configuración distribuida de la red MPI.....	59
Tabla 24. Buffer de comunicación GD red MPI.....	61
Tabla 25. Descripción de los parámetros de entrada de la función x_get.....	62
Tabla 26. Descripción de los parámetros de salida de la función x_get	63
Tabla 27. Descripción de los parámetros de entrada de la función x_put.....	63
Tabla 28. Descripción de los parámetros de salida de la función x_put.....	64
Tabla 29. Direcciones IP asignadas a los equipos.....	65

Tabla 30. Descripción de gastos del proyecto de automatización.	75
Tabla 31. Tiempo total del proceso para pulir una pieza	76
Tabla 32. Servicios básicos anuales	79
Tabla 33. Descripción de costos variables/anual para proceso manual y automático	80
Tabla 34. Costos fijos anuales.....	80
Tabla 35. Costo de producción/anual para el proceso manual y automático	80
Tabla 36. Cálculo del punto de equilibrio proceso manual.....	82
Tabla 37. Cálculo del punto de equilibrio proceso automático.....	82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Programa del PLC S7_300 módulo de alimentación	89
Anexo 2. Programa del PLC S7_300 módulo de verificación	98
Anexo 3. Programa del PLC S7_300 módulo de maquinado	104
Anexo 4. Programa del PLC S7_300 módulo de manipulación	115

RESUMEN

Diseño e implementación de un Sistema de control distribuido (DCS) utilizando el sistema modular de producción (MPS), mediante el protocolo de comunicación Profibus: en el laboratorio de automatización de la UPS campus Sur.

Comprobando la necesidad de mejorar la comunicación entre los módulos existentes en el Laboratorio de automatización, siendo estudiantes usuarios de los mismos, y palpando los problemas, se dio inicio a este proyecto con el afán de mejorar las prácticas para estudiantes futuros.

El proceso será supervisado a través de un computador, el cual se encontrará fuera del área de producción, y se comunicará mediante el protocolo Ethernet, utilizando un bus de datos entre la computadora y el PLC de la Estación de alimentación o de abastecimiento.

La pantalla HMI, que se encuentra dentro del área de producción y que servirá para que el operador ponga en estado de “arranque” y “pare” la producción, además de mostrar en qué estado se encuentran las variables más importantes del proceso, se comunicará mediante el protocolo profibus con el PLC de la primera estación.

Solo dos de los cuatro PLC soportan comunicación profibus el PLC de la estación de alimentación o de abastecimiento y el PLC de la estación de procesado o de maquinado, así que se utilizará este protocolo para la comunicación entre ellos, la comunicación con los otros PLC será mediante el protocolo MPI.

ABSTRACT

Design and implementation of a Distributed Control System (DCS) using the modular production system (MPS) by the profibus communication protocol: laboratory automation UPS south campus.

Noting the need to improve communication between existing modules in the laboratory automation, users being students themselves, and feeling problems, march began this project with the aim of improving practice for future students.

The process will be monitored through a computer, which will be outside of the production area, and is provided using the ethernet protocol, using a data bus between the computer and the PLC station one or supply.

The HMI screen, which is within the production area and will serve to put the operator in a state of "start" and "stop" production, in addition to showing what state are the most important variables of the process, communicate by the PLC profibus protocol of the first station .

Only two of the four support PLC profibus PLC station and one or sourcing PLC station three or machining , so this protocol for communication between them will be used , communication with other PLC will be through MPI protocol .

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la industrialización, las fábricas e industrias de todo tipo han experimentado grandes cambios y han ido evolucionando en su forma de producir y transformar la materia prima en productos finales, elaborados o semielaborados. “El término automatización industrial generalmente se refiere a la ciencia y tecnología del control de procesos y también incluye el control en plantas químicas, petroquímicas, plantas de energía, etc.” (Dobrivojie Popovic, 1990, p. 1)

A finales del siglo XX, la automatización industrial se convierte en una parte vital de la industria, llegando a controlar desde procesos simples del tipo “ON/OFF”, hasta los procesos más complejos y actuales mediante sistemas SCADA y sistemas de control distribuido, esto gracias al uso de equipos de última tecnología, tales como sensores, actuadores, autómatas y computadoras industriales, los cuales en conjunto pueden proporcionar un control y supervisión de la fábrica en todos los niveles de la producción.

La implementación de autómatas programables, robots industriales y computadoras en la transformación de materia prima en productos finales obligo a la ingeniería de planta a desarrollar cada vez más y mejores sistemas que permitieran un control total de los equipos involucrados. (Higuera, 2005, pp. 17-19)

En la actualidad, los sistemas de control distribuido proporcionan el mejor control industrial, debido a que permite la automatización en todos los niveles de producción, desde los niveles de campo, automatizando sensores y actuadores, pasando por la comunicación de equipos autómatas y llegando al control gerencial. Además, permite la supervisión total de la planta.

Con la evolución de la industria, se necesitó comunicar muchos equipos dentro de la factoría, por este motivo, la comunicación se volvió otro frente importante de desarrollo para la ingeniería, debido a la gran cantidad de ruido electromagnético producido en las fábricas, en gran parte, a causa del uso de motores y maquinaria industrial, ha sido un gran reto para todas las empresas e ingenieros desarrollar medios y protocolos de comunicación capaces de soportar estos inconvenientes, pero, en las

últimas décadas se ha enfocado cada vez más en mejorar dichos protocolos, “lo que hace que una red funcione adecuadamente no es la conexión física de cables, como podría pensarse, sino el mantenimiento de los estándares de comunicación llamados protocolos” (Pablo Cancelo López, 2007, p. 94)

Profibus e industrial ethernet son actualmente los protocolos que mejores prestaciones dan a la industria, soportando gran cantidad de ruido electromagnético y permitiendo la comunicación con grandes cantidades de datos. (Alonso, 2013, pp. 408-409)

El desarrollo de este proyecto presentará las ventajas de tener un sistema de control distribuido comunicado a través de profibus e industrial ethernet, implementado en el sistema modular de producción, el cual es un módulo didáctico, que representa una pequeña factoría de producción de piezas cilíndricas de varios tipos de materiales.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1. Justificación del proyecto

El proyecto surge de la necesidad de integrar dos módulos didácticos implementados en el laboratorio de procesos industriales de la Universidad Politécnica Salesiana. Para alcanzar este objetivo se pretende utilizar un esquema de supervisión y control distribuido.

La implementación de éste esquema, facilita supervisar y controlar el funcionamiento de los módulos didácticos a través de una PC, permitiendo crear históricos de eventos y alarmas de las distintas variables involucradas en los procesos. Además, la visualización de los procesos en tiempo real a través de las interfaces hombre-máquina (HMI).

Con éste trabajo se procura exponer el funcionamiento de los sistemas de control distribuidos sus características y beneficios, demostrar la factibilidad de realizar DCS de bajo costo y gran robustez, la forma de conectar buses de datos estándar usualmente utilizados para la transferencia de datos en la industria y realizar una aplicación con un software de control distribuido de uso cotidiano en ingeniería.

La principal razón de un sistema de control distribuido (DCS) es el incremento de la productividad, ello se logra racionalizando las materias primas e insumos, reduciendo los costos operativos, reduciendo el consumo energético, incrementando la seguridad de los procesos, optimizando el recurso humano de la empresa, mejorando el diagnóstico, supervisión y control de calidad de la producción.

1.2.Objetivos del proyecto

1.2.1.Objetivo general.

- Diseñar e implementar un sistema de control distribuido (DCS) con los módulos de abastecimiento y de distribución, que son componentes integrales del sistema modular de producción (MPS), utilizando el protocolo de comunicación profibus.

1.2.2.Objetivos específicos.

- Implementar en el laboratorio de procesos industriales una red de comunicación entre autómatas programables siemens CPU 313C-2 DP, utilizando el protocolo industrial profibus.
- Readecuar los módulos didácticos del laboratorio de procesos industriales, con el cambio de autómatas para cada módulo, de manera que puedan comunicarse bajo el protocolo mencionado y además cumplan con la aplicación definida para cada uno.
- Desarrollar los programas de los autómatas e interfaces de usuario necesarios para cumplir los requerimientos de un sistema de control distribuido (DCS) didáctico.
- Crear una guía para agregar autómatas a la red, utilizando el protocolo profibus.

1.3. Alcance del proyecto

La red industrial de autómatas consta del cableado y conectores respectivos, instalados en el laboratorio de manera que el sistema sea capaz de crecer o adaptarse.

Los autómatas a utilizar pertenecen a un mismo fabricante: “Siemens” s7-300 CPU 313C-2 DP; los cuales permiten ser enlazados a la red con el protocolo de comunicación Profibus.

Los módulos didácticos a readecuar son dos: módulo de abastecimiento (uno) y de distribución (uno), a los que se desarrollarán una aplicación para obtener plantas independientes enlazadas con el sistema de control distribuido (DCS).

La interfaz será desarrollada con el paquete computacional Wonderware Intouch.

1.4. Beneficiarios

Los nuevos estudiantes de la materia de redes industriales quienes aprovecharan el desarrollo de este proyecto.

Los docentes porque tienen más herramientas de enseñanza, y podrán renovar sus conocimientos con respecto al funcionamiento y manejo del MPS.

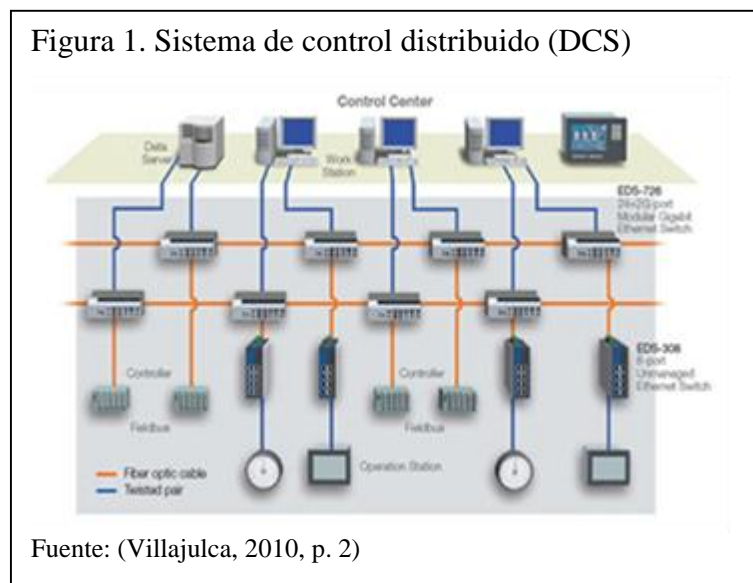
La universidad por que incrementa sus proyectos de investigación y quedan sentadas las bases para nuevas investigaciones respecto al uso de sistemas de control distribuido.

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL ARTE

2.1. Sistema de control distribuido (DCS)

Un Sistema de control distribuido más conocido por sus siglas en inglés DCS (Distributed Control Systems), es un tipo de control industrial avanzado y el más utilizado actualmente dentro de la mayoría de las fábricas, plantas petroquímicas y refinerías. Ha sido perfeccionado para resolver la adquisición de grandes volúmenes de información, su tratamiento en centros de supervisión y mando, y la actuación en tiempo real sobre el proceso a controlar. Se trata de un sistema abierto, que permite la integración con equipos de otros fabricantes que realicen funciones específicas, y hace la función de canalizador de todos los datos recogidos para, a través de líneas de comunicación de alta velocidad, ponerlos a disposición de los usuarios de la planta. (Kant, 2004, p. 23)



2.1.1. Objetivos del DCS.

- Diseñar sistemas de control para que el operador pueda vigilar y manipular en forma selectiva, segura y estable.

Tabla 1. Arquitectura de un DCS

Nombre	Equipos implicados	Descripción
Procesadores de archivos históricos	Computadores, RAID, equipos de comunicación ethernet (Switch, Router)	Esta sección los componentes se encargan del manejo de la información de los datos del proceso, procesarlos, guardarlos, crear bases de datos, realizar cuadros comparativos, datos financieros, etc.
Estaciones de ingeniería	Computadores, PLC's, Redes de comunicación de Campo (Profibus, MPI)	Las estaciones de ingeniería se encargan de control y supervisión del proceso, para esto los equipos siempre se encuentran monitoreando el proceso para realizar un diagnóstico seguro.
Estaciones de Operador.	PLC's, HMI, indicadores de procesos, brazos robóticos	Las estaciones de operador son actualmente en los DCS modernos simples tableros de control donde un operador define, inicia y para el proceso a través de un HMI o en otros procesos el manejo de equipos con los cuales sirve de ayuda al proceso.
Facilidad o Proceso	Sensores, actuadores, equipos de campo, (válvulas, Motores).	Como proceso se define todo lo que realiza la fábrica o planta para que la materia prima pase a ser un producto terminado.

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

2.1.3. Niveles del DCS.

Existen cuatro niveles básicos en un sistema de control distribuido, cada uno de los cuales representa una función específica dentro de la planta, la información viaja a través de estos niveles de forma jerarquizada, de esta forma se pueden definir dichos niveles de la siguiente manera, empezando desde el nivel más alto. (Kant, 2004, pp. 191-192)

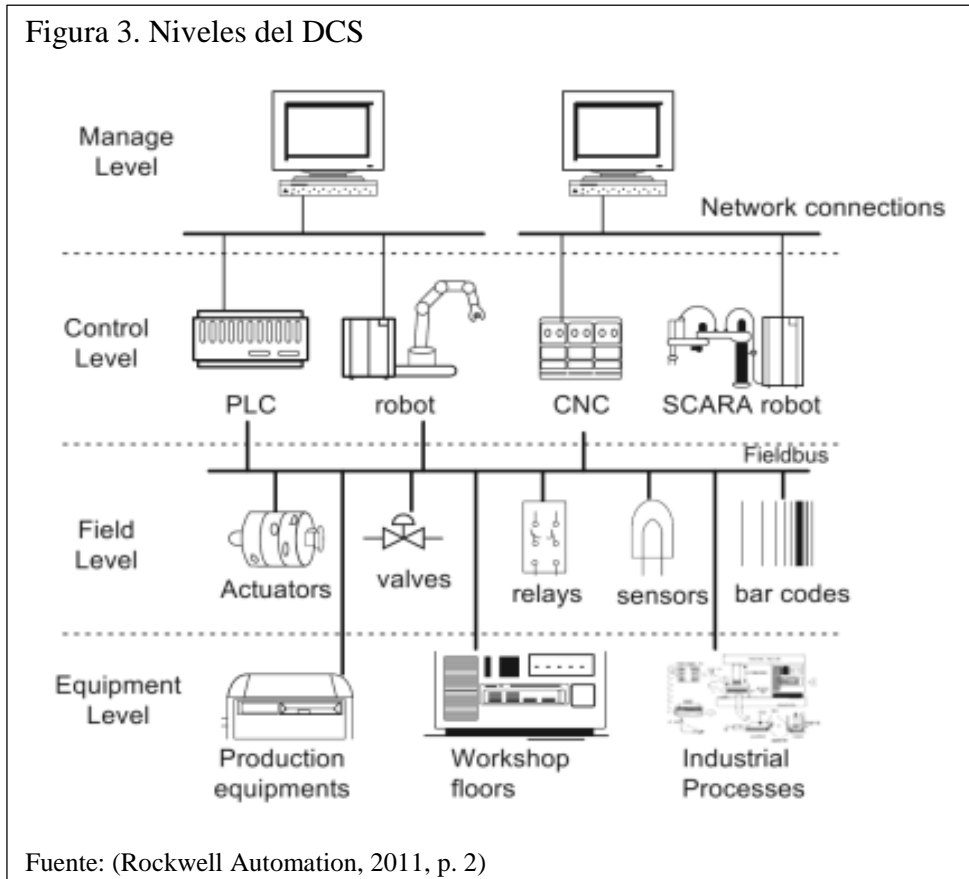
1. Nivel de Gestión
2. Nivel de Control
3. Nivel de Campo
4. Nivel de Equipamiento (Kant, 2004, p. 194)

Tabla 2. Niveles del sistema de control distribuido

Nivel	Descripción
1. Nivel de gestión	El nivel de gestión es el nivel más alto del DCS, en este nivel se encuentra el manejo administrativo de la información, costos de producción, tiempos, cuadros comparativos, bases de datos, etc. A este nivel tienen acceso simplemente los ejecutivos de la planta. Los equipos involucrados en este nivel son: computadoras, software de gestión y bases de datos, redes de comunicación no industrial.
2. Nivel de control	El segundo nivel, es el nivel de control, también conocido como nivel de planta, ya que aquí están involucrados tanto los ingenieros de campo y operarios. Los equipos involucrados en este nivel son: computadoras de campo, PLC'S, HMI, buses de comunicación industriales, otros equipos autómatas. Este nivel se encarga de definir el funcionamiento de la planta y de los procesos, ya que aquí se encuentran almacenados los algoritmos y programas que definen que es lo que se debe hacer en cada estación, se encarga de la supervisión y del control de la planta.
3. Nivel de campo	En este nivel se van a encontrar los sensores, actuadores, transductores y todos los equipos necesarios para comprender en qué estado se encuentra la planta y manipular cada proceso. Este nivel se encarga de enviar la información de la planta hacia los niveles superiores para que sea procesada y recibir de regreso comando de secuencias según sea el caso.
4. Nivel de equipamiento	Es el nivel más bajo del DCS, aquí se encuentran representados el proceso en si por el cual pasa la materia prima en cada estación, son las funciones de trabajo que realizan cada uno de los componentes finales de la planta, cada paso por el cual la materia prima es procesada, los sensores y actuadores envían señales hacia el nivel de control, y este a su vez decide como procesar la materia prima activando o desactivando componente del nivel de equipamiento. En este nivel también se encuentran ubicados los componentes de seguridad más básicos y primordiales de la planta tales como paros de emergencia manuales, estos no necesitan de un control o señal automática para su función, además de todos los equipos finales de producción.

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Figura 3. Niveles del DCS



2.1.4. Niveles del DCS.

Las industrias donde se aplican los DCS son sumamente vastas, sin embargo se puede mencionar algunas de ellas, donde los DCS han ido tomando gran importancia en su desarrollo y son una parte fundamental del funcionamiento de estas industrias. Tales industrias son las siguientes:

- Redes de energía eléctrica y plantas de generación eléctrica.
- Sistemas de control ambiental.
- Señales de tránsito inteligentes.
- Sistemas de gestión del agua.
- Plantas de refinación de petróleo.
- Plantas químicas.
- Fabricantes de productos farmacéuticos.
- Redes de sensores.

2.2. Protocolos de comunicación

Dentro de una planta el DCS se encarga del manejo de toda la información, para esto realiza la comunicación desde los sensores y actuadores con los PLC's de campo mediante protocolos y buses de comunicación industriales tales como AS-i, también realiza la comunicación PLC-PLC entre las diferentes estaciones de trabajo mediante protocolos como Profibus, Modbus, MPI, etc., y por último la comunicación con los puntos de gestión de la planta llegando la información hasta el área de gestión y administración comunicándose con dispositivos finales tales como computadoras, PDA, celulares, etc., utilizando para estos protocolos de comunicación Ethernet. Para el desarrollo de este proyecto se utilizaron los siguientes tres protocolos a los cuales se verá una introducción y explicación básica a continuación.

2.2.1. Protocolo de comunicación profibus.

Profibus es un estándar de comunicación para buses de campo industriales, la palabra Profibus se deriva de PROcess Field BUS, tiene su origen en Alemania en el año de 1987, a partir de la iniciativa de fabricantes y el apoyo del gobierno Alemán se desarrolló una norma basado en las distintas soluciones y trabajos que se habían implementado, esta norma alemana que define el protocolo es la DIN 19245. Fue en 1989 cuando recién aparecieron los primeros equipos que cumplían esta norma.

Actualmente, existen tres diferentes perfiles o protocolos Profibus cada uno orientado a diferentes clases de aplicaciones: Profibus-FMS, Profibus-DP y Profibus-PA.

Profibus-FMS (Fieldbus Message Specification) se trata de un perfil más sofisticado diseñado para la comunicación entre equipos inteligentes, se ubica en el nivel superior de gestión aunque también en el de campo.

Profibus-DP (Distributed Peripheral) es el perfil más utilizado por su rapidez y eficacia, es una versión optimizada en prestaciones y dedicada especialmente a comunicaciones críticas con transferencias a altas velocidades con los sistemas de control y la periferia descentralizada.

Profibus-PA (Process Automation) está orientada a la comunicación entre instrumentos de procesos, es decir equipos que transmiten señales análogas tales como presión temperatura y otros, y permite seguridad intrínseca y alimentación de la estaciones por el bus. (Alonso, 2013, pp. 233-234)

2.2.1.1. Arquitectura protocolo profibus.

La arquitectura del protocolo de comunicación Profibus está fundamentada en el modelo OSI (Open System Interconnection, ISO 7498).

Tabla 3. Arquitectura protocolo profibus

Capa	Implementación
Usuario	DP
Enlace	FDL
Física	RS-485 IEC 1158-2 Fibra Óptica

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

En nuestro caso “para el perfil DP solo las capas 1 (Física), 2 (Enlace) y 3 (Usuario) están implementadas. Se trata de un bus multimaestro donde hay que diferenciar entre nodos maestro y esclavos”. (Ramos, Herrero, Martinez, & Sanchis, 2002, p. 83)

En la capa física se tiene tres posibilidades.

La primera está basada en las normas de comunicación EIA RS-485 (ISO DP 8482), que define e tipo de interfaz, asignación de patillas en los conectores, terminaciones de bus, etc., utiliza un cable de par trenzado y las velocidades de transmisión van desde 9.6 kbit/s hasta 12 Mbit/s en distancias entre cien y mil doscientos metros sin repetidoras, y la fuente de poder está separada el bus de comunicación. (Bartelt, 2011, p. 684)

La segunda IEC 1158-2 al igual que la RS-485 utiliza cable de par trenzado y la velocidad de transmisión es de 31.25 kbit/s, presenta seguridad intrínseca pudiendo ser utilizada en lugares peligrosos.

Por último, fibra óptica con este tipo de conexión la red Profibus puede alcanzar a transmitir datos hasta una distancia de noventa kilómetros, reduciendo las interferencias electromagnéticas.

En Profibus la capa de enlace es llamada Fieldbus Data Link (FDL) y se encarga de controlar el acceso al medio (MAC), además incluye el control en la transmisión de tramas así como la seguridad, la comunicación por lo general es punto a punto, aunque se pueden realizar conexiones multipunto mediante Broadcast y Multicast.

Por último en la capa de usuario se tiene el perfil de comunicación DP, especialmente diseñado para el intercambio cíclico de datos entre los dispositivos de campo (I/O) y las unidades de control (PC/PLC) de una forma eficiente y rápida. (Ramos, Herrero, Martinez, & Sanchis, 2002, p. 84)

2.2.2. Protocolo de comunicación industrial ethernet.

Cada vez más crecen las aplicaciones Ethernet en el campo industrial, su facilidad de comunicación y seguridad que presta al momento de transmisión de datos sobre todo en el nivel de gestión destinado a equipos administrativos, aunque su función no solo se limite a esta, dado que en el nivel de campo se ha avanzado cada vez más, con el desarrollo de nuevos tipos de cables y conectores que disminuyen al máximo el ruido electromagnético, ha sido posible la introducción de este protocolo dentro de la automatización.

Ethernet/IP (EIP Ethernet Industrial Protocol) es un protocolo de alto nivel situado en la capa de aplicación desarrollado para el entorno de automatización industrial. Trabaja con el protocolo TCP/IP, usando todo el hardware y software tradicional en Ethernet.

Cuatro grupos independientes para desarrollar y promover EIP como dominio público en las redes de automatización industrial: “The Open DeviceNet Vendor Association” (ODVA), “Industrial Open Ethernet Association” (IOANA), “Control Net International”, (CI) y la “Industrial Ethernet Association” (IEA). Las metas son que EIP provee un comprensible, conveniente y certificable estándar de automatización.

EIP utiliza todos los protocolos de transporte y control que Ethernet utiliza. (Alonso, 2013, p. 405)

2.2.3. Protocolo de comunicación MPI.

La Interfaz Multi-Punto MPI, por sus siglas en inglés (Multi-Point Interface), es un estándar de comunicación del controlador lógico programable SIMATIC S7 desarrollado por la compañía Siemens, es usado en la comunicación entre PLC's, estaciones de programación (PC), paneles de operador, entre otros dispositivos de la familia SIMATIC, está basada en el estándar EIA-485. Esta tecnología ha inspirado el desarrollo del protocolo Profibus. (Berger, 2012)

Es la más sencilla y económica dentro de los equipos S7 de Siemens, porque no requiere componentes adicionales para su funcionamiento. Con este protocolo se puede transferir o acceder a cualquier lugar del mapa de memorias o variables de un equipo SIMATIC con el que se desea comunicarse.

Características importantes del protocolo MPI:

- Soporte físico RS-485.
- Velocidad de transferencia desde 19.2 kbit/s hasta 12 Mbit/s.
- Distancia de 50 metros entre el primer y último nodo, 1100 con repetidores.
- Máximo 32 equipos en la red.

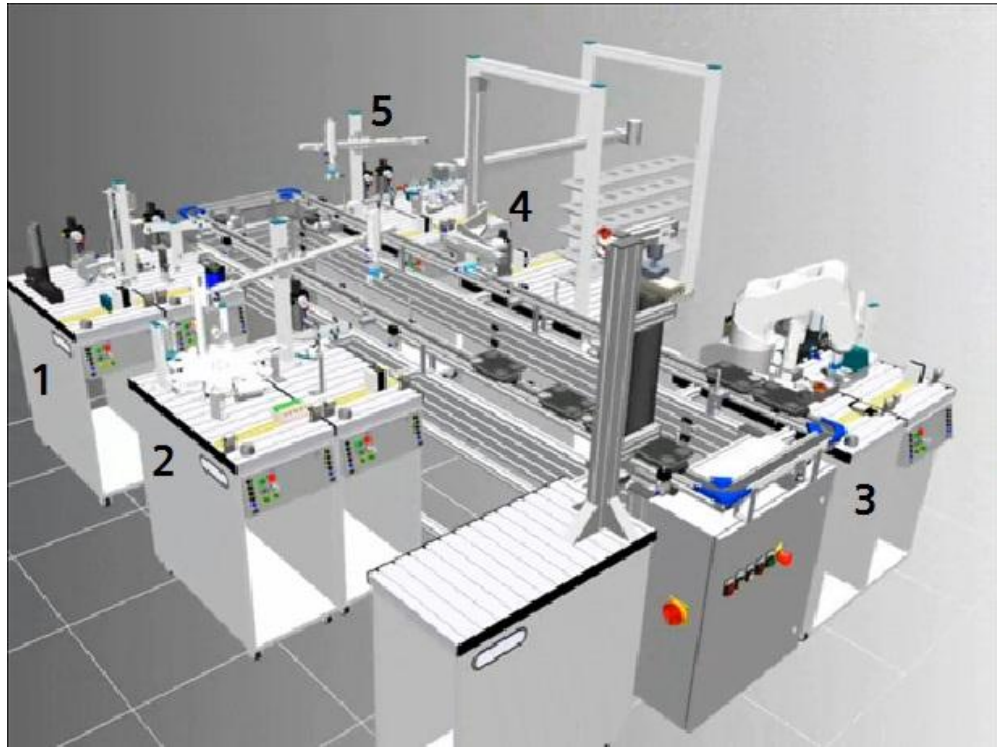
2.3. Sistema modular de producción (MPS)

El sistema modular de producción (MPS) se constituye en una factoría destinada a la producción y despacho de unas determinadas piezas que simulan cilindros neumáticos de simple efecto. El proceso de producción y despacho se divide en los siguientes 5 puestos:

1. Alimentación y verificación.
2. Separación y procesado.

3. Sistema de ensamblaje.
4. Sistema de almacenamiento.
5. Manipulación y clasificación.

Figura 4. Sistema modular de producción (MPS)



Fuente: (Festo, 2007, p. 9)

Se pueden distinguir claramente en este sistema de producción tres zonas:

- Zona de fabricación: en la cual se realiza la inspección y montaje de cada uno de los tipos de pieza solicitados.
- Zona de almacenaje: en la cual se depositan las piezas producidas hasta que se solicite el despacho de las mismas.
- Zona de despacho: en la cual se realizan los procedimientos necesarios para la disposición del pedido solicitado.

2.3.1. Estación de alimentación.

Se encarga de proporcionar piezas al sistema de producción. Las piezas se almacenan en un cargador vertical y son extraídas mediante un sistema deslizante. Un cilindro rotativo, provisto de una ventosa, se encarga de retirar las piezas del cargador y transferirlas hacia la estación de verificación utilizando la técnica de vacío.

2.3.2. Estación de verificación.

Se identifica el material de la pieza y se realiza una medición de la altura de la pieza. En base a esto, se aplican dos filtros sobre las piezas que se procesan, dejándose pasar las piezas solicitadas al puesto de separación y procesado. Las piezas clasificadas como erróneas se depositan en una rampa alternativa.

2.3.3. Estación de procesado.

Desarrollada por una mesa giratoria de indexación que realiza dos procedimientos paralelos para las piezas recibidas de la estación de separación. En el primero, se verifica que la pieza tenga la posición adecuada para poder realizar el segundo procedimiento, que trata de pulir el agujero de la pieza mediante un taladro. Una vez finalizado el pulido se expulsa la pieza hacia una rampa en la estación de manipulación.

2.3.4. Estación de manipulación.

Se detecta la pieza recibida y se recoge con la ayuda de una pinza neumática, transportando las piezas para el ingreso y salida de la estación de procesado. Terminando en una rampa de almacenaje las piezas pulidas.

2.4. Paquetes de desarrollo

2.4.1. Software SIMATIC STEP7.

El software industrial Simatic constituye el núcleo de la Totally Integrated Automation (TIA), ofreciendo la herramienta óptima para cada tarea de automatización y cada fase

de un proyecto. Tanto en la industria manufacturera o de procesos, en el sector de fabricación de maquinaria o de construcción de instalaciones, el Software industrial Simatic permite aprovechar plenamente todos los potenciales del flujo de trabajo en ingeniería. (Catálogo st 70, 2009, pág. 16)

El software Simatic Step7 dispone de potentes herramientas de configuración y programación que se han integrado en la interfaz de usuario a través del Simatic Manager, y que comparten una estructura de proyecto común. Para aplicaciones en sistemas de automatización Simatic s7-300/400, se tienen las siguientes funciones:

- Posibilidad de parametrizar bloques de función y de comunicación.
- Comunicación de datos globales.
- Transferencia de datos controlada por eventos con bloques de comunicación y bloques de función.
- Configuración de enlaces.

El administrador Simatic gestiona todos los datos pertenecientes al proyecto de automatización, arranca automáticamente las herramientas necesarias para tratar los datos u objetos seleccionados.

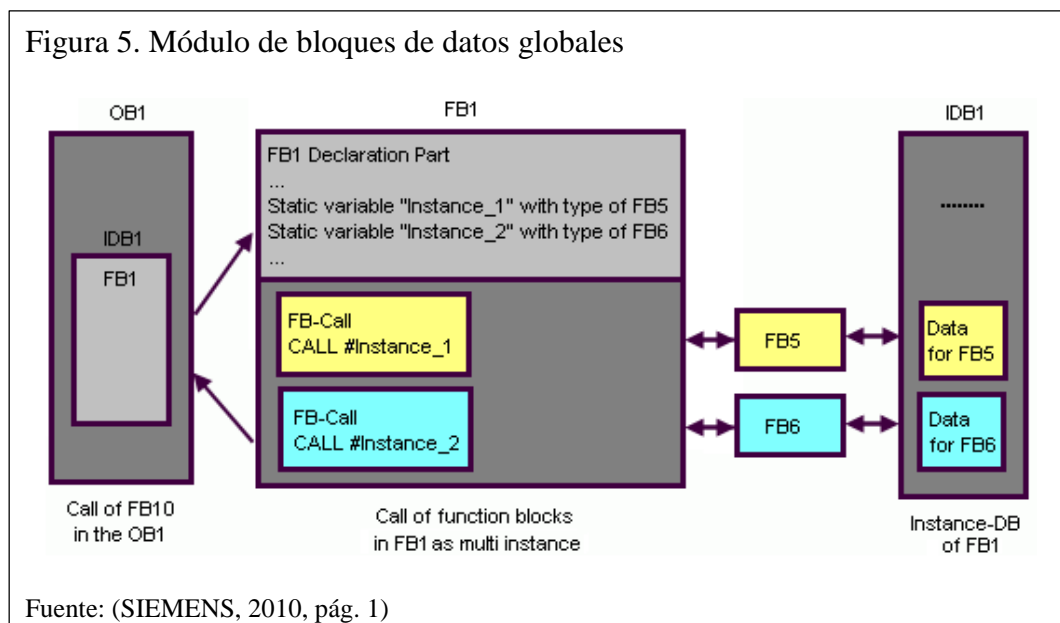
2.4.1.1. Módulos del programa de usuario.

El software de programación Step7 permite fragmentar el programa de usuario en diferentes partes o módulos. Los tipos de módulos que el usuario tiene a su disposición son los siguientes:

- Módulos de organización (OB): definen la estructura del programa de usuario. El sistema operativo llama cíclicamente al OB1 y arranca la ejecución cíclica del programa de usuario. La ejecución cíclica se programa escribiendo el programa de usuario con Step7 en el OB1 y en los bloques ahí llamados.

- Módulos de función (FB): son módulos con "memoria" que puede programar el mismo usuario. Estos módulos pueden ser programados en cualquier tipo de lenguaje de programación de Step7.
- Módulos de código (FC): son módulos que el usuario puede programar, contienen rutinas de programa para funciones frecuentes. La FC contiene un programa que se ejecuta cada vez que la FC es llamada por otro bloque lógico. Las funciones se pueden utilizar para devolver un valor de función al bloque invocante, o ejecutar una función específica.
- Módulos de datos (DB): al contrario de los módulos lógicos, los módulos de datos no contienen instrucciones Step7. En cambio, sirven para depositar datos de usuario, es decir que los bloques de datos contienen datos variables con los que trabaja el programa de usuario. Los bloques de datos globales contienen datos de usuario utilizables desde otros bloques.

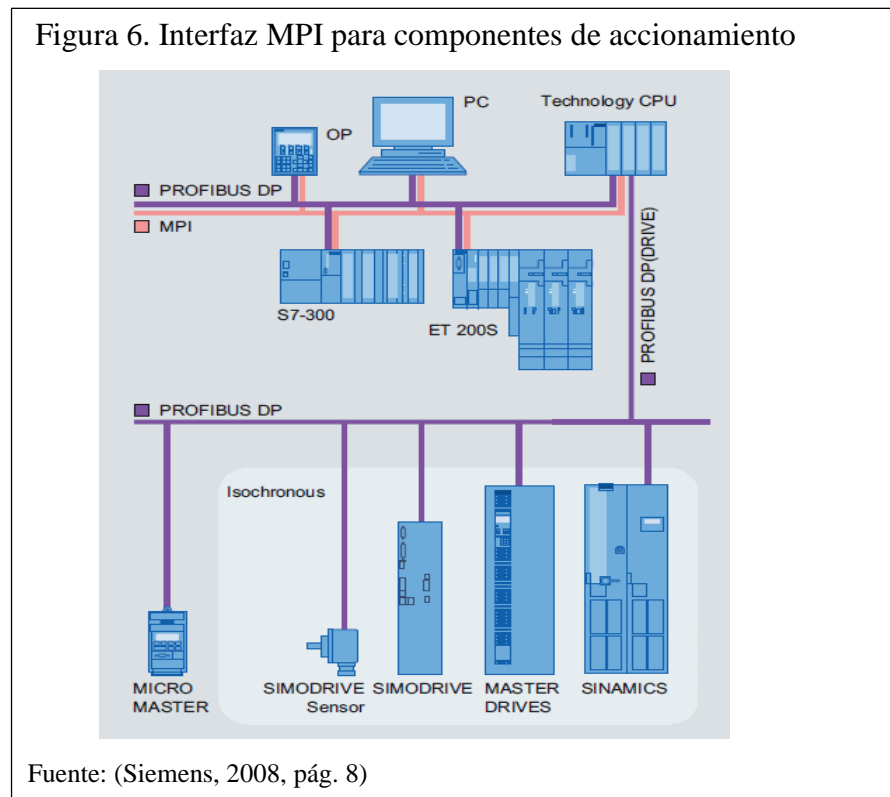
Figura 5. Módulo de bloques de datos globales



2.4.1.2. Interface MPI (Multi-Point Interface).

Es la interface de comunicación más sencilla que existe entre los equipos S7, y la más económica, pues no requiere a diferencia de las otras comunicaciones una tarjeta adicional (CP). Se puede transferir o acceder a cualquier zona del mapa de memoria

del PLC con el que se desea comunicar, y tan sólo es necesario indicar dónde se quiere ingresar los datos leídos o cuales es la fuente de datos a enviar.



La interface MPI sólo permite que una PC o PG, los cuales son dispositivos de programación de las estaciones que integran la red, tenga el acceso a la vez. Las direcciones MPI de la red se disponen de la siguiente manera:

Tabla 4. Direcciones en MPI

Dirección	Dispositivo	Descripción
0	OP	Panel de Operación
1	PC / PG	PC o Dispositivo Programador
2 hasta 31	CPU	PLC's

Fuente: (Siemens, 2008, pág. 14)

Las direcciones 0 y 1 están reservadas como direcciones fijas y no se programan, sin embargo, si se conectan dos PC de manera simultánea en la red, esta falla, a menos que de manera directa se configure la dirección de la otra PC en la dirección 0.

Tabla 5. Datos técnicos interface MPI

Normalización	Específica de SIEMENS
Equipos	32 como máximo
Método de acceso	Token (paso de testigo)
Velocidad transferencia	19.2Kbit/s, 187.5Kbit/s ó 12Mbit/s
Soporte de transmisión	Cable bifilar apantallado Fibra óptica (vidrio o plástico)
Extensión de red	Longitud de segmento 50m, Vía repetidores RS 485 hasta 1.100m, Por fibra óptica vía OLM (Optical Link module) > 100Km
Topología	Eléctrica: Línea Óptica: Árbol, estrella, anillo
Servicios de comunicaciones	Funciones PG/OP Funciones S7 Funciones básicas S7 Comunicación por datos globales

Fuente: (Siemens, 2008, pág. 15)

2.4.2. Software SIMATIC HMI WINCC.

Es un método de visualización de procesos escalable y dotado de potentes funciones para la supervisión de procesos automatizados. WinCC aporta funcionalidad Scada completa en Windows para todos los sectores, desde sistemas mono puesto hasta sistemas multi puesto distribuidos con servidores redundantes y soluciones para todos los lugares de instalación con clientes web. (siemens, 2012, pág. 06)

La Configuración WinCC/Server de un sistema cliente-servidor para el manejo y la visualización de grandes instalaciones que tengan hasta 12 servidores WinCC y 32 puestos de mando coordinados. Funciones y aplicaciones distribuidas en varios servidores, con mayor volumen de datos y mayor rendimiento del sistema.

Visión global de los proyectos, con acceso a todos los servidores de la instalación desde un puesto de mando. Los clientes se pueden configurar como servidores web remotos.

2.4.3. Software Wonderware InTouch.

InTouch en su versión 10.1 ofrece funciones de visualización gráfica que llevan sus capacidades de gestión de operaciones, control y optimización a un nivel completamente nuevo. Es mediante este Software que se gestionará las estaciones del sistema modular de producción (MPS).

Aquello que ahora se conoce en la industria como HMI (Human Machine Interface) se traduce en sistemas basados en estándares que permiten incrementar al máximo la productividad, optimizar la efectividad del usuario, mejorar la calidad y reducir los costos operacionales, de desarrollo y de mantenimiento.

Para el desarrollo de la interfaz de maniobra se toma en cuenta ciertas características que presenta el software:

- Posee un lenguaje de programación sencillo, extenso y general o específico para la realización de cálculos, simulaciones, presentaciones y otras características básicas.
- Una programación condicional se puede relacionar a resultados on-off en iconos o indicadores lumínicos, llenado de objetos, visibilidad, entre otros.
- La utilización de ventanas favorece al usuario por su similitud a un entorno Windows.
- El manejo de “tags” favorece la programación y comunicación con y hacia el entorno debido a su variabilidad por acciones del usuario o por resultados de eventos.
- Se posee una DAServer de seguridad por acceso, que aunque no implementada, ofrece un nivel de interacción con la interfaz de diferente modo dependiendo si se manipula el sistema como un usuario o un administrador.
- Proporciona la transferencia de datos entre aplicaciones y las realiza de una manera rápida.
- Se trabaja con actualización de variables y datos, continua con la condición de que se necesiten o se encuentren visibles por el usuario, los que se usen en alarmas o los que sean de uso general en todo el programa.

- Utiliza el protocolo fastdde.
- Admite la generación de datos en aplicaciones externas. Como en nuestro caso la generación de reportes de datos con el software de Hmi Reports.
- Tiene incorporado un desarrollo remoto (NAD) que facilita el desarrollo de aplicaciones de red; con el cual se actualizan todos los nodos de manera automática, por el operador o por algún evento del programa.
- Dispone de todo tipo de herramientas de diseño: dibujos, alineación, trabajo por capas, espaciado, rotaciones, inversiones, duplicaciones, copias, eliminaciones, entre otras.
- Soporta muchas resoluciones gráficas como EGA, VGA y súper VGA.
- Las propiedades de animación permiten su combinación para la obtención de cambios complejos ya sea de tamaño, movimiento o posición.
- El número de objetos y animaciones en cada pantalla es ilimitado.
- Utiliza el protocolo Suit Link / da server para aplicaciones bajo TCP/IP
- Reconoce un nivel de gestión de los datos obtenidos.
- Compatibilidad con diversas aplicaciones de varias marcas y modos de operación y comunicación.

Todas estas características han permitido que la elaboración del proyecto tome el rumbo de selección con este entorno gráfico para el desarrollo de la interfaz necesaria para el monitoreo y control del sistema remotamente.

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTACIÓN Y CONFIGURACIÓN

3.1. Descripción del proceso

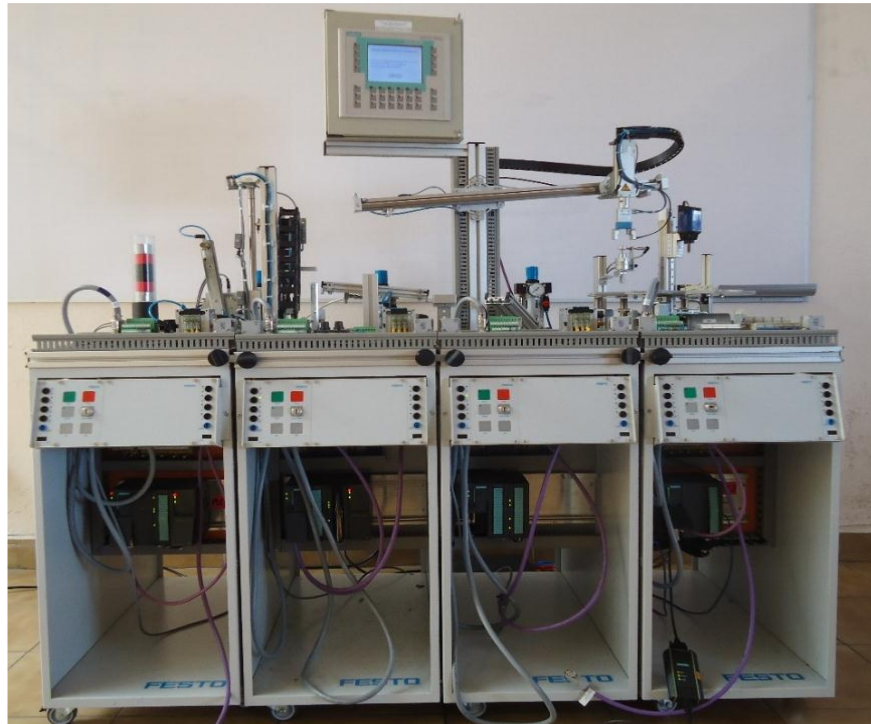
El proceso a controlar y supervisar mediante el sistema de control distribuido (DCS) tiene como finalidad el maquinado y transporte de dos tipos de piezas: de color rojo y metálico, descartando las piezas de color negra, ya que serán consideradas como piezas sin pintar que tienen que pasar por un proceso anterior.

Las piezas tendrán que pasar por cuatro subprocesos, cada uno controlado por su propio PLC y representado por una estación del sistema modular de producción (MPS), el primer subproceso por el cual deben pasar será el de abastecimiento, aquí las piezas serán distribuidas de manera indistinta hacia la estación de verificación, en esta estación se descartarán las piezas negras y solamente se dará paso a las piezas de color rojo y metálicas, las cuales seguirán hasta la estación de maquinado, esta se encargará de realizar una perforación en la parte superior de cada pieza mediante el uso de un taladro incorporado a la estación, luego de esto, la estación de transporte se encargará de llevar cada pieza terminada a una cama ubicada en esta última estación, finalizando así la producción.

3.2. Hardware del proyecto

Para la aplicación de este proyecto se utilizó los equipos Profibus del laboratorio del MPS, además se construyeron bases metálicas, que fueron diseñadas con las mismas características de las que se tienen en cada sub estación del MPS, se acopló un PLC Profibus S7-300-2 DP a cada base, y se realizaron las conexiones de entradas y salidas de acuerdo a como se tiene en el resto de los PLC's del laboratorio para que puedan ser utilizados de forma estandarizada.

Figura 7. Hardware del proyecto implementado



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Tabla 6. Controladores programables utilizados para el proyecto

Cantidad	Equipo	Ubicación	Modelo	Comunicación
1	PLC Siemens	Módulo de Alimentación	Simatic S7300	Profibus
1	PLC Siemens	Módulo de Verificación	Simatic S7300	MPI
1	PLC Siemens	Módulo de Procesado	Simatic S7300	Profibus
1	PLC Siemens	Módulo de Manipulación	Simatic S7300	MPI
1	Módulo Siemens	Módulo de Alimentación	CP 343-1 Lean	Ethernet
1	Pantalla HMI Siemens	Módulo de Manipulación	TP 177B	Ethernet

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Tabla 7. Periferias utilizadas para el proyecto

Cantidad	Equipo	Ubicación	Modelo	Comunicación
1	PC Escritorio	Laboratorio	Dell Optiplex 780	Ethernet
4	Fuentes de Alimentación	Todos los Módulos	Festo	24VDC.
1	Compresor de Aire	Laboratorio	Festo	Neumático.
1	Cable Ethernet	PC - PLC	Ethernet Industrial	Ethernet
4	Cable Profibus	Todos los Módulos	RS-485	Profibus MPI

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

3.3. Implementación del proyecto en Step 7

En primer lugar se debe crear un proyecto global de todo el proceso en el cual se debe incluir los PLC's de cada estación además de la pantalla HMI y el PC.

El siguiente paso es insertar todos los PLC's que se van a utilizar en el proyecto, para esto se debe tomar en cuenta cada uno de los componentes físicos que se encuentran adheridos a estos, tales como módulos de entradas y salidas, módulos Ethernet, etc., es muy importante revisar la versión de firmware de cada uno de los equipos que se va a utilizar, pues el equipo ingresado en el software debe ser idéntico al que se tiene físicamente. Se mostrará una tabla con la descripción básica para crear el proyecto en STEP 7.

3.3.1. PLC estación de alimentación.

El PLC de la estación de alimentación es el único que cuenta con dos módulos, el CPU con comunicación Profibus y un módulo Ethernet el cual servirá para la comunicación con el SCADA en el PC. Además el PLC de la estación de alimentación será el maestro de la red profibus.

Tabla 8. Descripción PLC estación de alimentación

Componente	Descripción	Versión del Módulo	Versión del Firmware	Dirección MPI	Dirección Profibus	Dirección Ethernet
CPU	CPU 313C-2 DP	6ES7 313-6CF03-0AB0	V2.6	2	2	-
Módulo Ethernet	CP 343-1 Lean	6GK7 343-1CX10-0XE0	V2.2	3	-	192.168.0.1

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

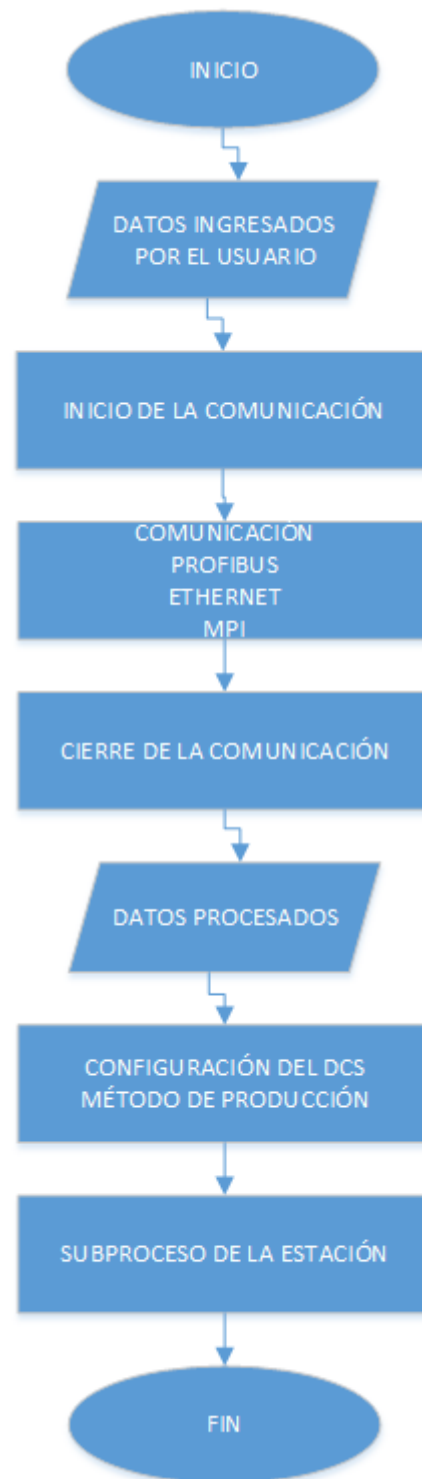
3.3.1.1. Programa del PLC de la estación de alimentación.

Es el programa de mayor importancia, porque abarca todas las comunicaciones del proceso MPI, Profibus y Ethernet, para enlazarse con las estaciones, la pantalla HMI y con la PC para el sistema SCADA.

Al arrancar el PLC va iniciar el programa principal “OB1”, en el cual se realiza un llamado mediante bloques de funciones a los diferentes tipos de comunicación, con esto el PLC de la estación 1, recibe el estado de las otras estaciones y el valor de las variables, además aquí se da inicio a la producción, una vez realizada la comunicación, y en caso de que la variable de inicio haya sido activada, el PLC arranca el proceso, al iniciar la producción se hace un llamado al bloque de función “FB1” el cual debe realizar el algoritmo correspondiente para fabricar la cantidad de piezas indicadas por el operador.

Se puede analizar el programa en detalle en el anexo 1.

Figura 8. Diagrama de flujo programa PLC 1



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

3.3.2. PLC estación de verificación.

El PLC de la estación de verificación cuenta únicamente con un CPU con comunicación MPI, el cual está conectado en red con los otros PLC's a través del bus de comunicación MPI.

Tabla 9. Descripción PLC estación de verificación

Componente	Descripción	Versión del Módulo	Versión del Firmware	Dirección MPI	Dirección Profibus	Dirección Ethernet
CPU	CPU 313C	6ES7 313-5BF03-0AB0	V2.6	4	-	-

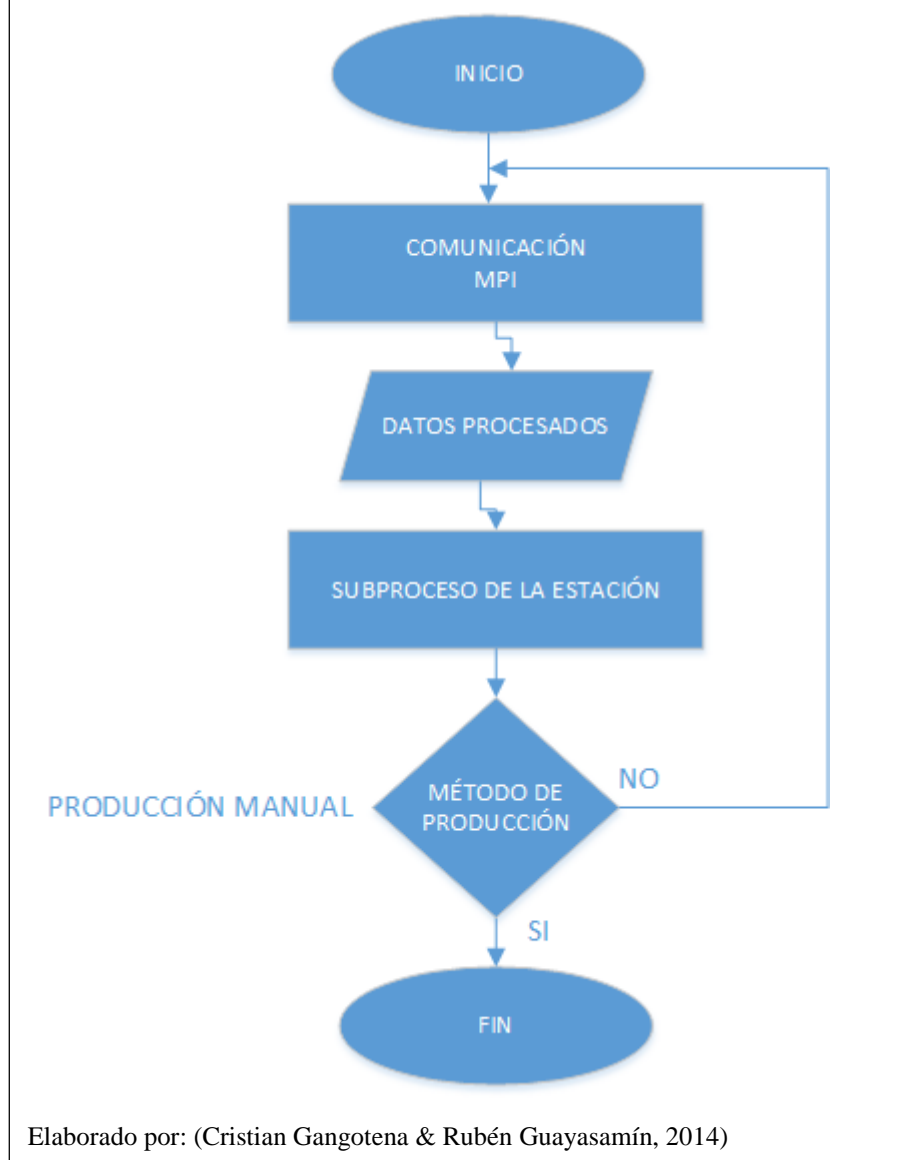
Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

3.3.2.1. Programa del PLC de la estación de verificación.

Al arrancar el PLC de la estación 2, inicia el programa principal o bloque de organización "OBI", este a su vez, inicia la comunicación MPI, a recibir el estado de arranque o inicio del PLC de la estación 1 a través de los bloques de función y variables globales definidos en ambos PLC's para la comunicación MPI, inicia el bloque de función "FB1", en el cual se encuentra definido el proceso que se va a realizar en la estación, el PLC de la estación 1 indica que la pieza ha sido distribuida hacia la estación dos, entonces el algoritmo definirá si se debe descartar la pieza o proceder con la producción, una vez finalizada la producción envía un dato a través de la red MPI hacia la estación tres, y vuelve a sus estado inicial esperando nuevamente la comunicación con el PLC de la estación uno.

Se puede analizar la programación a detalle en el anexo 2.

Figura 9. Diagrama de flujo programa PLC 2



3.3.3. PLC estación de procesado.

El PLC de la estación de procesado es igual al PLC de la estación de alimentación, solo que este no cuenta con el módulo Ethernet, cuenta con una CPU con comunicación Profibus el cual será el esclavo de la red y comunicará con el PLC de la estación de alimentación a través del bus de comunicación profibus.

Tabla 10. Descripción PLC estación de procesado

Componente	Descripción	Versión del Módulo	Versión del Firmware	Dirección MPI	Dirección Profibus	Dirección Ethernet
CPU	CPU 313C-2 DP	6ES7 313-6CF03-0AB0	V2.6	5	3	-

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

3.3.3.1. Programa del PLC de la estación de procesado.

Al arrancar el PLC de la estación 3, inicia el programa principal “OB1”, el cual realiza en primer lugar un llamado a las comunicaciones MPI y profibus, a recibir el dato desde el PLC de la estación 1, en el cual se indica que se debe dar inicio a la producción, este activa el bloque de función “FB1”, en el cual se encuentra definido el algoritmo para la manipulación de la piezas, la estación 2 envía la información de que la pieza ha sido entregada a la estación 3, entonces esta se encarga de transportarla hacia la estación 4, y envía la información de que la pieza está lista para ser procesada, una vez realizada esta acción, el brazo de transporte permanecerá en “stand by” hasta recibir el dato de la estación 4, para nuevamente transportar la pieza hasta su destino final, al realizar esta acción se da por terminado tanto el proceso de la estación y también la producción de una pieza.

Se puede analizar la programación del PLC en el anexo 3.

Figura 10. Diagrama de flujo programa PLC 3



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

3.3.4. PLC estación de manipulación.

El PLC de la estación de manipulación es igual al PLC de la estación de verificación, cuenta con una CPU con comunicación MPI, el cual se comunicará con los otros PLC's a través del bus de comunicación MPI.

Tabla 11. Descripción PLC estación de manipulación

Componente	Descripción	Versión del Módulo	Versión del Firmware	Dirección MPI	Dirección Profibus	Dirección Ethernet
CPU	CPU 313C	6ES7 313-5BF03-0AB0	V2.6	6	-	-

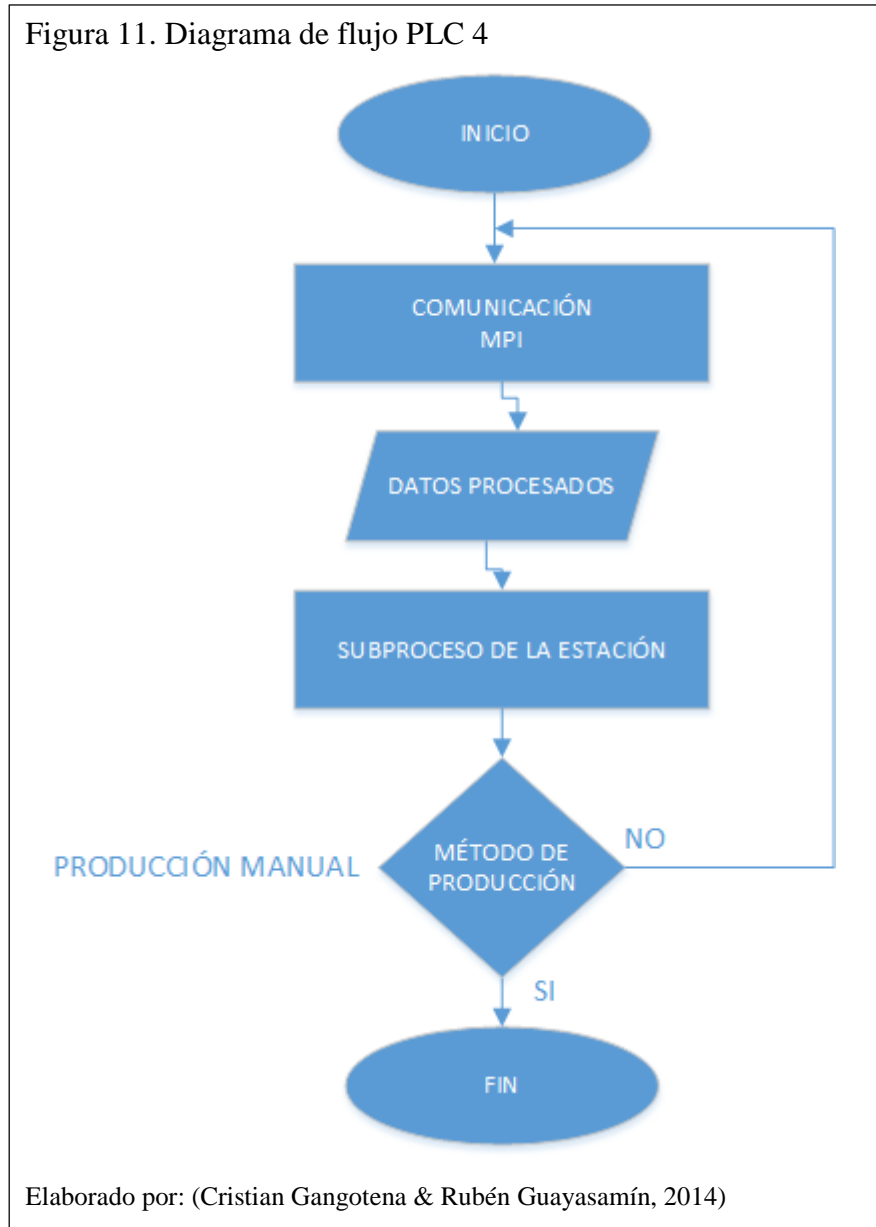
Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

3.3.4.1. Programa del PLC de la estación de manipulación.

Al igual que en los otros tres PLC's al arrancar se da inicio al bloque de organización o programa principal, el cual se encarga en primer lugar de la comunicación, en este caso simplemente MPI, se recibe el estado de arranque de producción desde la estación 1 y se activa el bloque de función "FB1", también, se recibe el dato desde la estación 3, el cual indica que la pieza está lista para ser procesada, entonces empieza a funcionar el algoritmo que se encuentra en el bloque "FB1", la estación se encarga de procesar cada pieza, una vez finalizada la producción, la estación ubica la pieza en el mismo sitio donde se la entregó la estación 3, y envía un dato a esta estación para que la pieza sea removida y puesta en su sitio final para así dar como finalizado la producción, a espera de una nueva pieza.

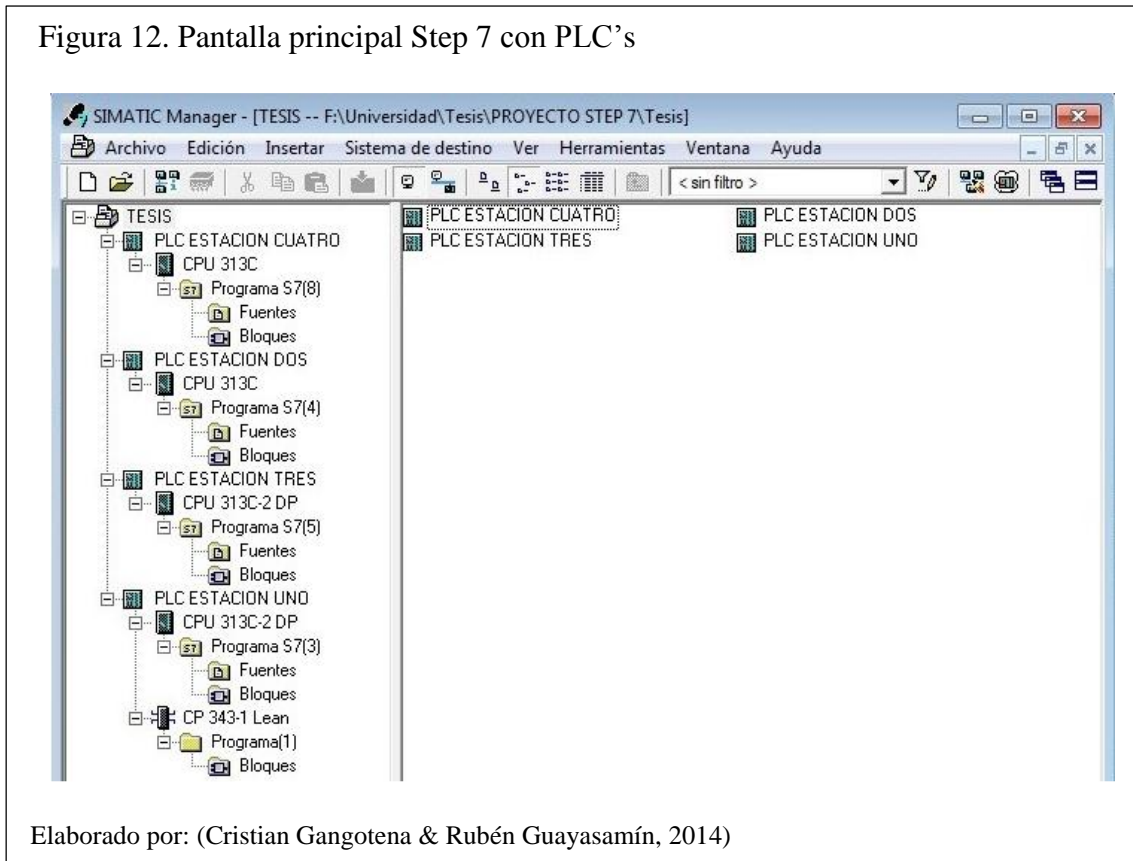
Se puede analizar la programación del PLC en el anexo 4.

Figura 11. Diagrama de flujo PLC 4



Una vez insertado los cuatro PLC's y configurados de la manera correcta debe quedar el proyecto de la siguiente manera.

Figura 12. Pantalla principal Step 7 con PLC's



3.4. Implementación del proyecto en WinCC

El proyecto en WinCC servirá para programar la pantalla HMI, el panel de operador se acoplará al proyecto de STEP 7, con lo cual se podrá manejar y visualizar las variables de los PLC's en la pantalla.

Al igual que en el proyecto de STEP 7 se debe tomar en cuenta las versiones del equipo del cual se dispone, además de la versión del firmware, a continuación se muestra una imagen del equipo que se va a utilizar.

Figura 13. Tipo y versión de panel operador



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Una vez revisado correctamente los datos del equipo del que se dispone se procede a crear un proyecto nuevo en Simatic WinCC flexible 2008. En el cual primero se va a integrar el proyecto creado anteriormente en STEP 7.

Tabla 12. Descripción panel operador

Tipo de proyecto	Equipo	Versión	Conexión	Controlador
Maquina Pequeña	OP 177b 6" color PN/DP	1.1.2.0.	Ethernet	Simatic s7 300/400

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

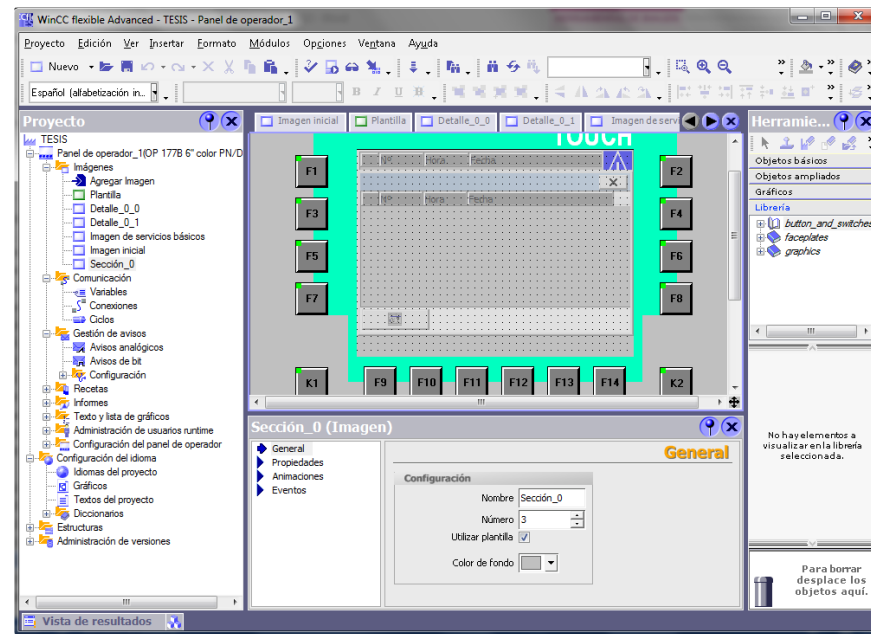
3.4.1. Programa de panel del operador.

En la navegación de imágenes se va a incluir una imagen seccionada y dos imágenes detalladas por sección. Se deben incluir todas las librerías disponibles que se tenga en el software, caso contrario se tendrá que ir incluyendo una por una después de haber creado el proyecto.

Finalizada la creación y generación del proyecto, se debe integrar WinCC y STEP 7 al proyecto, debido a que el PLC y la Pantalla están relacionados entre sí, quedando como muestran en las figuras 25 y 26.

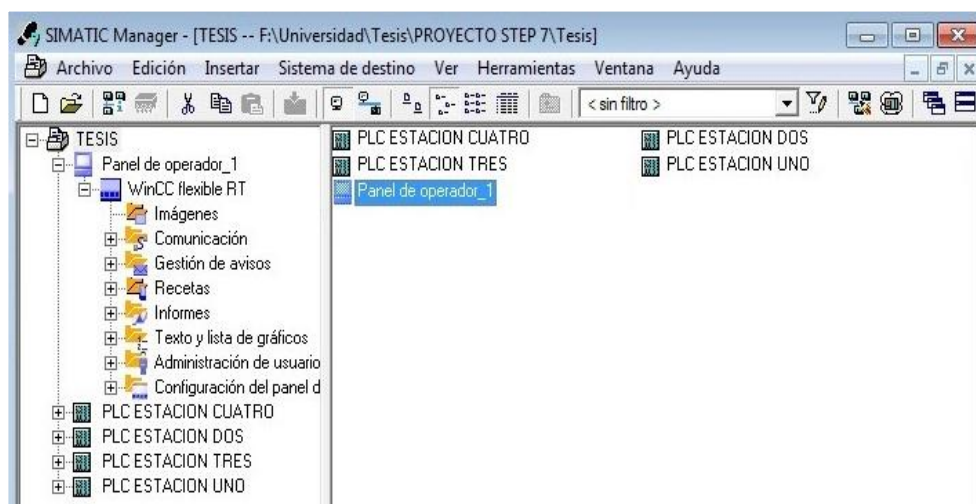
Se puede analizar el programa en detalle en el anexo 5.

Figura 14. Pantalla principal WinCC



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Figura 15. Pantalla principal Step 7 con el panel



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Una vez finalizada la edición de la pantalla, podemos visualizar con el Runtime de Win CC el producto final del panel operador.

Figura 16. Pantalla panel operador



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

En la tabla 13., se describe brevemente la función que cumple cada uno de los iconos de la pantalla en el panel del operador.

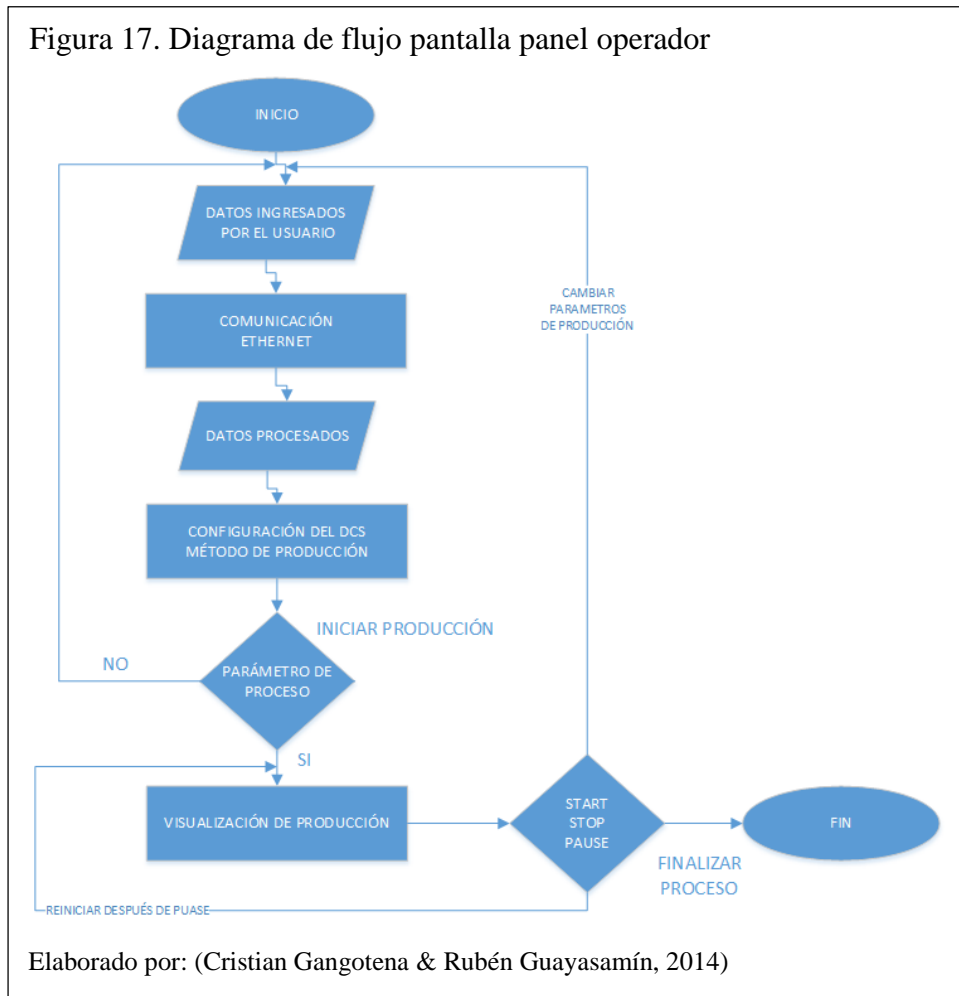
Tabla 13. Descripción de los iconos del OP

Icono	Descripción
PRINCIPAL	Direcciona a la imagen principal del OP, en la cual se puede dar configurar e iniciar el proceso de producción, como también pausarlo y detenerlo.
HISTORIAL	Direcciona a la imagen de datos históricos, en este caso se mostraran tres datos, piezas distribuidas, piezas defectuosas y piezas terminadas.
ALARMAS	Direcciona a la imagen de alarmas, en la cual se muestran los errores que tiene la planta al momento de su producción.
START	Da inicio al proceso de producción.
PAUSE	Pausa al proceso de producción en cualquier situación y puede ser restaurado en el paso que se quedó el proceso.
RESET	Borra todos los datos que se encuentran guardados en el proceso.
STOP	Detiene el proceso de producción y debe ser reiniciado para una nueva producción.
GURDAR	Guarda los datos del ítem seleccionado.
RESETEAR	Resetea los datos del ítem seleccionado
SLIDE BAR	El slide bar determina la forma de producción, tiene dos opciones “ilimitada” y “limitada”, en la forma ilimitada la planta continuará produciendo piezas de forma indefinida, y la forma limitada en la cual se debe ingresar un valor tope de producción.

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Se puede analizar la programación del PLC en el anexo 5.

Figura 17. Diagrama de flujo pantalla panel operador



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

3.5. Implementación del proyecto en intouch

El SCADA desarrollado para el sistema de control distribuido (DCS), utilizando el sistema modular de producción (MPS) estará conformado por las siguientes ventanas:

1. Login.
2. Inicio.
3. Principal.
4. Comunicación.
5. Reportes y alarmas.

3.5.1. Ventana login.

La figura 29., muestra la ventana login, en la cual se tiene configurado la imagen de la Universidad Politécnica Salesiana, la hora, y el botón LOGIN, que se utiliza para iniciar sesión, tanto como Supervisor o como Monitoreo.



3.5.1.1. Configuración de usuarios.

El proyecto tendrá dos niveles de seguridad, es decir dos usuarios que son:

- Monitoreo: nivel de acceso = 2000.
- Supervisión: nivel de acceso = 5000.

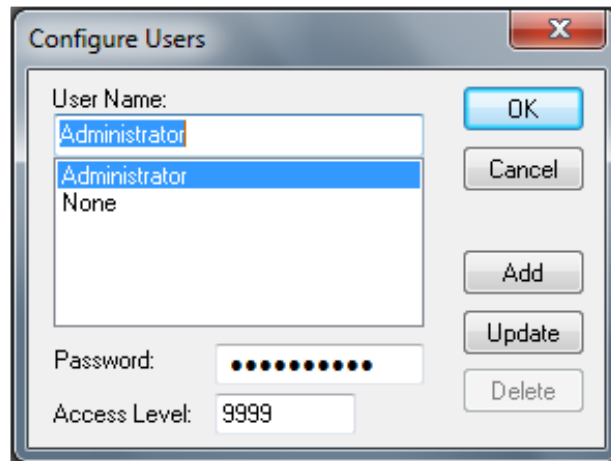
Para la configuración de estos usuarios se tiene que ingresar en Special/Security/LogON. Y se procede a ingresar los siguientes datos solicitados:

- Name: Administrator.
- Password: Wonderware.

Una vez ingresado se habilitan todas las opciones del menú Special/Security. Para añadir los usuarios monitoreo y supervisión. Se debe ingresar en el menú Special/Security/Configure Users. Y se procede a añadir los usuarios con su respectivo nivel de acceso. Se puede observar que el usuario administrator es creado por defecto

por Intouch, y que su nivel de acceso es de 9999, es decir que si se accede a este usuario se tiene acceso a todas las funciones configuradas.

Figura 19. Ventana configure users



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Para añadir los usuarios supervisión y monitoreo es necesario asignar Password y Access Level como se muestra en la tabla 14.

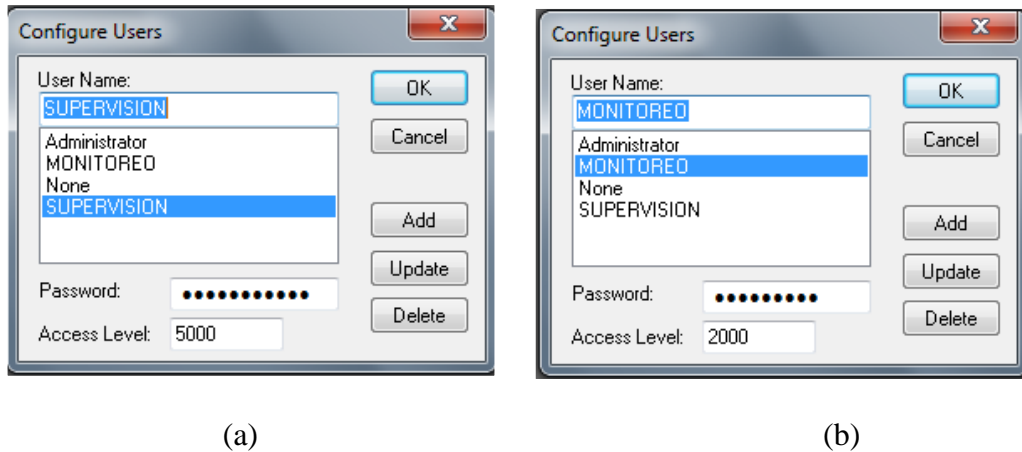
Tabla 14. Configuración de usuarios

User Name:	Supervisión	Monitoreo
Password:	supervisión	monitoreo
Access Level:	5000	2000

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Se confirma los datos ingresados al dar clic en “Add” para que el nuevo usuario se agregue a la lista de Intouch. En la figura 31., se muestra los parámetros de configuración para los dos usuarios.

Figura 20. Configuración Usuario: a) Supervisión y b) Monitoreo

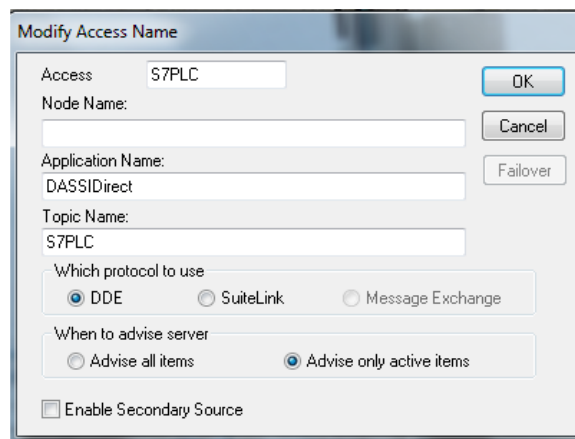


Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

3.5.1.2. Configuración del Access Name.

El Access Name es el enlace de datos DDE (Dinamic Data Exchange) desde System Management Console hacia el Intouch. Para añadir el nuevo Acceso se tiene que ir al Menú/Special/Access Names, donde se observa que hay un Access Name por defecto configurado en Intouch, llamado Galaxy, el cual no se puede modificar.

Figura 21. Configuración Access Name



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Para configurar el Access Name se tienen que tomar muy en cuenta e ingresar los siguientes parámetros.

Tabla 15. Descripción Acces Name

Icono	Descripción
Access	Ingresar el nombre del nuevo Access Name. El Acces a usarse es S7PLC.
Node name	Ingresar localhost, puesto que los datos se van a obtener del mismo PC pero de otro software (System Management Console).
Application name	Ingresar dassidirect, pues este es el nombre del proceso sidirect daserver del System Management Console en donde se alojan los datos de todas las variables que se van a leer o escribir. El Application Name a usarse es DASSIDirect.
Topic name	Para obtener este nombre es necesario abrir el System Management Console y ubicar Processor Type donde se toma el nombre que se va a seleccionar. El Topic Name a usarse es S7PLC.
Which protocol to use	Elegir DDE (Data Dynamic Exchange), puesto que es el tipo de comunicación de Intouch a utilizarse.
When to advise server	Elegir Advise only active items.

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

3.5.2. Ventana inicio.

La ventana inicio se la observa en la figura 33., aquí se configura la carátula del proyecto, y en la parte inferior de la ventana se tiene el menú de navegación del sistema SCADA, en el cual se tienen los siguientes iconos, que mostrarán su respectiva ventana:

Figura 22. Ventana inicio

INICIO

TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS) UTILIZANDO EL SISTEMA MODULAR DE PRODUCCION (MPS), MEDIANTE EL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN PROFIBUS.

DIRECTOR: ING. HAMILTON NUÑEZ.

AUTORES: CRISTIAN FERNANDO GANGOTENA VALDEZ.
RUBÉN DARÍO GUAYASAMÍN PAZ.




Quito, Noviembre de 2013



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

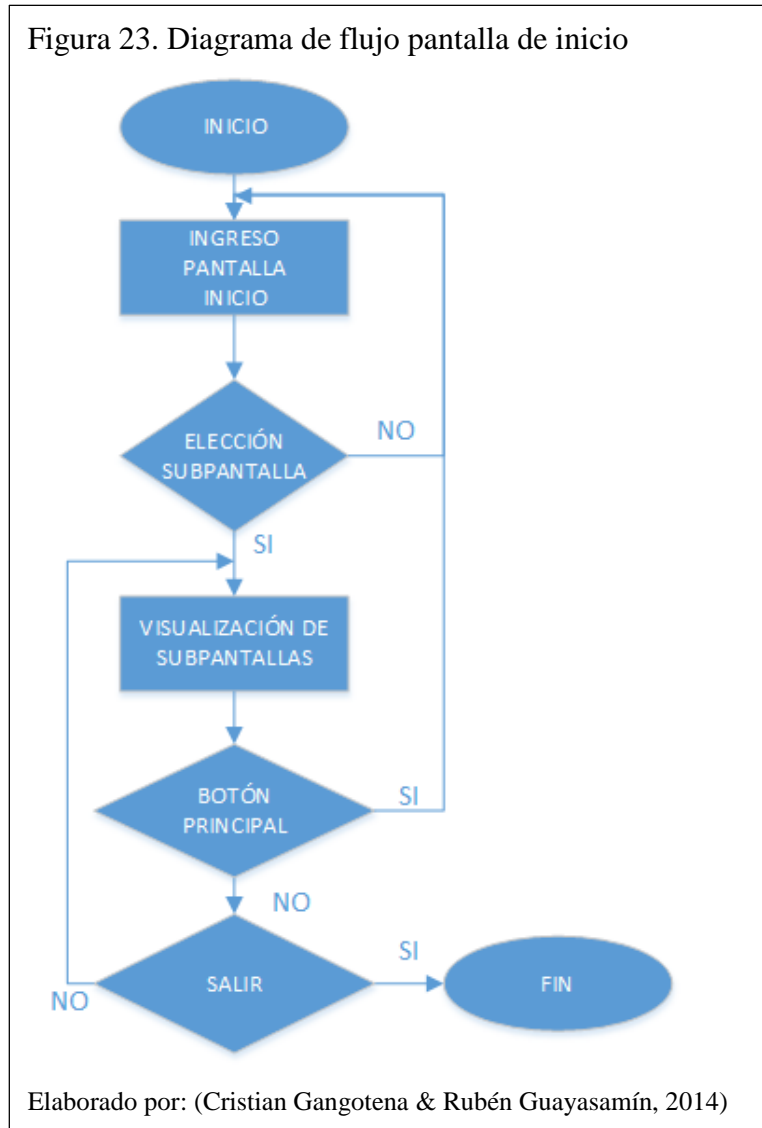
Tabla 16. Descripción de la pantalla de inicio

Icono	Descripción
Principal	Muestra la ventana de monitoreo del proceso principal de producción de las piezas pulidas.
Comunicación	Muestra la ventana de monitoreo de las redes de comunicación (PROFIBUS, MPI, ETHERNET) habilitadas para el proceso de producción.
Reportes y alarmas	Muestra la ventana de los reportes de la base de dato y alarmas.
Simulación cámara	Muestra el video del proceso enfocando las partes principales de la planta.
Logout	Finaliza la sesión y abre la ventana de Login.

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Se puede analizar el programa en detalle en el anexo 6.

Figura 23. Diagrama de flujo pantalla de inicio



3.5.3. Ventana principal.

La ventana principal se observa en la figura 35., aquí se configura el proceso principal de producción de las piezas pulidas, y en la parte inferior de la ventana se tiene el menú de navegación del sistema SCADA, en el cual se tienen los siguientes iconos, que mostrarán su respectiva ventana:

Figura 24. Ventana monitoreo principal



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

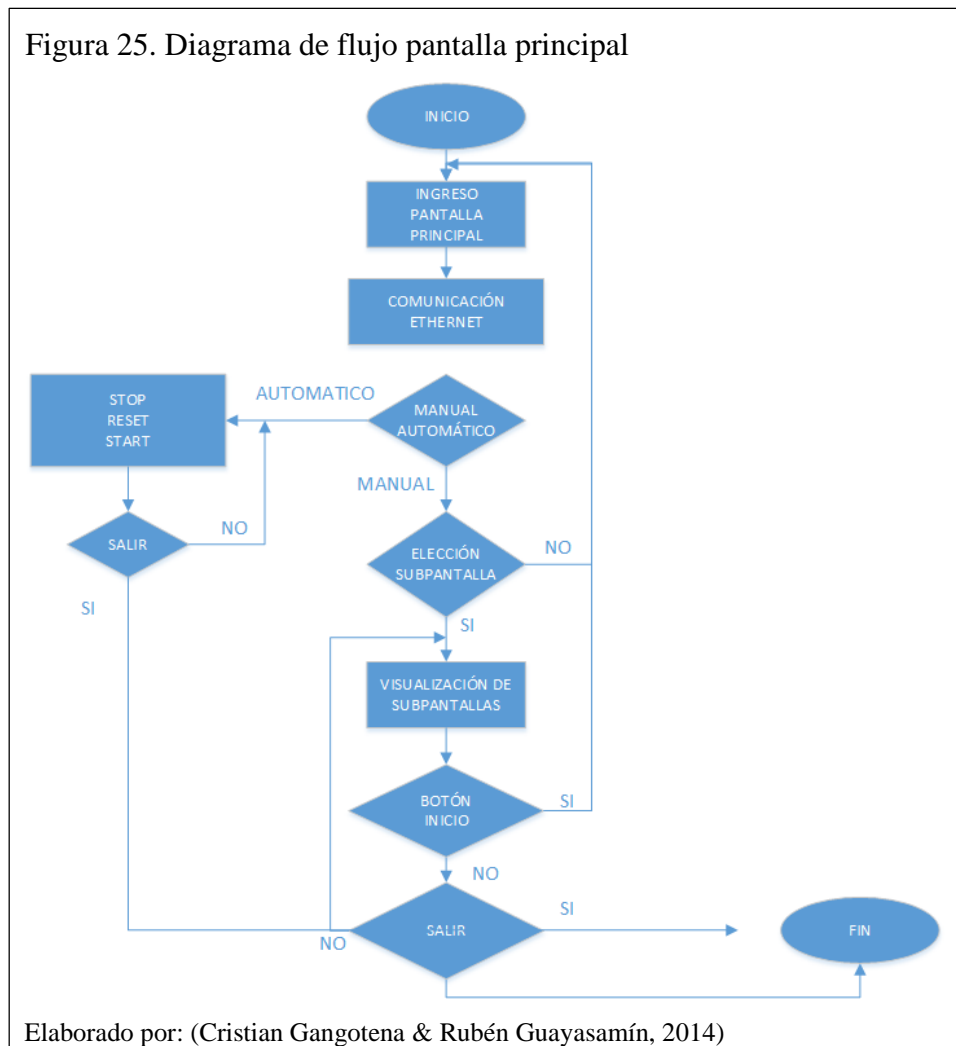
Tabla 17. Descripción de la pantalla principal

Icono	Descripción
Inicio	Muestra la ventana de la carátula del proyecto.
Comunicación	Muestra la ventana de monitoreo de las redes de comunicación (PROFIBUS, MPI, ETHERNET) habilitadas para el proceso de producción.
Reportes y alarmas	Muestra la ventana de los reportes de la base de dato y alarmas.
Hmi report	Muestra la ventana donde se genera los reportes y se puede imprimir el informe.
Simulación cámara	Muestra el video del proceso enfocando las partes principales de la planta.
Piezas salientes	Visualiza el número de piezas que salen de la estación de alimentación.
Piezas rechazadas	Visualiza el número de piezas que no pasan de la estación de verificación.
Piezas a producir	Visualiza el número de piezas que pasan de la estación de verificación.
Piezas terminadas	Visualiza las piezas terminadas de la estación de procesado.
Faltan piezas	Alarma visual de falta de pieza en la estación de alimentación.
Inicio de ciclo	Da inicio al proceso de producción.
Reset	Borra todos los datos que se encuentran guardados en el proceso.
Man / auto	Selector de funcionamiento del proceso de producción.

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Se puede analizar el programa en detalle en el anexo 7.

Figura 25. Diagrama de flujo pantalla principal

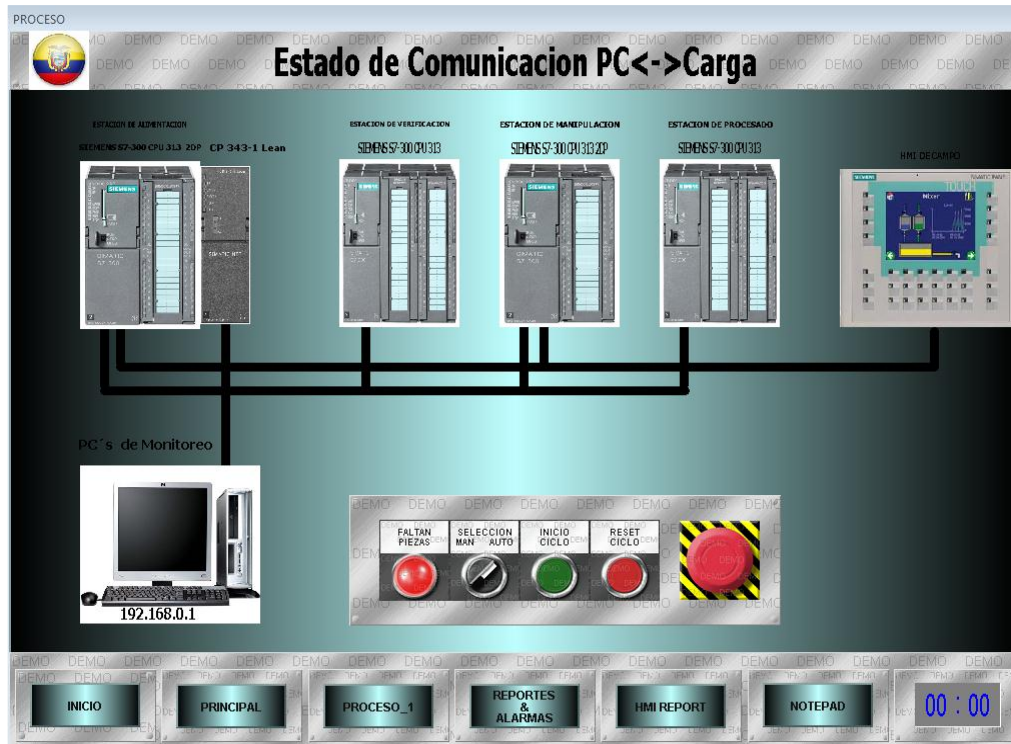


Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

3.5.4. Ventana comunicación.

La ventana inicio se la observa en la figura 37., aquí se configura la carátula del proyecto, y en la parte inferior de la ventana se tiene el menú de navegación del sistema SCADA, en el cual se tienen los siguientes iconos, que mostrarán su respectiva ventana:

Figura 26. Ventana monitoreo de comunicación



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

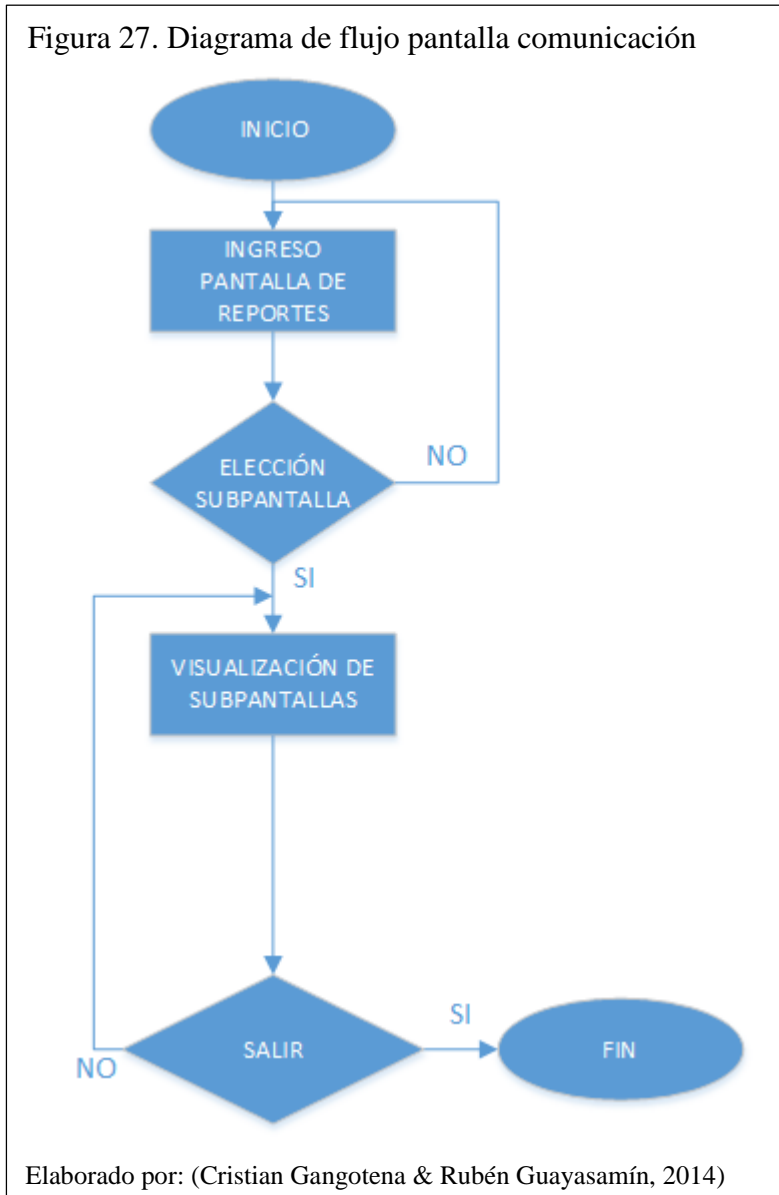
Tabla 18. Descripción de la pantalla monitoreo de comunicación

Botón	Descripción
Inicio	Muestra la ventana de la carátula del proyecto.
Principal	Muestra la ventana de monitoreo del proceso principal de producción de las piezas pulidas.
Reportes y alarmas	Muestra la ventana de los reportes de la base de dato y alarmas.
Hmi report	Muestra la ventana donde se genera los reportes y se puede imprimir el informe.
Notepad	Muestra un blog de notas para apuntes imprevistos.
Inicio de ciclo	Da inicio al proceso de producción.
Reset	Borra todos los datos que se encuentran guardados en el proceso.
Man / auto	Selector de funcionamiento del proceso de producción.

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Se puede analizar el programa en detalle en el anexo 8.

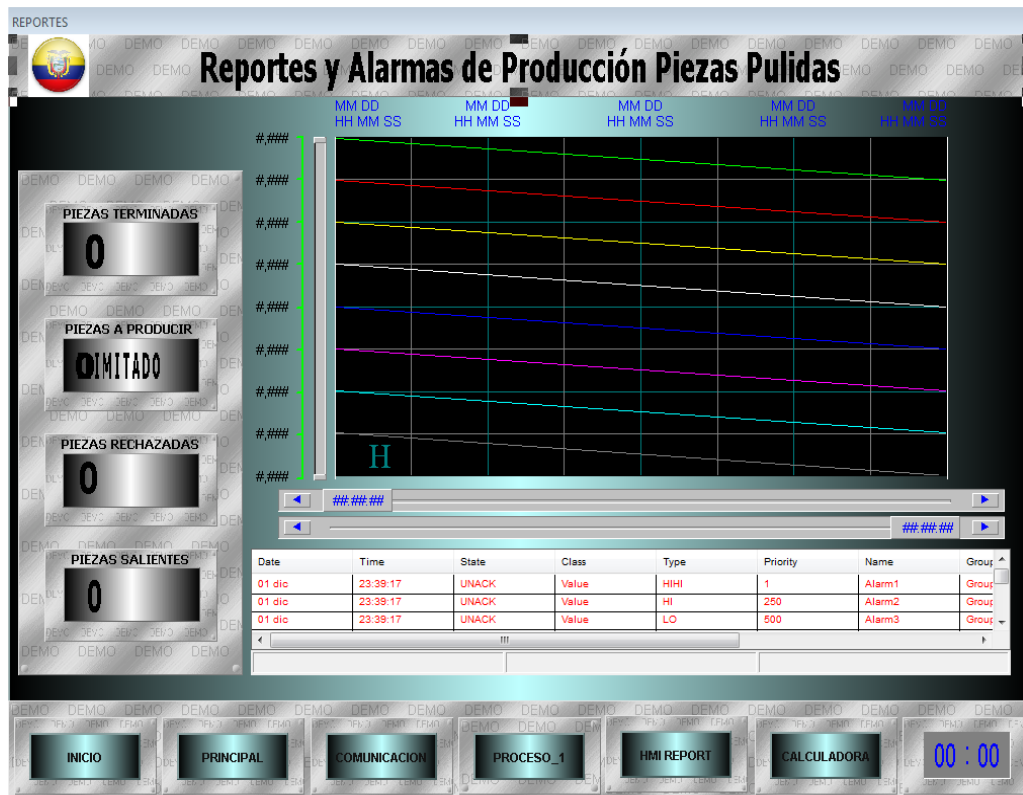
Figura 27. Diagrama de flujo pantalla comunicación



3.5.5. Ventana reportes y alarmas.

La ventana inicio se la observa en la figura 39., aquí se configura la carátula del proyecto, y en la parte inferior de la ventana se tiene el menú de navegación del sistema SCADA, en el cual se tienen los siguientes iconos, que mostrarán su respectiva ventana:

Figura 28. Ventana de reportes y alarmas



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

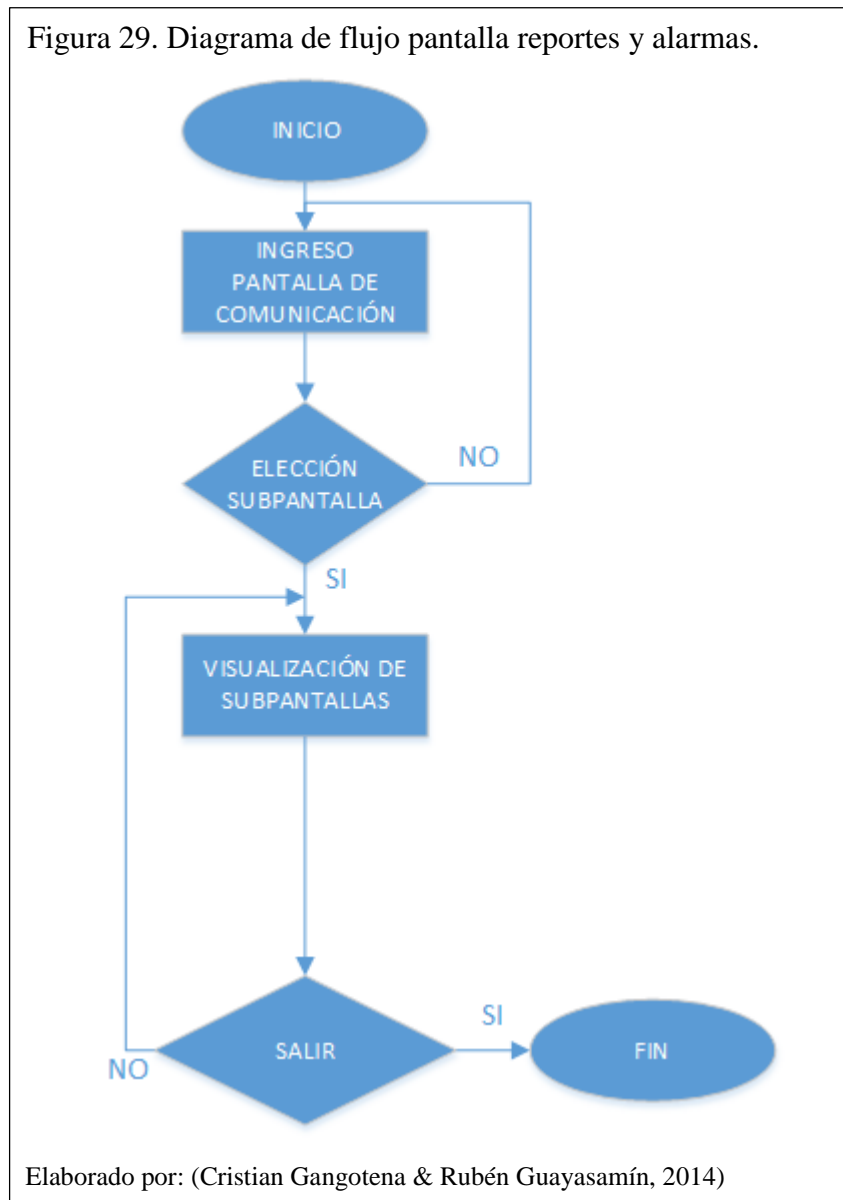
Tabla 19. Descripción de la pantalla reportes y alarmas

Icono	Descripción
Inicio	Muestra la ventana de la carátula del proyecto.
Principal	Muestra la ventana de monitoreo del proceso principal de producción de las piezas pulidas.
Comunicación	Muestra la ventana de monitoreo de las redes de comunicación (PROFIBUS, MPI, ETHERNET) habilitadas para el proceso de producción.
Hmi report	Muestra la ventana donde se genera los reportes y se puede imprimir el informe.
Simulación cámara	Muestra el video del proceso enfocando las partes principales de la planta.
Piezas salientes	Visualiza el número de piezas que salen de la estación de alimentación.
Piezas rechazadas	Visualiza el número de piezas que no pasan de la estación de verificación.
Piezas a producir	Visualiza el número de piezas que pasan de la estación de verificación.
Piezas terminadas	Visualiza las piezas terminadas de la estación de procesado.

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Se puede analizar el programa en detalle en el anexo 9.

Figura 29. Diagrama de flujo pantalla reportes y alarmas.



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

3.6. Implementación de la red de comunicación

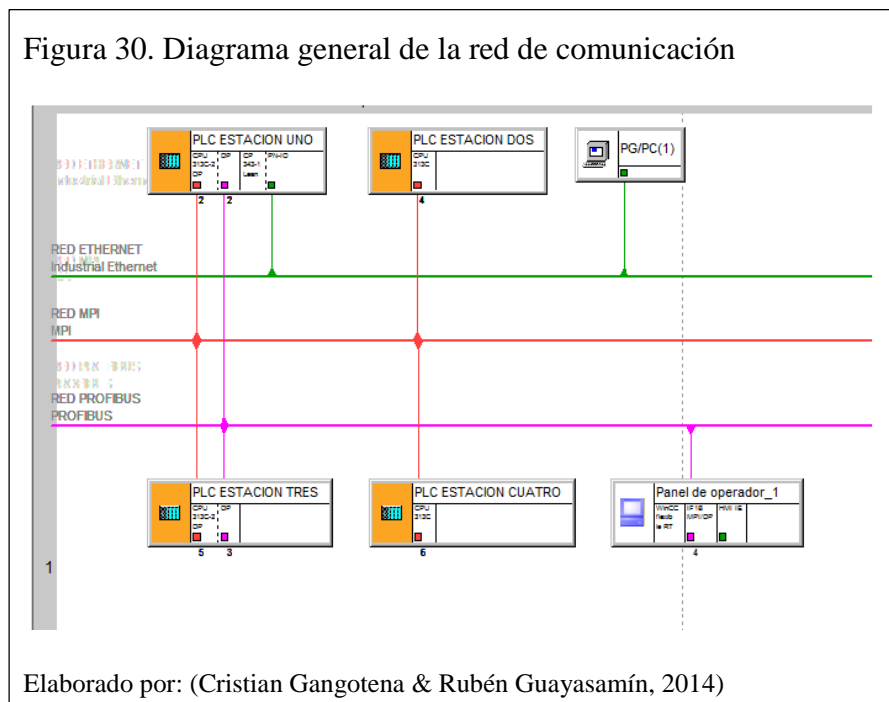
El proceso será supervisado a través de un computador, el cual se encontrará fuera del área de producción, y se comunicará mediante el protocolo Ethernet, utilizando un bus de datos entre la computadora y el PLC de la estación de alimentación o de abastecimiento.

La pantalla HMI, que se encuentra dentro del área de producción y que servirá para que el operador ponga en estado de “arranque” y “pare” la producción, además de

mostrar en qué estado se encuentran las variables más importantes del proceso, se comunicará mediante el protocolo Profibus con el PLC de la primera estación.

Solo dos de los cuatro PLC soportan comunicación Profibus el PLC de la estación de alimentación o de abastecimiento y el PLC de la estación de procesado o de maquinado, así que se utilizará este protocolo para la comunicación entre ellos, la comunicación con los otros PLC será mediante el protocolo MPI.

En la figura 41., se puede observar claramente los buses de comunicación, y los equipos correspondientes conectados a ellas. La primera línea de color rojo representa la red MPI, la segunda línea de color morado representa la red Profibus, y la tercera de color verde representa la red industrial Ethernet.



3.6.1. Implementación de la red profibus.

La red profibus estará compuesta por dos PLC's S7-300-2 DP y el panel operador. Se debe programar a uno de los dos PLC's como esclavo de la red, en este caso se escogerá al PLC de la estación 3 como esclavo, el cual debe ser configurado en el HW Config del STEP 7, ahí también se debe programar el buffer para la comunicación Profibus entre ambos PLC's, luego de haber configurado al PLC de la estación 3 como

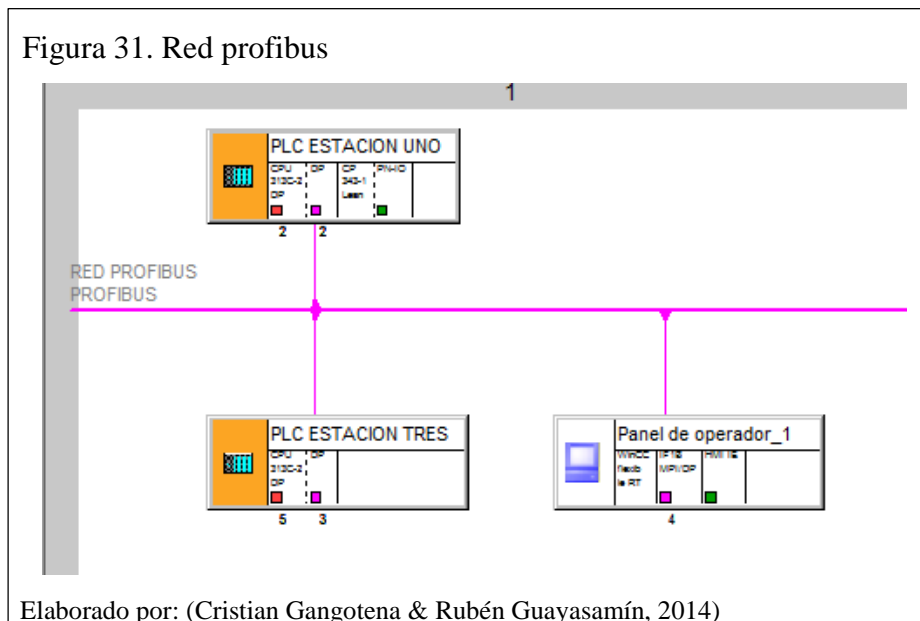
esclavo se debe abrir la configuración del hardware del PLC de la estación 1 y acoplar el PLC esclavo, así quedará lista y configurada la red entre PLC's

El panel operador se comunicará con el PLC de la estación uno también mediante Profibus, para esto en la configuración de WinCC del HMI se debe crear una conexión activa con dicho PLC.

Tabla 20. Configuración profibus

Equipo	Interfaz	Dirección	Velocidad	Medio Físico
CPU 313C-2 DP estación de alimentación	DP	2	1.5 Mbit/s	RS-485
CPU 313C-2 DP estación de procesado	DP	3		
Panel operador	IF1B MPI/DP	4		

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)



3.6.1.1. Configuración de la red profibus PLC – PLC.

En primer lugar, se debe tomar en cuenta el equipo que se va a utilizar son PLC's Siemens, de la serie s7-300 CPU 313C-2 DP, los cuales soportan el protocolo de comunicación Profibus DP, para ser posible la comunicación entre ambos PLC, se debe asignar a uno de ellos como maestro de la red y al otro como esclavo. Se va a

designar al PLC de la primera estación como maestro del bus, y al PLC de la tercera estación como esclavo, para esto se va a realizar la siguiente configuración.

Una vez que se ha insertado ambos PLC's en el proyecto y se han realizado las configuraciones de hardware adecuados para cada PLC, tal como se hizo en el capítulo 3.3, se puede notar claramente que cada uno tiene su propia dirección Profibus y que se encuentran perfectamente conectados a la red. Ahora lo que se necesita hacer es que exista comunicación entre ellos, esto quiere decir que se va a definir la manera de comunicarse entre ambos PLC's, para esto se va a designar a uno como maestro y al otro como esclavo del bus Profibus, el PLC de la estación de procesado será el que se va a configurar como esclavo de la red, para esto abrimos la configuración de hardware "Hw Config" del PLC 3 y nos dirigimos a la configuración Profibus, para esto dar doble clic sobre el slot 2 encima del módulo "DP", dirigirse hacia la pestaña de "modo de operación" y escoger la opción "esclavo DP".

Ya determinado al PLC de la estación de procesado (3) como esclavo del bus, se procede a definir las variables que se van a utilizar en la comunicación, para esto dar clic sobre la pestaña de "configuración" y luego dar clic en "nuevo", se va a agregar las siguientes variables.

Tabla 21. Direcciones profibus PLC 3 estación de procesado

Tipo de dirección	Dirección	Longitud	Unidad
Entrada	0	1	Word
Entrada	2	1	Word
Entrada	4	1	Word
Entrada	6	1	Word
Entrada	8	1	Word
Salida	0	1	Word
Salida	2	1	Word
Salida	4	1	Word
Salida	6	1	Word
Salida	8	1	Word

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Definido el PLC de la estación 3 como esclavo y configurado su buffer de comunicación correctamente, se procede a acoplar al PLC de la estación uno, y a completar el buffer de comunicación que tendrán estos PLC's, en este caso las direcciones van a ser recíprocas, esto quiere decir que las direcciones de la salida de un PLC van a ser las direcciones de entrada en el otro y viceversa.

Tabla 22. Configuración buffer de comunicación profibus

Direcciones profibus PLC estación de alimentación				PLC esclavo	
Tipo de dirección	Dirección	Longitud	Unidad	Tipo de dirección	Dirección
Salida	0	1	Word	Entrada	0
Salida	2	1	Word	Entrada	2
Salida	4	1	Word	Entrada	4
Salida	6	1	Word	Entrada	6
Salida	8	1	Word	Entrada	8
Entrada	0	1	Word	Salida	0
Entrada	2	1	Word	Salida	2
Entrada	4	1	Word	Salida	4
Entrada	6	1	Word	Salida	6
Entrada	8	1	Word	Salida	8

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Completada la configuración del buffer de comunicación cerrar la ventana dando clic en aceptar, dando como resultado el correcto acoplamiento del esclavo DP a la red y al maestro Profibus.

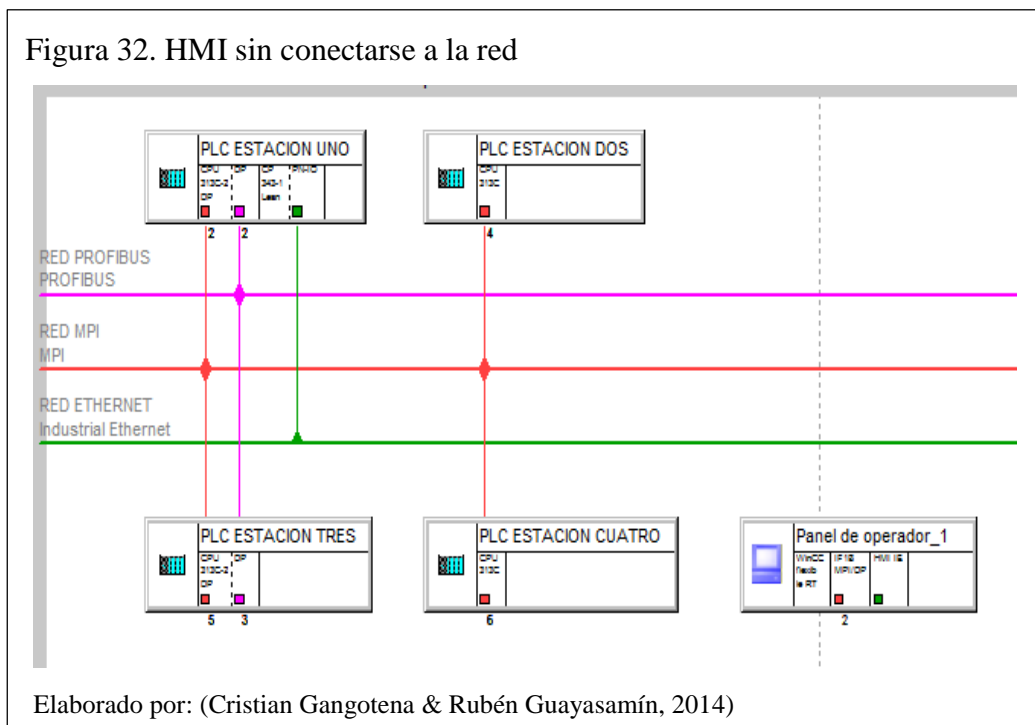
Finalizado la configuración, guardar y cerrar el "HW Config", quedando la red profibus terminada y lista para proceder con el siguiente paso que sería la programación.

3.6.1.2. Configuración de la red profibus PLC – HMI.

Se mencionó anteriormente, que existirá un panel operador dentro del proceso, el cual permite a un operario manipular las funciones básicas de la producción, entre ellas el estado de "arranque" y "pare", el panel operador a utilizarse será una pantalla Siemens OP 177b, el cual permite la comunicación Profibus DP, y puede ser programado mediante WinCC.

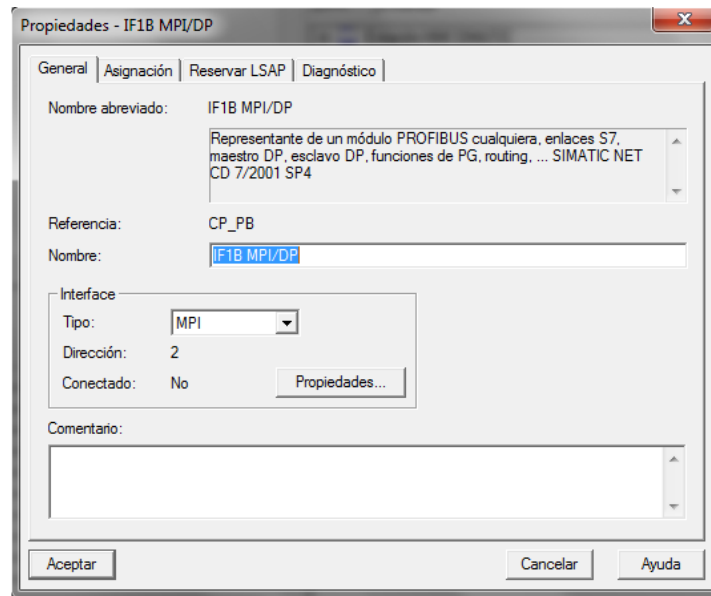
Terminado de crear el proyecto en WinCC y acoplado con el proyecto de Step 7, abrimos el proyecto de Simatic manager, y aparecerá la ventana principal con todos los equipos y redes de comunicación del sistema de control distribuido, dar doble clic sobre “red Profibus” para abrir el subprograma “NetPro”, de configuraciones de red, aquí se puede observar claramente que equipos están conectados a cada red, nótese que “panel de operador_1” no se encuentra conectado a ninguna, porque aún no se ha configurado.

Figura 32. HMI sin conectarse a la red



A continuación se procede a configurar el panel operador para que quede acoplado a la red profibus, para esto dar doble clic sobre él, en la sección del icono azul, se abrirá el subprograma “Hw Config” en el cual se puede modificar toda la configuración de hardware que esté disponible, al abrir las propiedades del objeto se observa que el slot cuatro (4) tiene el módulo “IF1B MPI/DP”, que es el cual se va a modificar, para esto dar doble clic sobre el slot cuatro (4).

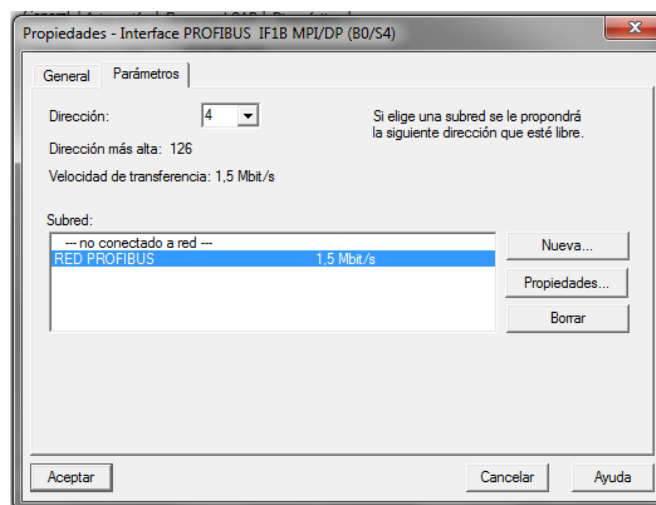
Figura 33. Propiedades módulo DP panel operador



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

En la sección de interface, donde dice “tipo”, se despliega el menú y debe aparecer la opción profibus, se debe seleccionar esta opción y dar clic en el botón “propiedades” y debe aparecer la ventana de propiedades de la interfaz profibus del módulo IF1B MPI/DP sin asignar a ninguna red, se selecciona de la lista la única subred configurada que es la “red profibus”.

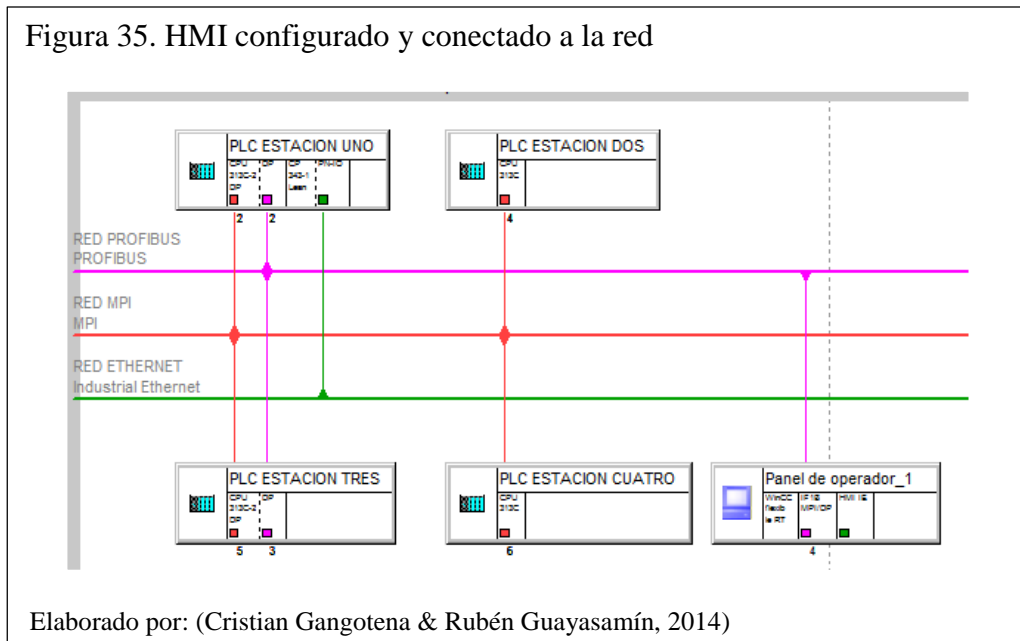
Figura 34. Propiedades interfaz profibus del panel operador



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

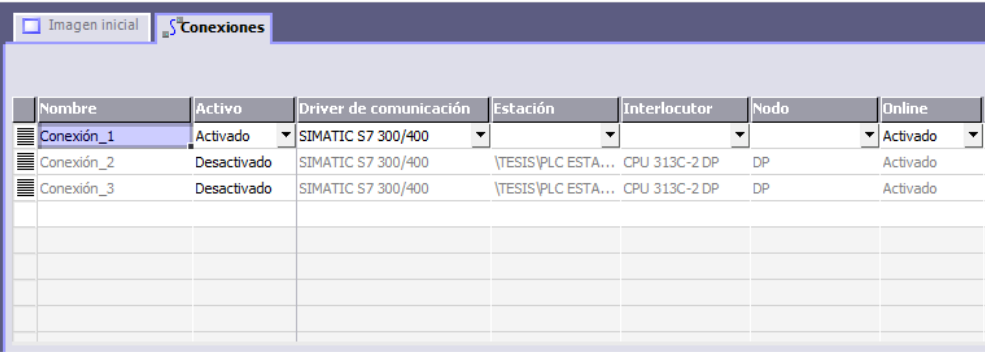
Seleccionada la subred, se puede ver que automáticamente la dirección dos (2) que estaba por defecto cambia a la dirección cuatro (4), se cierra la ventana de propiedades dando clic en aceptar, puede observar que ahora en la sección de “interface” de la ventana de propiedades muestra que se encuentra conectado a la red profibus, se cierra dando clic en aceptar, se debe guardar la configuración del HMI y se cierra el “Hw Config”, ahora se puede observar en el “NetPro” que el panel operador se encuentra conectado a la red profibus.

Figura 35. HMI configurado y conectado a la red



Guardar y cerrar el “NetPro”, una vez finalizada la configuración y acoplamiento a la red profibus del panel operador en el Simatic Step 7, abrimos el proyecto de WinCC creado anteriormente; buscar en el panel de navegación del proyecto la opción de “conexiones” y abrirla dando doble clic sobre esta, aparecerá la siguiente figura 47.

Figura 36. Conexiones del panel operador

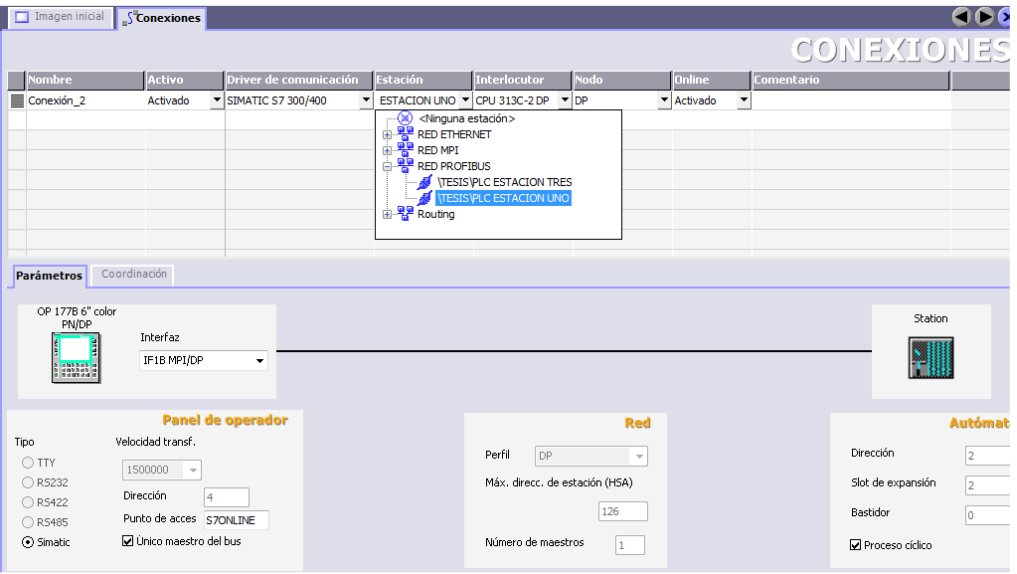


Nombre	Activo	Driver de comunicación	Estación	Interlocutor	Nodo	Online
Conexión_1	Activado	SIMATIC S7 300/400				Activado
Conexión_2	Desactivado	SIMATIC S7 300/400	\\TESIS\PLC ESTA...	CPU 313C-2 DP	DP	Activado
Conexión_3	Desactivado	SIMATIC S7 300/400	\\TESIS\PLC ESTA...	CPU 313C-2 DP	DP	Activado

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Como en el proyecto Step 7 se acopló el panel operador a la red profibus, automáticamente se crean dos conexiones en el proyecto de WinCC, cada una para cada PLC profibus DP, además haciendo doble clic se crea una conexión en blanco lista para ser editada; lo que se procede a hacer es eliminar las dos conexiones sobrantes, simplemente de dejará activa la conexión con el PLC de la estación de alimentación (1), para esto primero borrar la conexión en blanco, dando clic derecho sobre esta, igualmente con la conexión tres (3), dejando únicamente la conexión (2) activa y asegurándose de que en la pestaña “estación” esté seleccionada la estación de alimentación, tal como lo muestra la figura 48.

Figura 37. Configuración conexión HMI con PLC 1



The screenshot shows the 'CONEXIONES' window with 'Conexión_2' selected. The table below shows the configuration for this connection:

Nombre	Activo	Driver de comunicación	Estación	Interlocutor	Nodo	Online	Comentario
Conexión_2	Activado	SIMATIC S7 300/400	ESTACION UNO	CPU 313C-2 DP	DP	Activado	

Below the table, the 'Parámetros' section is visible, showing settings for the HMI (OP 177B 6" color PN/DP) and the PLC (Station). The 'Panel de operador' section includes options for 'Tipo' (Simatic selected), 'Velocidad transf.' (1500000), 'Dirección' (4), 'Punto de acces' (S7ONLINE), and 'Unico maestro del bus' (checked). The 'Red' section shows 'Perfil' (DP), 'Máx. direcc. de estación (HSA)' (126), and 'Número de maestros' (1). The 'Autómat' section shows 'Dirección' (2), 'Slot de expansión' (2), 'Bastidor' (0), and 'Proceso cíclico' (checked).

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Así queda lista la configuración de la red profibus entre el PLC de la estación de alimentación y la pantalla HMI, quedando lista para la programación.

3.6.2. Implementación de la red MPI.

Para la comunicación entre los PLC's que no cuentan con el hardware suficiente para Profibus, se va a escoger la comunicación MPI, por lo tanto, el PLC de la estación de alimentación (1) se comunicará con los PLC's de la estación de verificación (2) y cuatro (4) mediante este protocolo para el intercambio de datos. En el bus MPI se tienen los siguientes protocolos:

- Comunicación básica s7.
- Comunicación s7.
- Comunicación de datos globales (DG).
- Comunicación PG/OP.

El tipo de protocolo que se va a utilizar en el proyecto es de comunicación de datos globales (gd), en el cual se tiene dos tipos de procesamiento de datos que son los siguientes:

- Cíclico.
- Por evento.

Al momento de crear el proyecto en Step 7, se puso direcciones MPI diferentes a cada módulo de cada Estación, así que al abrir la configuración de la subred “red MPI”, en el subprograma “NetPro” debe lucir de la siguiente manera, tal y como muestra la figura 49.

Tabla 23. Configuración distribuida de la red MPI

Equipo	Interfaz	Dirección	Velocidad	Medio Físico
PLC Estación 1	MPI	2	187.5 Kbit/s	RS-485
PLC Estación 2	MPI	4		
PLC Estación 3	MPI	5		
PLC Estación 4	MPI	6		

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

La opción definir datos globales, sirve para fijar el buffer de comunicación que existirá en la red MPI, se va a ingresar los datos globales.

Tabla 24. Buffer de comunicación GD red MPI

CPU Alimentación	CPU Verificación	CPU Manipulación	CPU Procesado	EMISOR
MW60	MW62	MW62	MW62	CPU Alimentación
MW64	MW60	MW64	MW64	CPU Verificación
MW66	MW66	MW60	MW66	CPU Manipulación
MW62	MW64	MW66	MW60	CPU Procesado

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

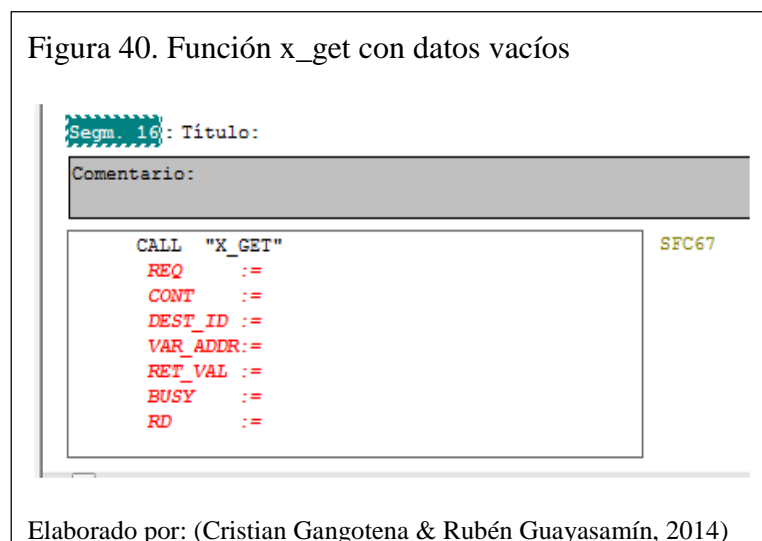
Para definir cuál de los todos los CPU's será el emisor en cada línea, dar clic derecho sobre la celda que se desea que sea el emisor y elegir la opción "emisor".

3.6.2.2. Configuración de la red MPI dg por evento.

Para la comunicación e intercambio de datos en la red MPI tipo GD por evento, se va a utilizar la función del sistema sfc67 o "x_get" que servirá para la lectura de datos, y para la escritura se va a utilizar la función del sistema sfc68 o "x_put".

Para esto dentro de la programación de cada PLC, en el bloque de organización ob1, se va a escribir en lenguaje AWL "call sfc 67" o "call sfc 68", dependiendo de cada caso.

Figura 40. Función x_get con datos vacíos



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Figura 41. Función x_put con datos vacíos

```

Segm. 16: Titulo:
Comentario:

CALL "X_PUT"                                SFC68
REQ      :=
CONT     :=
DEST_ID  :=
VAR_ADDR:=
SD       :=
RET_VAL  :=
BUSY     :=
    
```

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

La programación de cada PLC y de función en los diferentes casos se encuentra adjunta en los archivos anexos, pero a continuación se detallan los parámetros de entrada y salida que se deben tomar en cuenta en cada caso.

Tabla 25. Descripción de los parámetros de entrada de la función x_get

Parámetro de entrada	Variable	Descripción
Req	M0.1	El parámetro de entrada req (request to activate) es un parámetro de control, controlado por flanco. Un flanco positivo en la entrada m0.1 del s7-300 / s7-400 inicia la lectura de los datos en el s7-200
Cont	False	El parámetro de entrada cont (continue) es un parámetro de control con el que se determina si el enlace con el compañero de la comunicación sigue activo tras la finalización del servicio. Cont = 0: el enlace se desactiva tras la finalización de la transferencia de datos. cont = 1: el enlace se mantiene activo tras la finalización de la transferencia de datos.
Dest_id	W#16#4	Dirección MPI de la CPU del s7-200
Var_addr	P#db1.dbx 10.0 byte 10	Referencia a la zona de la CPU partner que se deben leer. Se leen 10 bytes de datos de la zona de variables (vb) del s7-200, a partir de la dirección 10.

Fuente: (Morris, 2009, p. 587)

Tabla 26. Descripción de los parámetros de salida de la función x_get

Parámetro de salida	Variable	Descripción
Ret_val	Mw 2	En caso de que aparezca un fallo durante la elaboración de la función, el valor de retorno contiene el código de fallo correspondiente. En caso de que no aparezca ningún fallo, el parámetro Ret_val contiene la longitud en bytes del bloque de datos copiados en el buffer de recepción RD
Busy	M12.1	Busy = 1: todavía no ha terminado el proceso de recepción. Busy = 0: ya ha terminado el proceso de recepción o no hay ninguno activo.
RD	P#db10.dbx 10.0 byte 10	Referencia al buffer de recepción (receiver data area). Están permitidos los siguientes tipos de datos: bool, byte, word, dword, así como arrays de los tipos de datos mencionados, con la excepción del tipo bool.

Fuente: (Morris, 2009, p. 587)

Tabla 27. Descripción de los parámetros de entrada de la función x_put

Parámetro de entrada	Variable	Descripción
Req	M100.1	El parámetro de entrada req (request to activate) es un parámetro de control, controlado por flanco. Un flanco positivo en la entrada m100.1 del s7-300 / s7-400 inicia la escritura de los datos en el s7-200
Cont	False	El parámetro de entrada cont (continue) es un parámetro de control con el que se determina si el enlace con el partner de comunicación sigue activo tras la finalización del servicio. Cont = 0: el enlace se desactiva tras la finalización de la transferencia de datos. cont = 1: el enlace se mantiene activo tras la finalización de la transferencia de datos.
Dest_id	W#16#4	Dirección MPI de la CPU del s7-200
Var_addr	P#db1.dbx 20.0 byte 10	Referencia a la zona de la CPU partner en la que se debe escribir. Se escriben 10 bytes de datos en la zona de variables (vb) del s7-200, a partir de la dirección 20.

Fuente: (Morris, 2009, p. 588)

Implementado el cableado se procede a configurar el protocolo de comunicación Industrial Ethernet entre la PC (Scada de monitoreo y base de datos) con el PLC Master (Estación de Alimentación), quedan configurados con las siguientes direcciones IP, como se aprecia en la tabla 29.

Tabla 29. Direcciones IP asignadas a los equipos

Equipos	Direcciones IP
PC (Scada de monitoreo y base de datos)	192.168.0.1
PLC Master (Estación de Alimentación)	192.168.100
HMI (Pantalla de Campo)	192.168.100

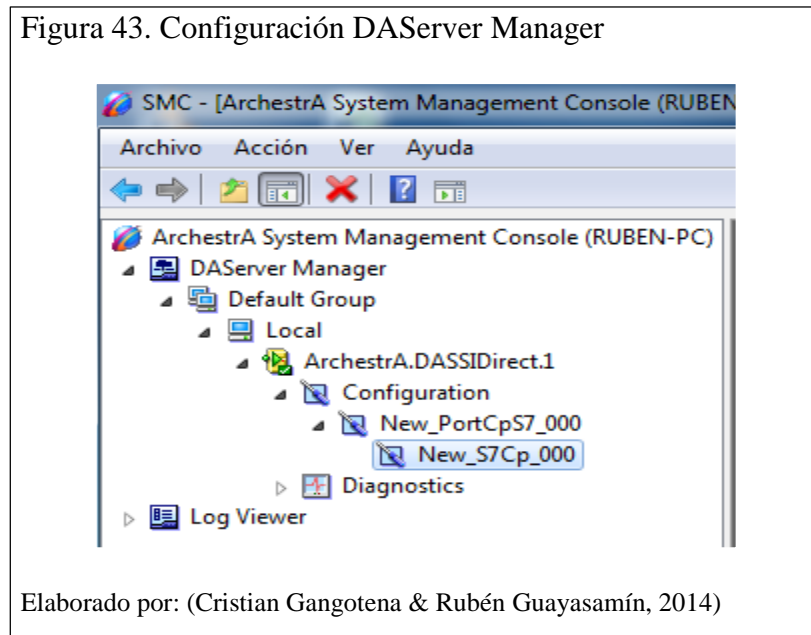
Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

3.6.3.1. Configuración DAServer Manager para comunicación PC-PLC.

Para preparar el SIDirect DAServer:

1. Instale el Wonderware SIDirect DAServer desde Windows con setup.exe y durante la instalación aceptar todos los valores predeterminados. Debido a que no hay valores predeterminados para la configuración de seguridad, tenga en cuenta el nombre de usuario y la contraseña seleccionada durante la instalación.
2. Inicie el administrador DAServer Wonderware, seleccionando el programa en Wonderware SMC (System Management Console).
3. Seleccione la consola de administración del sistema Orchestra y encontrar el DAServer SIDirect en el árbol del DAServer Manager. En el nodo local, el nombre DASERVER es ArchestrA.DASSIDirect.1.
4. Determinar la estructura jerárquica del entorno de Red/PLC al que va a conectar.
5. Configure el nuevo DAServer SIDirect, seleccionando en la rama de jerarquía se agrega New_PortCpS7_000. El SIDirect DAServer permite sólo 1 (uno) PortCpS7 instancia de objeto en la jerarquía.
6. Seleccione el objeto New_PortCpS7_000 que ha creado en el árbol. Y agregar S7Cp_000. El SIDirect DAServer permite hasta 1.024 objetos en la jerarquía.

Figura 43. Configuración DAServer Manager



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

La configuración S7Cp_000 tiene siete elementos, seis de los cuales se pueden configurar:

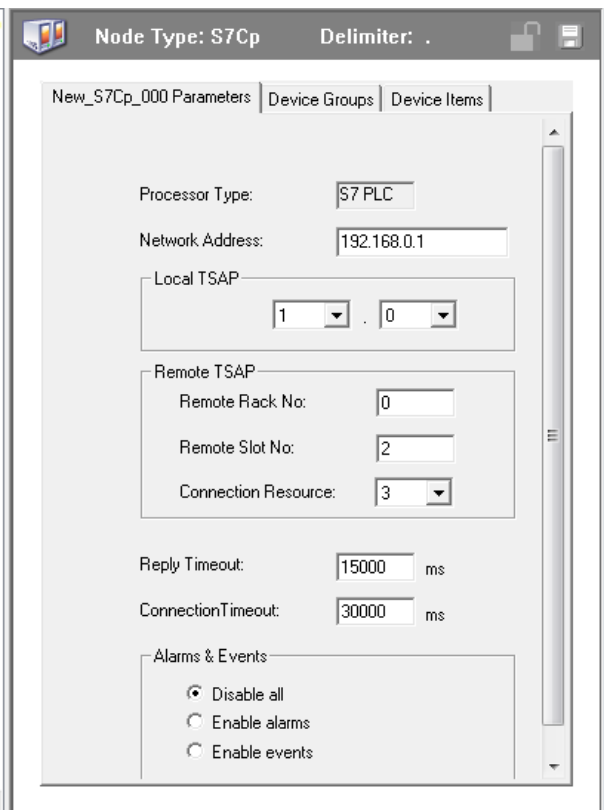
1. Tipo de procesador: El tipo de procesador es S7PLC.
2. Dirección de red: La dirección IP o el nombre de la remota S7Cp host.
Escriba la dirección de red donde se encuentra el PLC, para este caso es 192.168.0.1, La dirección no puede ser más de 255 caracteres.
3. Local TSAP: Seleccione los números hexadecimales para los recursos de enlaces en el menú. El TSAP local consta de dos (2) números hexadecimales. El primer número corresponde al recurso de conexión. Cada número oscila entre 00 y FF. Los valores por defecto son 01 y 00, respectivamente.
4. Remoto TSAP: Configurar escribiendo los números decimales del Rack Remoto y Slot Remoto cuyos valores van de 0 a 255, los valores por defecto de 0 y 3, respectivamente. El valor de la conexión recursos oscila entre 00 y FF. El valor por defecto es 03.
5. Tiempo de espera de replica: Introduzca un valor, en milisegundos, más allá de los mensajes que el tiempo de espera.
 - Rango admisible es de 0 a 100 000 milisegundos.
 - El valor predeterminado es 15.000 milisegundos.

Si reduce este valor, la SIDirect DAServer reacciona con mayor rapidez a un fallo en las comunicaciones.

6. Tiempo de espera de conexión: Introduzca un valor en milisegundos a partir del cual una solicitud pendiente para iniciar un tiempo de conexión a cabo.
 - Rango admisible es de 0 a 100 000 milisegundos.
 - El valor predeterminado es 30.000 milisegundos.
7. Alarmas y eventos: Habilitar o desactivar alarmas y eventos tanto para esta conexión, seleccione:
 - Desactivar todos
 - Activar las alarmas.
 - Activar eventos.

En una relación, de alarmas, eventos, o ninguno se pueden configurar. Si necesita tener acceso a las dos alarmas y eventos, crear dos conexiones diferentes.

Figura 44. Configuración New_S7Cp_000



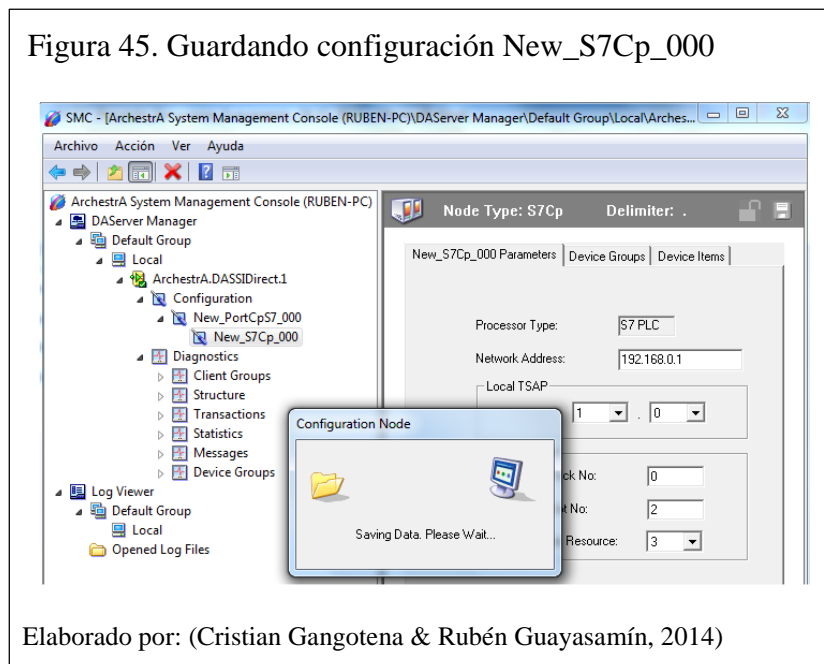
The screenshot shows a configuration window titled "New_S7Cp_000 Parameters". The window has a title bar with "Node Type: S7Cp" and "Delimiter: .". The main area contains several fields and sections:

- Processor Type:** A dropdown menu set to "S7 PLC".
- Network Address:** A text input field containing "192.168.0.1".
- Local TSAP:** A section with two dropdown menus, the first set to "1" and the second to "0".
- Remote TSAP:** A section with three fields: "Remote Rack No:" (text input "0"), "Remote Slot No:" (text input "2"), and "Connection Resource:" (dropdown menu "3").
- Reply Timeout:** A text input field "15000" followed by "ms".
- Connection Timeout:** A text input field "30000" followed by "ms".
- Alarms & Events:** A section with three radio buttons: "Disable all" (selected), "Enable alarms", and "Enable events".

At the bottom of the window, there is a scroll bar on the right side.

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Cada vista de la configuración asociada con los objetos de la SIDirect árbol jerárquico DAServer tiene un botón guardar. Al modificar los parámetros, el cuadro de diálogo grupos de dispositivos, o el cuadro de diálogo elementos de dispositivos, guardar para aplicar las nuevas modificaciones. Si intenta abrir otro cuadro de diálogo de configuración se le pide guardar los nuevos datos en el conjunto de configuración.



Para ejecutar el ArchestrA.DASSIDirect.1 configurar como servicio, escoger entre: Auto Service, Manual Service, Not a Service, una vez hecho esto, activar el servidor y está listo para su uso.

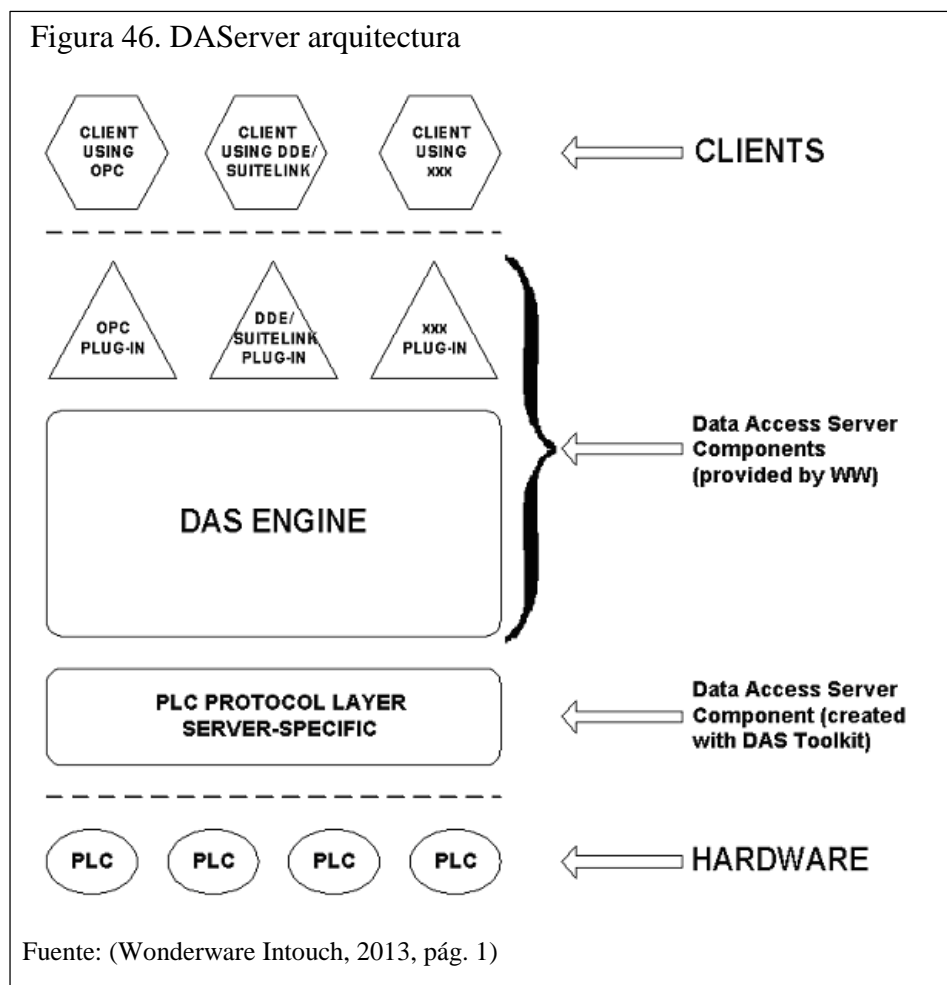
3.6.3.2. DAServer arquitectura.

Cada parte física de un DAServer consiste en un conjunto de archivos .exe y/o .dll de módulos. Wonderware proporciona el plug-ins y el motor de DAS. Usando el kit de herramientas de DAS, se crea el PLC (DAServer específico) módulos de capa de protocolo. Se requiere que todos los tres conjuntos de módulos para un funcionamiento DAServer plenamente.

- **Plug –ins:** Ofrecen una función de traducción de protocolo para los clientes de integración de dispositivos. Típico plug-ins se comunican en DDE, suite link

o protocolo OPC, y sirven como interfaces entre sus clientes y el motor de DAS.

- **DAS Engine:** El motor de DAS es un componente middleware que expone dos tipos de interfaces, uno para la comunicación con los plug-ins y el otro para la comunicación con el PLC.
- **PLC Protocol Layer:** La capa de protocolo PLC proporciona una función de traducción de protocolo para el hardware específico como Modbus, y sirve como una interfaz entre el motor DAS y el hardware.



CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. Resultado final del módulo de producción modular (MPS) mediante comunicación profibus

Se puede observar en la figura 58, la conexión física de la red de comunicación profibus con los PLC's Siemens S7-300 CPU 313C 2DP, de esta forma, no se tendrá la necesidad de conectar los módulos de forma manual mediante cables, ahorrando tiempo y evitando posibles errores en la conexión.

Figura 47. Presentación final del proyecto



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

El funcionamiento de los procesos es exactamente el mismo de la forma manual, con la diferencia que al realizarlo de forma automática se tiene un monitoreo constante, mediante el uso del software Intouch (SCADA) y una pantalla táctil (HMI).

En la figura 59, se muestra el dispensador de piezas a pulir, el mismo que simula la existencia de materia prima en bodega, en esta parte existe un sensor que alerta la ausencia de piezas a procesar.

Figura 48. Módulo de alimentación



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

En la figura 60, se muestra el proceso de clasificación de piezas, que para este caso las piezas de color negro son las defectuosas y las rojas las buenas.

Las piezas defectuosas son apartadas y dejadas en una bandeja para este propósito, y las piezas buenas pasan al proceso de maquinado.

Figura 49. Módulo de verificación: a) Clasificación b) Habilitación



(a)

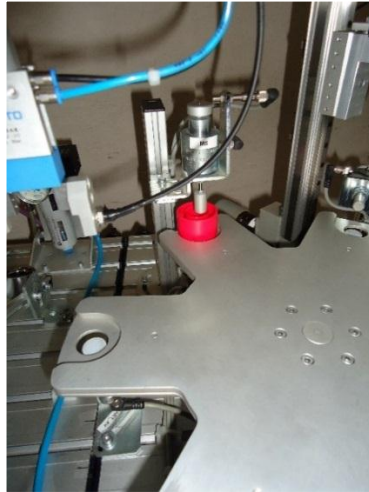


(b)

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

En la figura 61, se muestra el proceso de maquinado, donde un sensor verifica la existencia de perforación dando paso al pulido de la pieza.

Figura 50. Módulo de procesado: a) Verificación b) Pulido



(a)



(b)

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

En la figura 62, se muestra la pieza que pasó el proceso de verificación y es transportada al proceso de maquinado.

Figura 51. Módulo de manipulación transportando la pieza al maquinado:

a) Transportación b) Maquinado



(a)

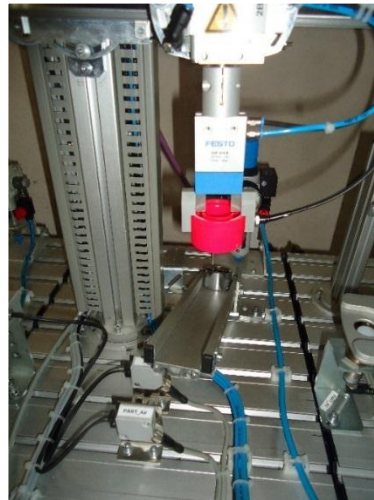


(b)

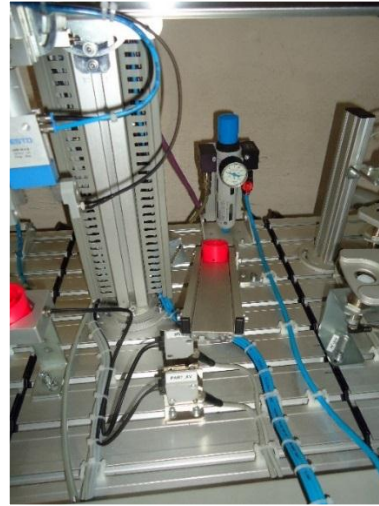
Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

En la figura 63, se muestra la pieza que pasó el proceso de maquinado y es transportada a la bandeja de producto terminado.

Figura 52. Manipulación de pieza: a) Pieza terminada b) Bandeja de almacenamiento



(a)

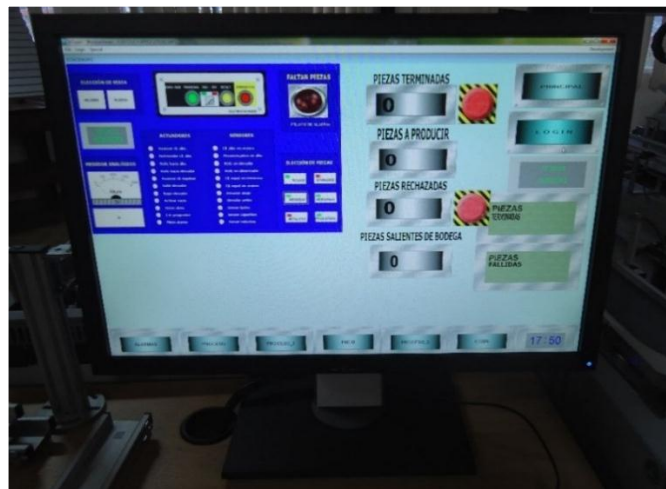


(b)

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

En la figura 64, se muestra la PC con la pantalla de monitoreo de todo el proceso de producción de las piezas pulidas, además almacena en una base de datos la cantidad de piezas salientes de bodega, piezas rechazadas, piezas pulidas.

Figura 53. Estación de monitoreo y almacenamiento de datos



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

4.2. Análisis Financiero del proyecto

Para el análisis financiero se ha utilizado el FODA que refleja los puntos fuertes y débiles del proceso y a partir de estos se propone posibles soluciones.

Fuerzas:

- El sistema maneja un diseño adaptable a las necesidades del cliente.
- Es un sistema que automatiza los procesos.
- Permite el uso óptimo de materia prima.
- Ahorro en gastos para sueldos de operarios innecesarios.
- La inversión se recupera en poco tiempo.
- Es de fácil manejo.

Oportunidades:

- EL parque industrial está en continuo crecimiento.
- El uso de las nuevas tecnologías en este tipo de procesos.
- Gran inversión en automatización de procesos industriales.
- Capacitación constante al personal.

Debilidades:

- Pérdida de la comunicación industrial entre los equipos.
- Cable delicado debe manipularse con cuidado.
- Personal de mantenimiento no capacitado

Amenazas:

- Conexión a Internet en la PC que maneja el SCADA.
- Uso inadecuado de las topologías en la red industrial.

4.2.1. Medidas de mejoramiento.

- Partiendo de las oportunidades se minimiza las debilidades, para alargar la vida útil del sistema, se capacita al personal para el uso adecuado de la red y manipulación de los cables al momento de realizar el mantenimiento.

- La PC que maneja el SCADA será incapacitada para conexión a internet para evitar filtración de virus y hackers.
- Se advertirá que el uso de la topología requiere mayor cuidado, pues está expuesto a ruptura de la red por mala manipulación y de ser el caso este tipo de topología no permite la comunicación.

4.2.2. Costos de materiales.

En la tabla 30., se presenta la cotización del costo de la inversión hecha para automatizar el proceso de pulida de piezas.

Tabla 30. Descripción de gastos del proyecto de automatización.

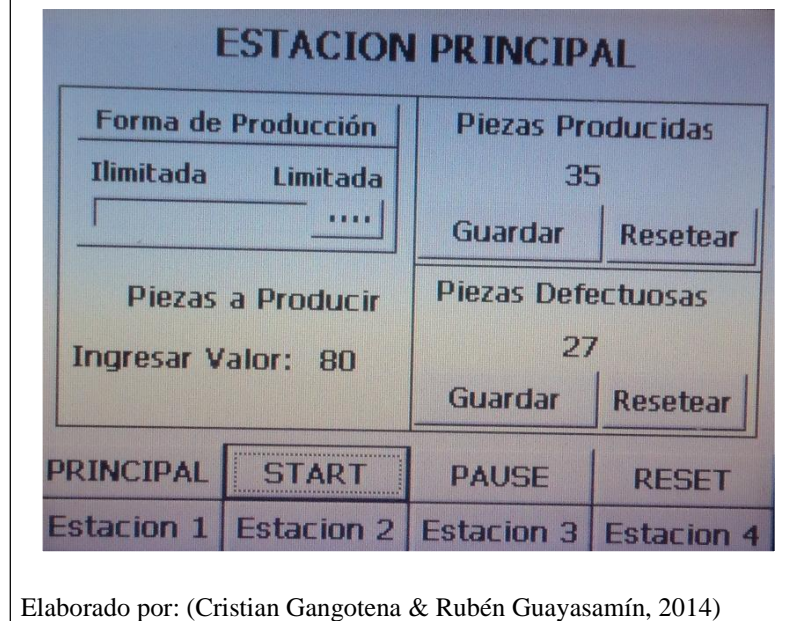
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
1	Conector para PROFIBUS con borne conexión a PC. Angulo de conexión 90°. Sistema de conexionado fácil FAST CONNECT	2	\$ 85	\$ 170
2	Gabinete Metálico 30x30x15 (para TP700)	1	\$ 30	\$ 30
3	Fusibles tipo riel din con fusibles de 0.5 amp.	10	\$ 5	\$ 50
4	Lote de borneras para cable 12AWG.	30	\$ 1,5	\$ 45
5	Cable para comunicación PROFIBUS. Apto para implementar sistema de conexionado fácil "FAST CONNECT".	10	\$ 3,20	\$ 32
6	Cable Flexible #20 AWG (para cablear tablero de control).	50	\$ 0,5	\$ 25
7	Material Menudo (punteras, amarras, bases adhesivas, tornillos, abrazaderas, canaleta, etc.)	1	\$ 30	\$ 30
8	Conector RJ45 robusto metálico PROFINET/Industrial Ethernet.	2	\$ 28	\$ 56
9	Mano de obra y puesto en marcha	1	\$ 3000	\$ 3000
			TOTAL	\$ 3438

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

4.3. Cálculo del tiempo para producción de 80 piezas

El cálculo del punto de equilibrio refleja la recuperación de la inversión al automatizar el proceso con relación al tiempo y ahorro de recursos.

Figura 54. Pantalla de producción para proceso automático



Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Partiendo de la figura 65., se puede realizar una comparación del proceso manual y automático, al producir 80 piezas, teniendo en cuenta que el proceso manual no tiene la pantalla de monitoreo.

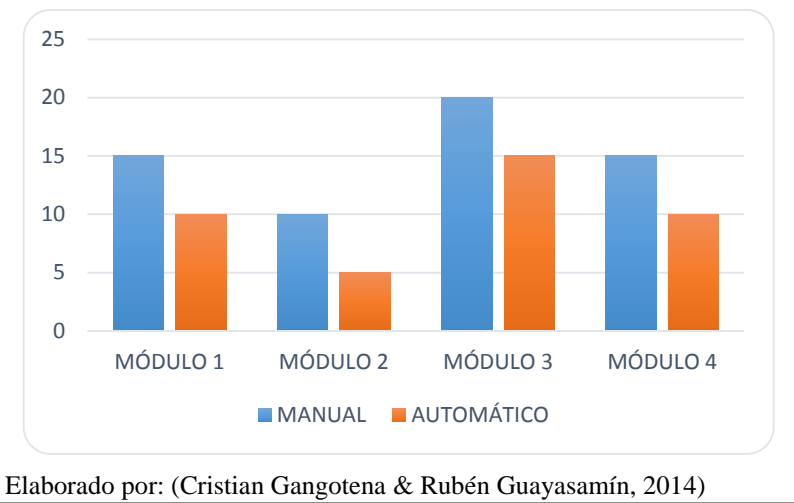
En la tabla 31., se encuentran los datos del tiempo registrados tanto del proceso manual y automático al pulir una pieza.

Tabla 31. Tiempo total del proceso para pulir una pieza

	Tiempo manual (seg.)	Tiempo automático (seg.)
Proceso módulo 1	15	10
Proceso módulo 2	10	5
Proceso módulo 3	20	15
Proceso módulo 4	15	10
Tiempo Total:	60	40

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Figura 55. Tiempo para pulir una pieza manual y automático



En la figura 66., se puede observar, que el tiempo para pulir una pieza es mucho menor en el proceso automático.

Tiempo total del proceso = N° de piezas producidas * tiempo proceso una pieza

Proceso manual= 80 * 60 seg. = 4800 seg. —————> **80 min**

Proceso automático= 80 * 40 seg. = 3200 seg. —————> **53 min**

4.3.1. Cálculo del número de piezas producidas anualmente.

1. Proceso manual:

Si se produce continuamente, se necesitan 12 operarios, 4 operarios para cada jornada de trabajo, 3 jornadas de trabajo de 8 horas en un día.

En un día de 24 horas:

$$24\text{horas} * 60\text{min}/\text{hora} = 1440\text{min}$$

$$\begin{array}{l} 80 \text{ min.} \longrightarrow 80\text{piezas} \\ 1440 \text{ min.} \longrightarrow X \end{array}$$

$$X = (1440\text{min} * 80\text{piezas}) / 80\text{min} = 1440\text{piezas}$$

Al mes: 1440 piezas * 30 días = 43200 piezas/mes.

Anual: 43200 piezas/mes * 12 meses = **518.400** piezas/anual

2. Proceso automático:

Si se produce continuamente, se necesitan 6 operarios, 2 operarios para cada jornada de trabajo, 3 jornadas de trabajo de 8 horas en un día.

En un día de 24 horas:

$$24\text{horas} * 60\text{min}/\text{hora} = 1440\text{min}$$

$$\begin{array}{lcl} 53 \text{ min} & \longrightarrow & 80 \text{ piezas} \\ 1440 \text{ min} & \longrightarrow & X \end{array}$$

$$X = (1440\text{min} * 80\text{piezas}) / 53\text{min} = 2174 \text{ piezas}$$

$$\text{Al mes: } 2174 \text{ piezas} * 30 \text{ días} = 65220 \text{ piezas/mes}$$

$$\text{Anual: } 65220 \text{ piezas/mes} * 12 \text{ meses} = \mathbf{1'956.600} \text{ piezas/anual}$$

4.3.2. Cálculo del costo de producción/anual.

Costos de producción son todos los gastos incurridos y aplicados para la realización del proyecto, incluye costo de materiales, mano de obra, costos indirectos de fabricación. (www.definicion.org, 2013)

Para el cálculo del costo de producción se necesita clasificar los costos variables y los costos fijos.

Para el cálculo de los mismos se cuenta con los siguientes datos:

- Materia prima por pieza \$ 0.15
- Sueldo básico operarios \$ 350 cada uno mensual
- Gastos básicos promedio \$ 600 al mes
- Inversión para automatizar el proceso \$ 3438

4.3.2.1. Cálculo de costos variables.

Costos variables es un costo directamente proporcional al volumen de producción, si la actividad decrece, el costo también es menor. (Gerencie, 2010, pág. 1)

En la tabla 33 y en la figura 68, se observa la descripción de los costos variables/anual para los procesos manual y automático.

1. Cálculo de costo de materia prima anual

Costo de materia prima anual para el proceso manual:

- 518.400 piezas/anual * \$ 0.15 = \$ **77.760**

Costo de materia prima anual para el proceso automático:

- 1'956.600 piezas/anual * \$ 0.15 = \$ **293.490**

2. Cálculo de costo de sueldos de operarios anual

Costo de sueldos operarios para proceso manual:

- 12 operarios * \$ 350 /mes *12 meses/año = \$ **50.400**

Costo de sueldos operarios para proceso automático.

- 6 operarios * \$ 350/ mes *12 meses/año = \$ **25.200**

3. Cálculo de gastos por servicios básicos anual

Para los dos procesos se obtendrá el mismo costo en servicios básicos, puesto que el proceso es el mismo lo único que se está implementando es un sistema de automatización, se puede observar un detalle en la tabla 32 y en la figura 67.

Tabla 32. Servicios básicos anuales

Servicios básicos	Costos
Agua	\$ 360
Luz	\$ 4200
Teléfono	\$ 840
Internet	\$ 360
Total de servicios básicos	\$ 5760

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Tabla 33. Descripción de costos variables/anual para proceso manual y automático

Costos variables/ Anual	Manual	Automático
Materia Prima	\$77760	\$293490
Sueldos Operarios	\$50400	\$25200
Servicios Básicos	\$5760	\$5760
Total costos variables	\$133.920	\$324.450

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

4.3.2.2. Cálculo de costos fijos.

Se denominan así a aquellos gastos que permanecen constantes o casi fijos en diferentes niveles de producción y ventas, dentro de ciertos límites de capacidad y tiempo, es decir, el desgaste que sufren los muebles y encerados, maquinaria y equipos, sistemas computacionales, etc. (www.definicion.org, 2013)

Para este caso solamente se realiza el cálculo de la depreciación, la depreciación se ha estimado un valor de 60 dólares anuales del sistema implementado y para los activos fijos se ha estimado un valor de 1.200 dólares anuales, representados en la tabla 31., y figura 69

Tabla 34. Costos fijos anuales

Costos fijos/ Anual	Manual	Automático
Depreciaciones	\$60	\$60
Activos fijos	\$1200	\$1200
Inversión Proceso Automático	\$0	\$3438
Total costos fijos	\$1260	\$4698

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

En la tabla 32 y figura 70, se observa el costo de producción tanto para el proceso manual como para el automático. El costo de producción en el proceso automático aumenta pues el gasto de materia prima lo hace también.

Costo de producción = costos variables + costos fijos

Tabla 35. Costo de producción/anual para el proceso manual y automático

Procesos	Manual	Automático
Total costos variables	\$133.920	\$324.450
Total costos fijos	\$1260	\$4698
Costos de producción	\$135180	\$329148

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

4.3.3. Cálculo de precio de venta.

- **Cálculo de precio de venta manual**

Precio de venta = (Costo total) + (Costo total * % margen de utilidad)

$$PVP = (135180) + (135180 * 30\%)$$

$$PVP = (135180) + (40554)$$

$$PVP = \$ 175.734 / 518.400 = \$ 0.34$$

- **Cálculo de precio de venta automático**

Precio de venta = (Costo total) + (Costo total * % margen de utilidad)

$$PVP = (329148) + (329148 * 30\%)$$

$$PVP = (329148) + (98744)$$

$$PVP = \$ 427.892 / 1'956.600 = \$ 0.22$$

4.3.4. Cálculo del punto de equilibrio proceso manual.

Ingreso marginal = Precio de venta – Costo variable

$$\text{Ingreso marginal} = (\$175.734) - (\$133.920)$$

$$\text{Ingreso marginal} = \$ 4181$$

- **Punto de equilibrio en unidades** = Costo fijo / Ingreso marginal

$$\text{Punto de equilibrio} = 1260 / 41814$$

$$\text{Punto de equilibrio} = 0.03 \text{ unidades}$$

- **Punto de equilibrio en dólares** = Precio * Q

Donde:

Q = cantidad a venderse

Punto de equilibrio = $175734 * 0.03$

Punto de equilibrio en dólares = \$ 5272.02

Tabla 36. Cálculo del punto de equilibrio proceso manual

Unidades vendidas	0	0,03	1	3	5	7	9
Ventas (\$)	0,00	5272,02	175733,33	527199,99	878666,65	1230133,31	1581599,97
Costo variable (\$)	0,00	4017,60	133920,00	401760,00	669600,00	937440,00	1205280,00
Costo fijo (\$)	12560,00	12560,00	12560,00	12560,00	12560,00	12560,00	12560,00
Costo total (\$)	12560,00	16577,60	146480,00	414320,00	682160,00	950000,00	1217840,00
Beneficio (\$)	-12560,00	-11305,58	29253,33	112879,99	196506,65	280133,31	363759,97

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

4.3.5. Cálculo del punto de equilibrio proceso automático.

Ingreso marginal = Precio de venta – Costo variable

Ingreso marginal = $(427892) - (324450)$

Ingreso marginal = \$ 103442

- **Punto de equilibrio en unidades** = Costo fijo / Ingreso marginal

Punto de equilibrio = $4698 / 103442$

Punto de equilibrio = 0.05 unidades

- **Punto de equilibrio en dólares** = Precio * Q

Donde:

Q = cantidad a venderse

Punto de equilibrio = $427892 * 0.05$

Punto de equilibrio en dólares = \$ 21394.60

Tabla 37. Cálculo del punto de equilibrio proceso automático.

Unidades vendidas	0	0,05	1	3	5	7	9
Ventas (\$)	0,00	21394,60	427892,00	1283676,00	2139460,00	2995244,00	3851028,00
Costo variable (\$)	0,00	16222,50	324450,00	973350,00	1622250,00	2271150,00	2920050,00
Costo fijo (\$)	4698,00	4698,00	4698,00	4698,00	4698,00	4698,00	4698,00
Costo total (\$)	4698,00	20920,50	329148,00	978048,00	1626948,00	2275848,00	2924748,00
Beneficio (\$)	-4698,00	474,10	98744,00	305628,00	512512,00	719396,00	926280,00

Elaborado por: (Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín, 2014)

Con el análisis financiero se ha logrado demostrar que el proyecto es rentable, pues uno de los principios de la automatización de procesos en la industria, es aumentar la producción optimizando los recursos, generando mayor ganancias al vender más.

CONCLUSIONES

- Se ha logrado implementar en el laboratorio de procesos industriales una red de comunicación profibus entre la estación de alimentación y la estación de procesado, mediante el uso de los autómatas programables PLC S7-300 CPU 313C 2DP, con la capacidad de transmitir datos desde una estación a la otra de manera eficiente, dado que en los datos del Buffer de comunicación profibus relacionados entre ambos PLCs se tiene una comunicación instantánea e inmediata, dejando de transmitir únicamente cuando se desconectaban o se instalan mal los cables de comunicación.
- Se logró la readecuación de las unidades del laboratorio de procesos industriales, con el cambio de autómatas para cada módulo: estación de alimentación y estación de procesado, adecuando los PLCs profibus existentes en tableros similares a los que se cuenta en el MPS, logrando un cableado idéntico y por lo tanto, totalmente operable y adaptable al existente sistema modular de producción, por lo cual ahora se puede verificar que el laboratorio de procesos industriales es totalmente flexible y adaptable, en el cual se puede realizar un sin número de cambios y obtener diferentes tipos de plantas.
- Se desarrollaron los programas y las interfaces de usuario logrando obtener plantas independientes enlazadas dentro del sistema de control distribuido (DCS), permitiendo un control de la producción jerarquizado, de tal manera que se pueda operar, vigilar y manipular de forma selectiva y segura cada una de las estaciones, ya que a través del sistema desarrollado en INTOUCH corriendo de manera simultánea en la PC, se puede pausar, detener y reiniciar la producción, además, de obtener datos de instantáneos de la planta.
- El funcionamiento de la planta de producción se vuelve más fácil de manejar porque todas sus funciones se encuentran centralizadas en una sola pantalla HMI de operador, logrando así la disminución de mano de obra de operarios.

- En procesos reales no siempre se encuentran los módulos de trabajo uno cerca del otro, entonces resultaría mucho trabajo y pérdida de tiempo manejar el proceso de forma manual, es por esto que se ha aprovechado de las facilidades que ofrece el protocolo de comunicación profibus, al poder comunicar cada proceso por medio de esta red que facilita operar los sistemas.
- El proceso automático aumenta la producción y se reducen los costos, pudiendo competir con precios y obteniendo mayor margen de ganancias, esto se pudo verificar mediante los análisis FODA realizado en el capítulo cuatro, mediante este análisis de resultados y el estudio financiero se puede recomendar la automatización del proceso, por la optimización de tiempo, mayor aprovechamiento de los recursos y por tratarse de un proyecto rentable que produce ganancias y una recuperación de la inversión en pocos meses.

RECOMENDACIONES

- Al momento de poner en marcha cualquiera de los módulos se pueden presentar problemas mecánicos los mismos que pueden ser resueltos mediante una sencilla calibración.
- Es recomendable realizar un mantenimiento preventivo cada semana, para alargar la vida útil de los sensores y demás elementos para el funcionamiento adecuado de los módulos.
- Tener mucho cuidado al momento de utilizar los módulos, verificar el correcto funcionamiento de los sensores y actuadores. Si se ha detectado alguna falla, proceder con las calibraciones respectivas y así evitar daños en los equipos.
- Verificar que los conectores de la red profibus y MPI, estén correctamente instalados y antes de poner en marcha los módulos leer la guía del usuario, para familiarizarse con su funcionamiento y configuración.
- Se ha implementado una guía para el usuario la misma que está en el CD anexo a este trabajo de titulación, que permitirá agregar autómatas a la red utilizando el protocolo Profibus, razón por la que es recomendable que las personas que utilicen este sistema lo revisen para familiarizarse con su funcionamiento.

LISTA DE REFERENCIAS

1. Alonso, N. O. (2013). Redes de comunicaciones industriales. Madrid: Editorial UNED.
2. Bartelt, T. L. (2011). Industrial Automated Systems: Instrumentation and Motion Control: Instrumentation and Motion Control. Nueva York: Cengage Learning.
3. Berger, H. (2012). Automating with SIMATIC: Controllers, Software, Programming, Data. Germany: John Wiley & Sons.
4. Cristian Gangotena & Rubén Guayasamín. (14 de enero de 2014). Implementacion Proyecto de Grado. Quito, Pichincha, Ecuador: UPS.
5. Dobrivojje Popovic, V. P. (1990). Distributed Computer Control Systems in Industrial Automation. New York: Marcel Dekker INC.
6. Festo. (2007). Festo. Recuperado el 23 de enero de 2013, de <http://www.festo-didactic.com/es-es/productos/mps-sistema-de-produccion-modular>
7. Gerencie. (13 de junio de 2010). Recuperado el 15 de mayo de 2013, de <http://www.gerencia.com>: <http://www.gerencia.com/costo-variable>
8. Higuera, A. G. (2005). El control automático en la industria. Castilla: Universidad de Castilla.
9. Kant, K. (2004). Computer-Based Industrial Control. Haryana: PHI Learning.
10. Morris, S. B. (2009). Programmable Logic Controllers. Pensilvania: Prentice Hall.
11. Pablo Cancelo López, J. M. (2007). La tercera revolución: comunicación, tecnología y su nomenclatura en inglés. La Coruña: Netbiblo.
12. Ramos, C., Herrero, J. M., Martínez, M., & Sanchis, J. (2002). Monitorización y control distribuido a través de internet. Información Tecnológica Vol 13 N2, 81-84.
13. Rockwell Automation. (12 de septiembre de 2011). PlantPAx como alternativa a DCS o PLC / SCADA. Recuperado el 12 de febrero de 2013, de <http://www.automatizar.org>: <http://www.automatizar.org/2011/09/plantpax-como-alternativa-dcs-o-plc.html>
14. Siemens. (2008). SIMATIC S7-300CPU 31xC y CPU 31x, Datos Tecnicos. En Siemens, Manual de producto (pág. 17). Alemania: Siemens AG 2008.

15. SIEMENS. (27 de mayo de 2010). www.siemens.com. Recuperado el 17 de marzo de 2013, de www.siemens.com: <http://support.automation.siemens.com>
16. Villajulca, J. C. (26 de agosto de 2010). InstrumentacionyControl.net. Recuperado el 22 de febrero de 2013, de <http://instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/automatizacion/curso-redes-industriales/item/287-introducci%C3%B3n-a-los-sistemas-de-control-distribuido-dcs.html>
17. Wonderware Intouch. (2010). Recuperado el 12 de marzo de 2013, de <http://global.wonderware.com/EN/pages/default.aspx>
18. www.definicion.org. (2013). Recuperado el 8 de abril de 2013, de [www.definicion.org/costo-de-producción](http://www.definicion.org/costo-de-producci%C3%B3n)

Segm.: 3

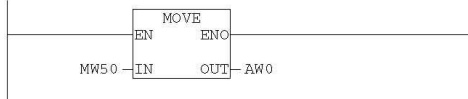
Vamos a comunicarnos con PLC con direccion MPI 3, y vamos a obtener el valor del byte M50 y lo vamos a guardar en el byte M50 del PLC local.

```
CALL "X_GET"          SFC67          -- Read Data from a Communication Partner outside the Loc
                        al S7 Station

REQ      :=TRUE
CONT     :=TRUE
DEST_ID  :=W#16#3
VAR_ADDR:=F#M 50.0 BYTE 1
RET_VAL  :=MW96
BUSY     :=M94.3
RD       :=F#M 50.0 BYTE 1
```

Segm.: 4

La señal recibida de la estacion MPI 3, será enviada a través de Profibus a la estacion 2_1 DP, para indicar que la pieza está en la rampa. m50.0



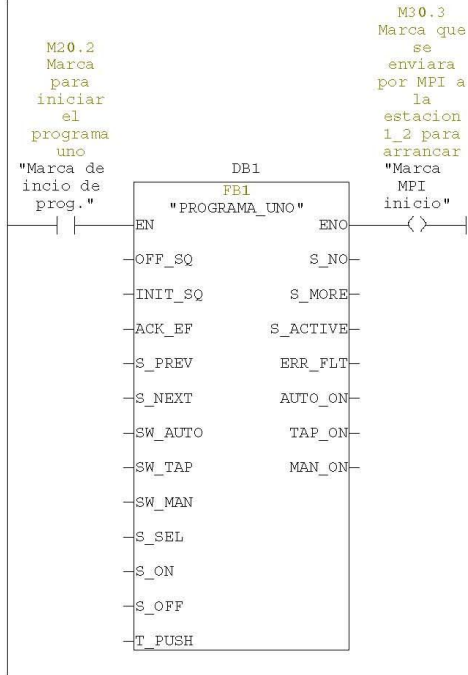
Segm.: 5

M40.0	M20.0
Señal	Marca que
recibida	indica
de la	que la
estacion	estacion
1_2 que	2_1
finalizó	finalizó
el ciclo	el ciclo
"Señal	"Señal
recibida	est. 1_2
fin de ci"	fin. cicl"
	< >

Segm.: 6 Marca que se utilizara para inicio de ciclo en graft

M20.0	M20.1
Marca que	Marca que
indica	se
que la	utilizara
estacion	para
2_1	inicio de
finalizó	ciclo en
el ciclo	graft
"Señal	"Señal
est. 1_2	inicio de
fin. cicl"	ciclo"
	< >

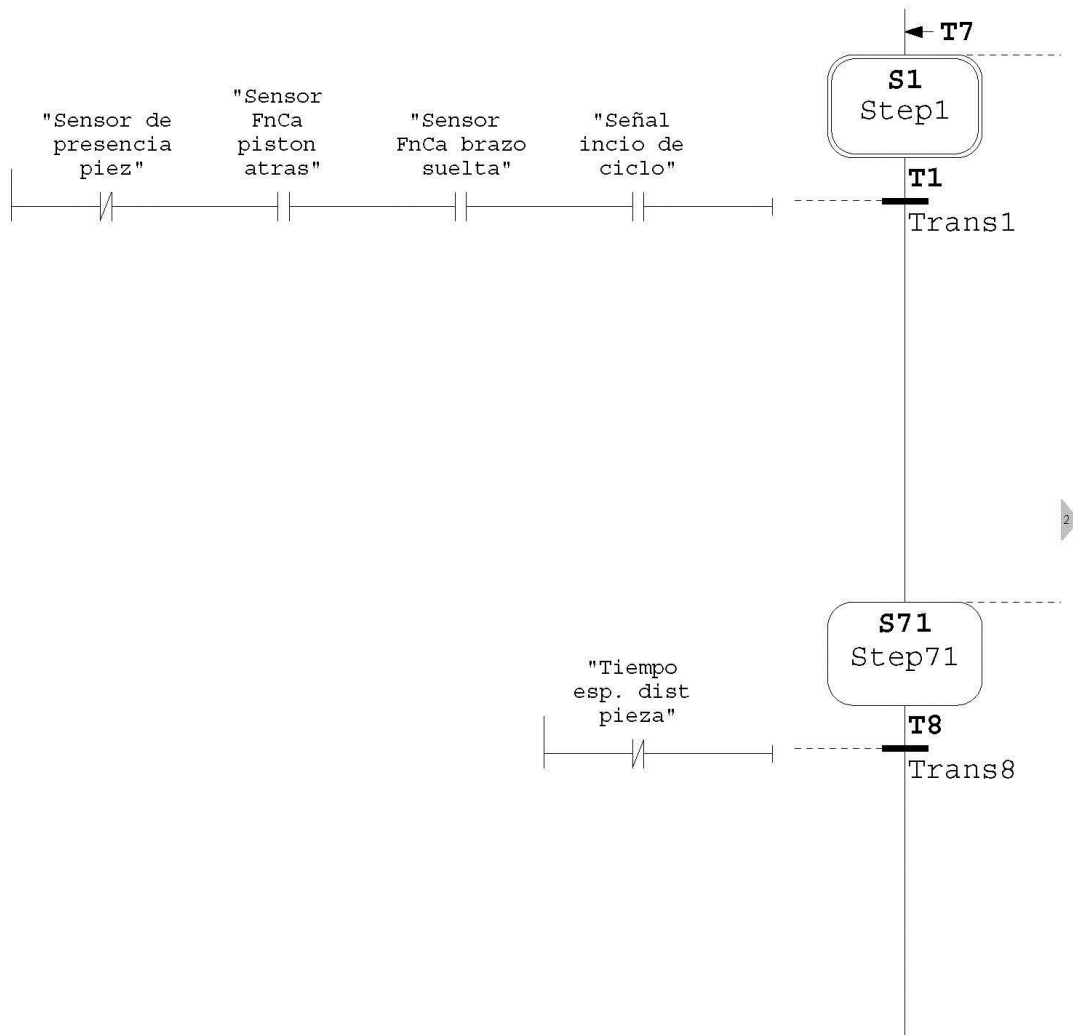
Segm.: 7 Marca que se enviara por MPI a la estacion 1_2 para arrancar



Segm.: 8



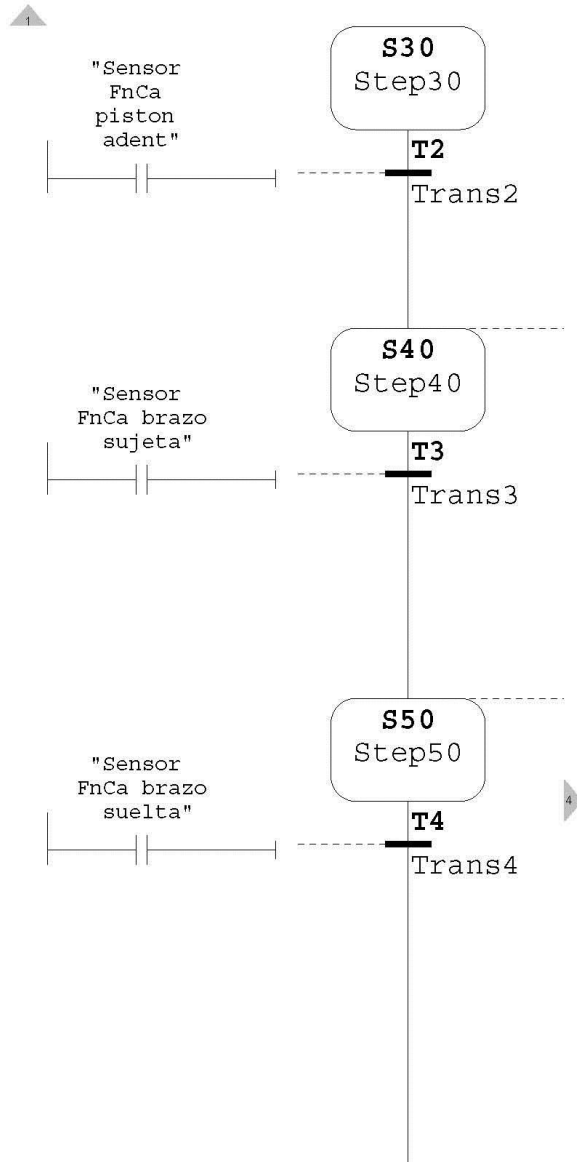
Comentario del bloque



Step1	
R	"Act. Brazo neumat sujeta"
R	"Act. Piston distribucion"
R	"Act. Ventosa suelta"
R	"Act. Ventosa aspira"
S	"Act. Brazo neumat suelta"
R	"Señal pieza lista"



Step71	
R	"Act. Brazo neumat suelta"
S1 TL	"Tiempo esp. dist pieza"
	S5T#2S



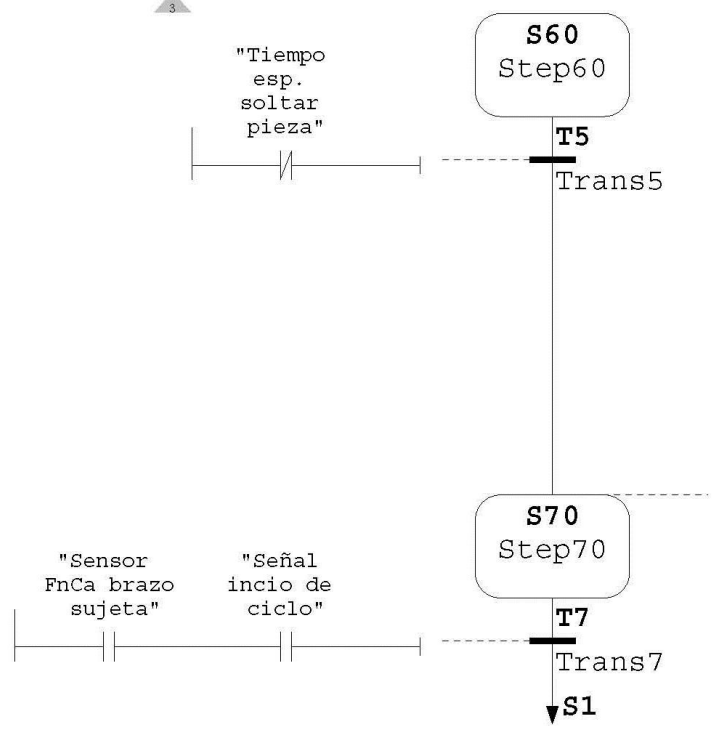
2

Step30	
S	"Act. Piston distribucion"

Step40	
R	"Act. Piston distribucion"
S	"Act. Brazo neumat sujeta"

3

Step50	
R	"Act. Ventosa suelta"
R	"Act. Brazo neumat sujeta"
S	"Act. Ventosa aspira"
S	"Act. Brazo neumat suelta"



Step60	
R	"Act. Brazo neumat suelta"
R	"Act. Ventosa aspira"
S	"Act. Ventosa suelta"
S1 TL	"Tiempo esp. soltar pieza"
	S5T#1S

Step70	
R	"Act. Ventosa suelta"
S	"Act. Brazo neumat sujeta"
S	"Señal pieza lista"

Anexo 2. Programa del PLC S7_300 módulo de verificación

SIMATIC Programa 15-04-2013\PLC ESTACION 18/02/2014 15:07:30
1_2\CPU 313C Estacion 1\...\OB1 - <offline>

OB1 - <offline>

```

"
Nombre: Familia:
Autor: Versión: 0.1
Versión del bloque: 2
Hora y fecha Código: 25/01/2013 19:51:58
Interface: 15/02/1996 16:51:12
Longitud (bloque / código / datos): 00168 00046 00028
    
```

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

Bloque: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

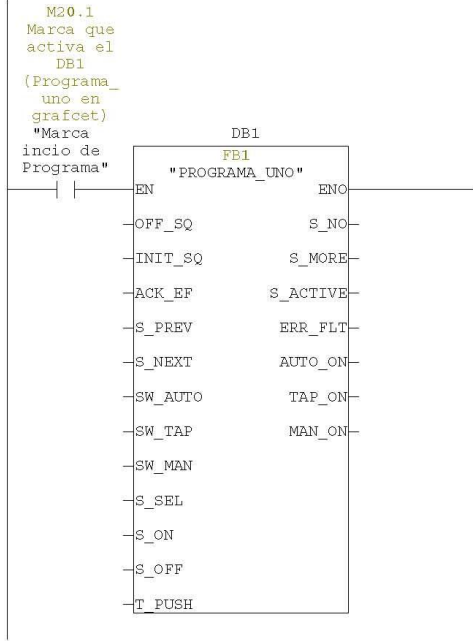
Segm.: 1 Marca que activa el DB1 (Programa_uno en grafcet)

```

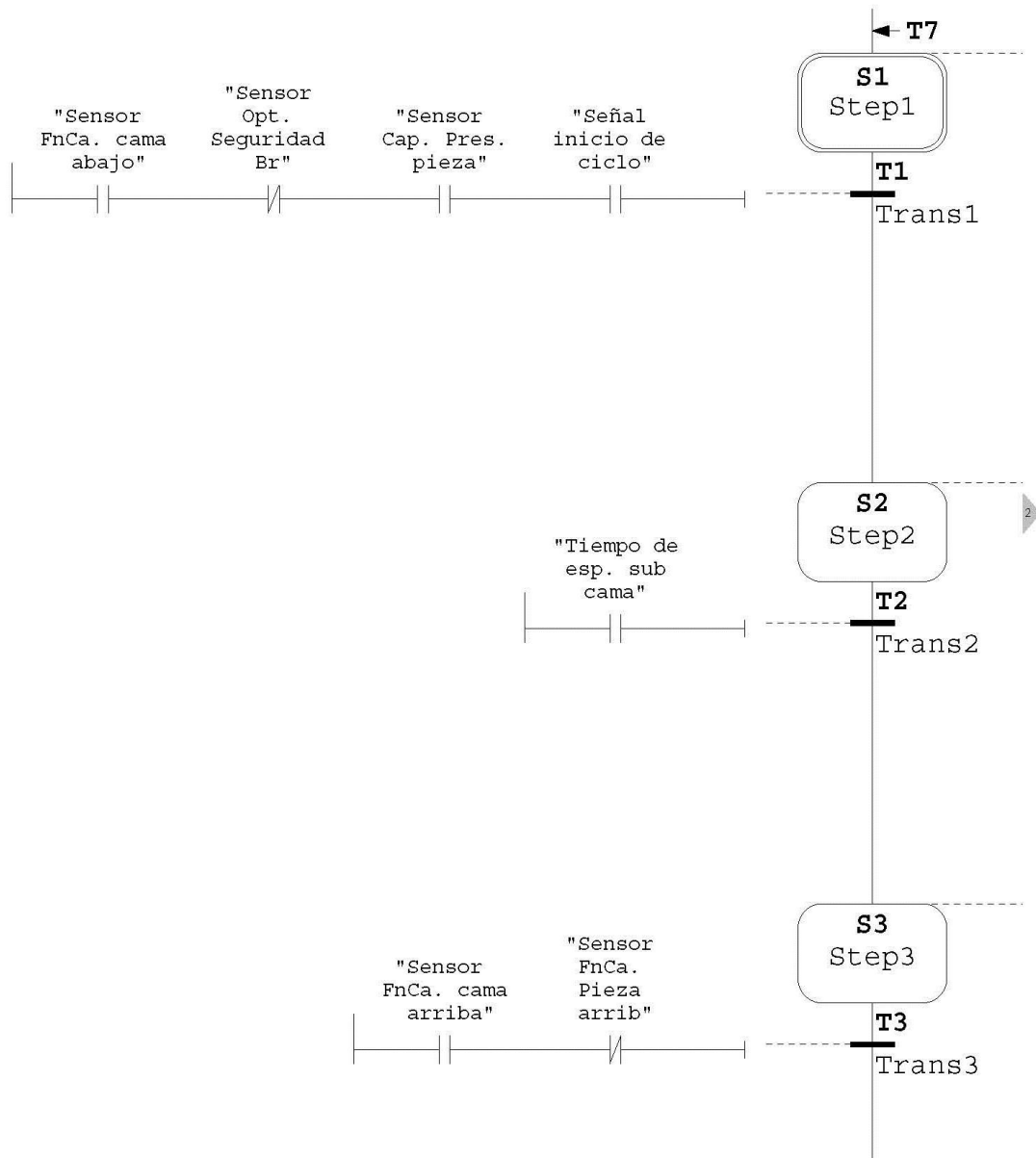
M30.3
Marca
recibida
a través
de MPI,
indica
que la
est. 1_1
está
activa
"Marca
MPI
Inicio"

M20.1
Marca que
activa el
DB1
(Programa_
uno en
grafcet)
"Marca
inicio de
Programa"
    
```

Segm.: 2



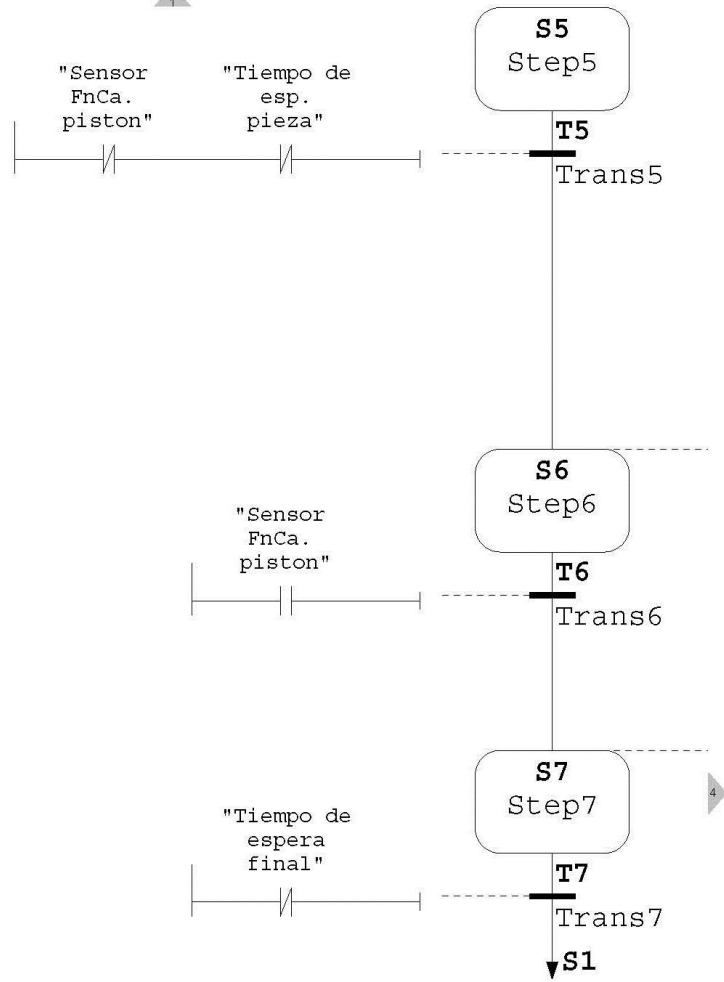
Comentario del bloque



Step1	
R	"Piston de distribucion"
R	"Piston Cama Arriba"
S	"Piston Cama Abajo"
R	"Aire de cama"
S	"Señal fin de ciclo"

Step2	
R	"Piston Cama Abajo"
S1 TL	"Tiempo de esp. sub cama"
	S5T#1S
R	"Señal fin de ciclo"

Step3	
S	"Piston Cama Arriba"



Step5	
S	"Piston de distribucion"
S	"Señal Profibus Pz lista"
S1 TL	"Tiempo de esp. pieza"
	S5T#2S

Step6	
R	"Piston de distribucion"

Step7	
R	"Piston Cama Arriba"
R	"Señal Profibus Pz lista"
S1 TL	"Tiempo de espera final"
	S5T#2S

Anexo 3. Programa del PLC S7_300 módulo de maquinado

SIMATIC Programa 15-04-2013\PLC ESTACION 18/02/2014 15:06:57
 2_1 DP\CPU 313C-2 DP\...\OB1 - <offline>

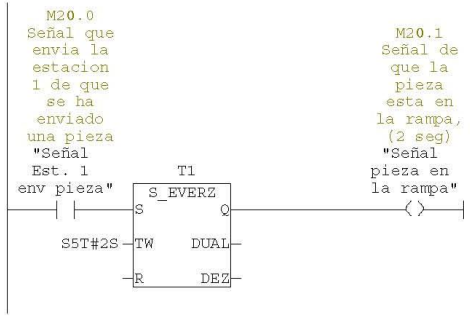
OB1 - <offline>

"PRINCIPAL"
Nombre: **Familia:**
Autor: **Versión:** 0.1
Versión del bloque: 2
Hora y fecha Código: 25/01/2013 19:21:54
Interface: 15/02/1996 16:51:12
Longitud (bloque / código / datos): 00460 00336 00044

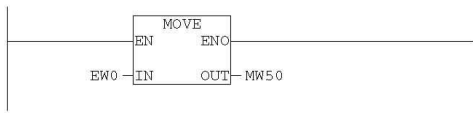
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

Bloque: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

Segm.: 1



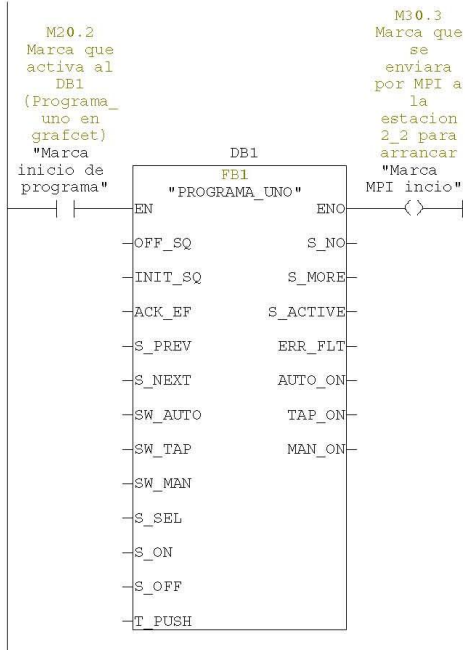
Segm.: 2



Segm.: 3 Señal que envia la estacion 1 de que se ha enviado una pieza



Segm.: 4



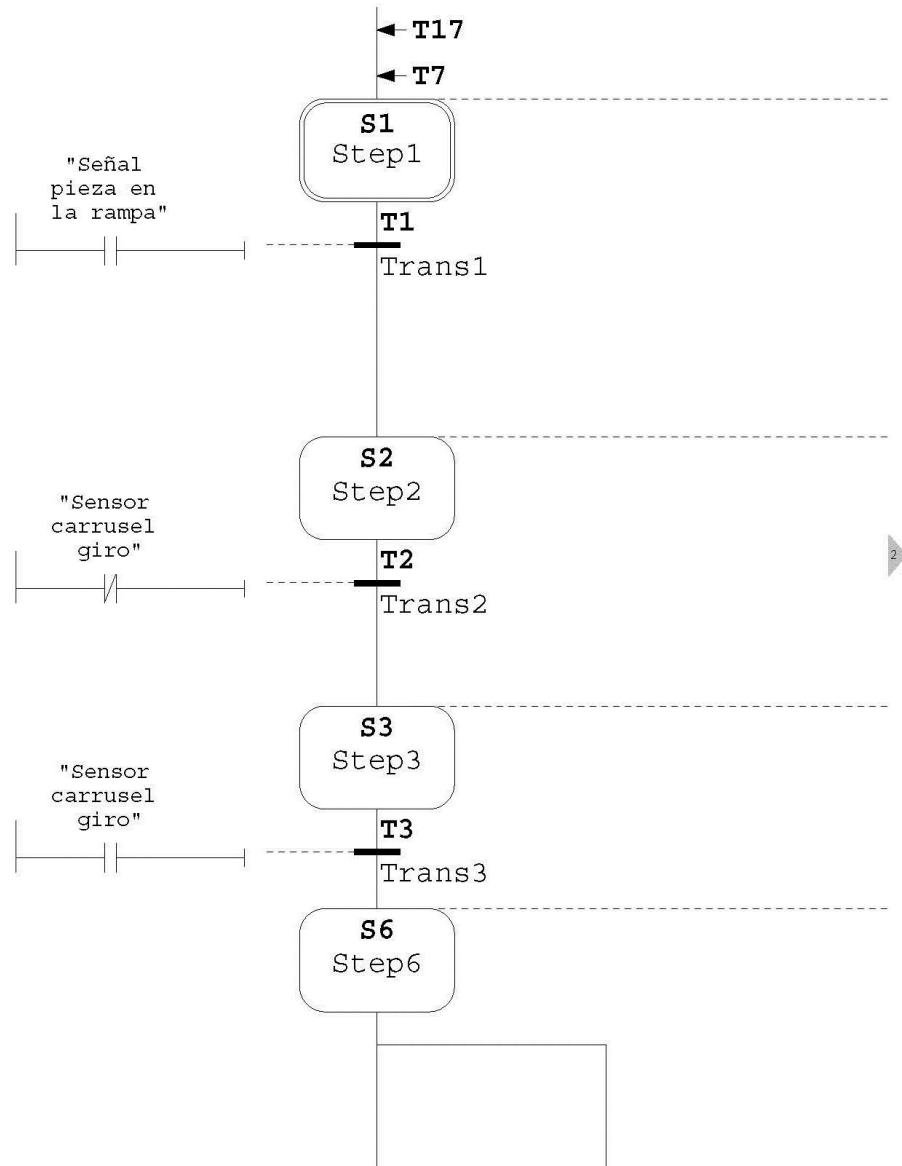
Segm.: 5

```
CALL "X_PUT"          SFC68          -- Write Data to a Communication Partner outsi
                        de the Local S7 Station
REQ      :=TRUE
CONT     :=TRUE
DEST_ID  :=W#16#6
VAR_ADDR:="Marca a enviar pieza lis" M30.0  -- Pieza maquinada y lista para transporte
SD       :="Marca a enviar pieza lis" M30.0  -- Pieza maquinada y lista para transporte
RET_VAL  :=MW90
BUSY     :=M94.1
```

Segm. : 6

```
CALL "X_PUT"          SFC68      -- Write Data to a Communication Partner outside the Lo
                        cal S7 Station
REQ      :=TRUE
CONT     :=TRUE
DEST_ID  :=W#16#6
VAR_ADDR:="Marca MPI inicio" M30.3      -- Marca que se enviara por MPI a la estacion 2_2 para
arrancar
SD       :="Marca MPI inicio" M30.3      -- Marca que se enviara por MPI a la estacion 2_2 para
arrancar
RET_VAL  :=MW90
BUSY     :=M94.1
```

Comentario del bloque

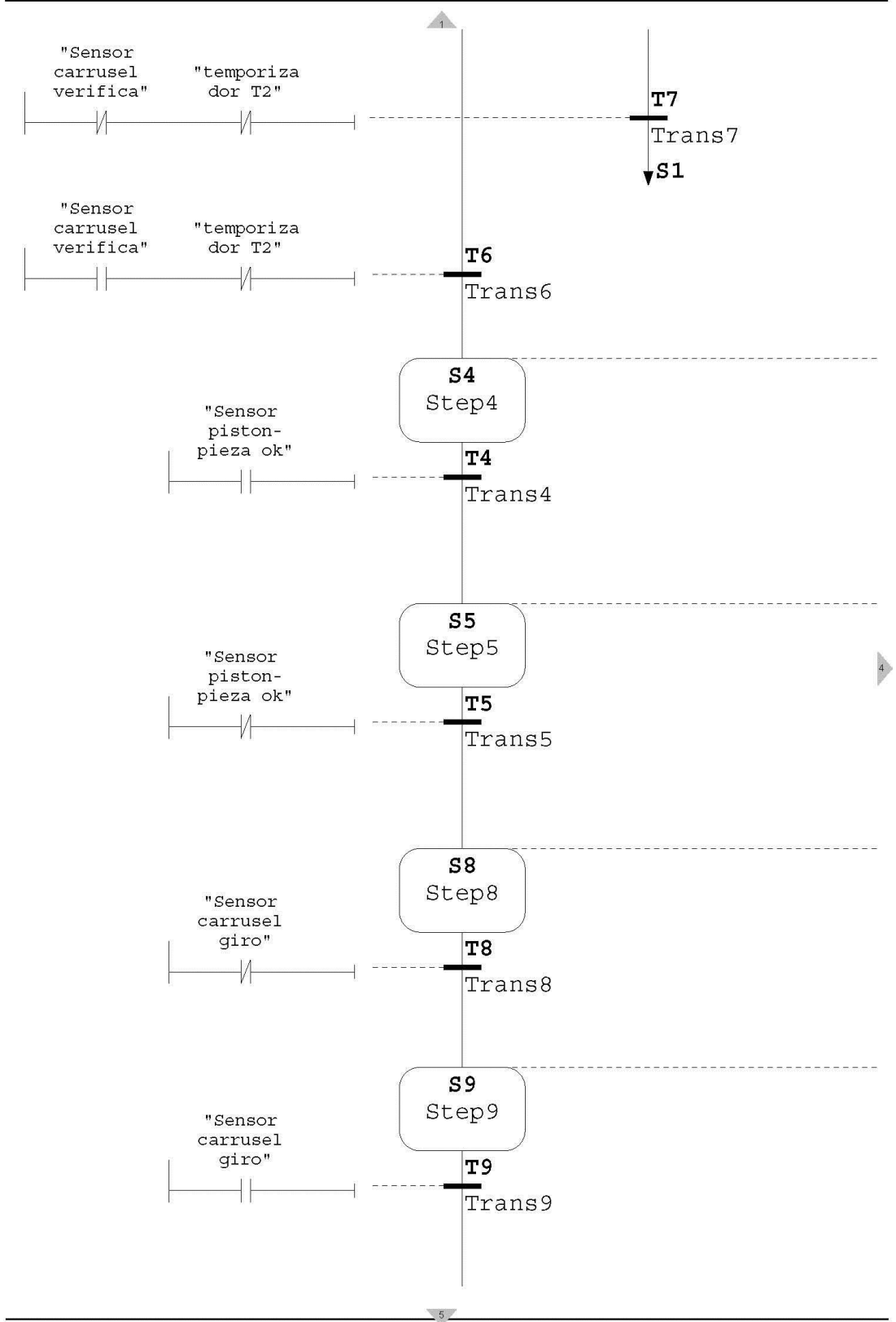


Step1	
R	"Motor carrusel"
R	"Marca a enviar pieza lis"

Step2	
S	"Motor carrusel"

Step3	
R	"Motor carrusel"

Step6	
S1 TL	"temporizador T2"
	S5T#2S



2

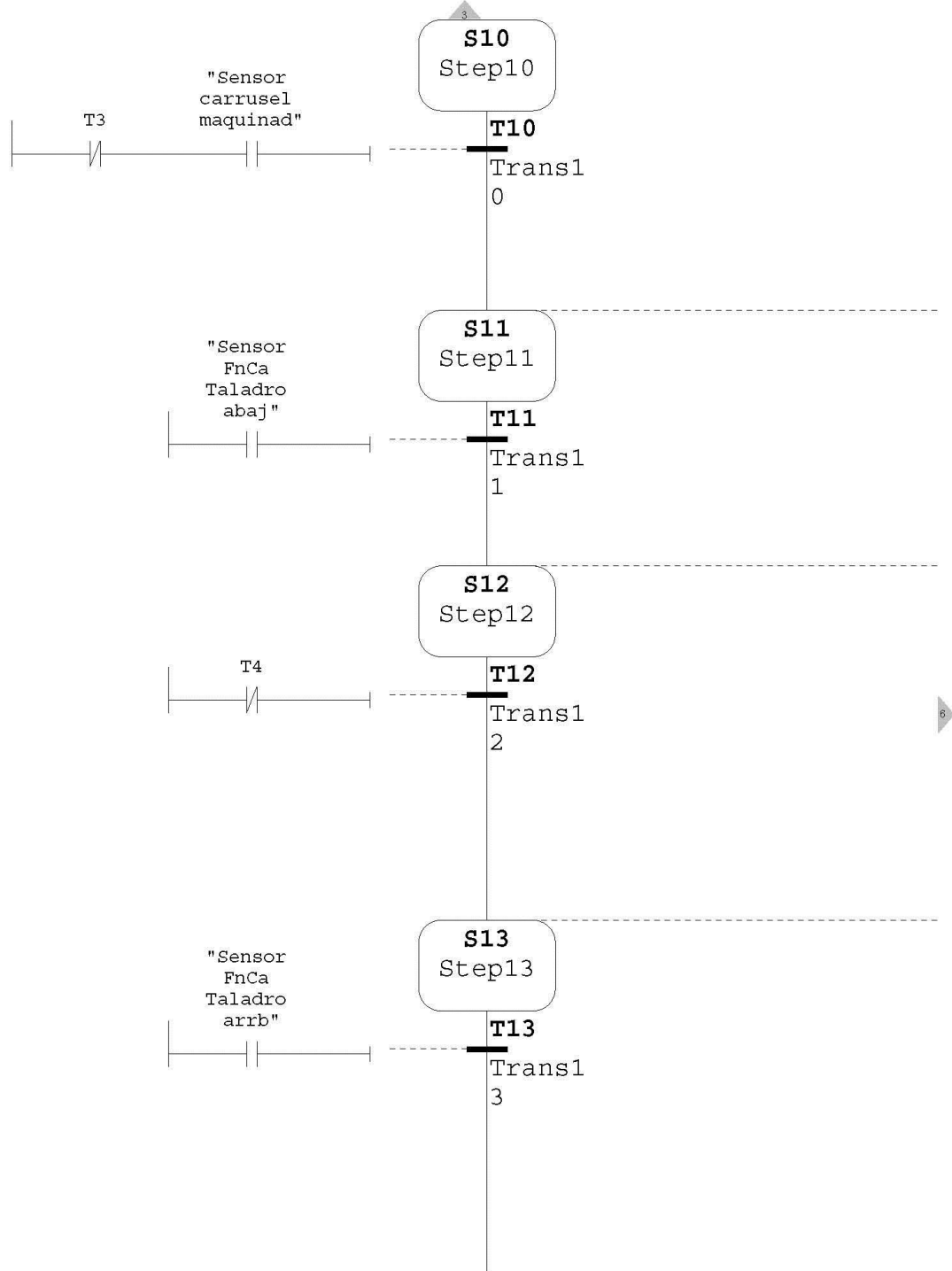
Step4	
S	"Martillo verifica pieza"

Step5	
R	"Martillo verifica pieza"

Step8	
S	"Motor carrusel"

Step9	
R	"Motor carrusel"

6

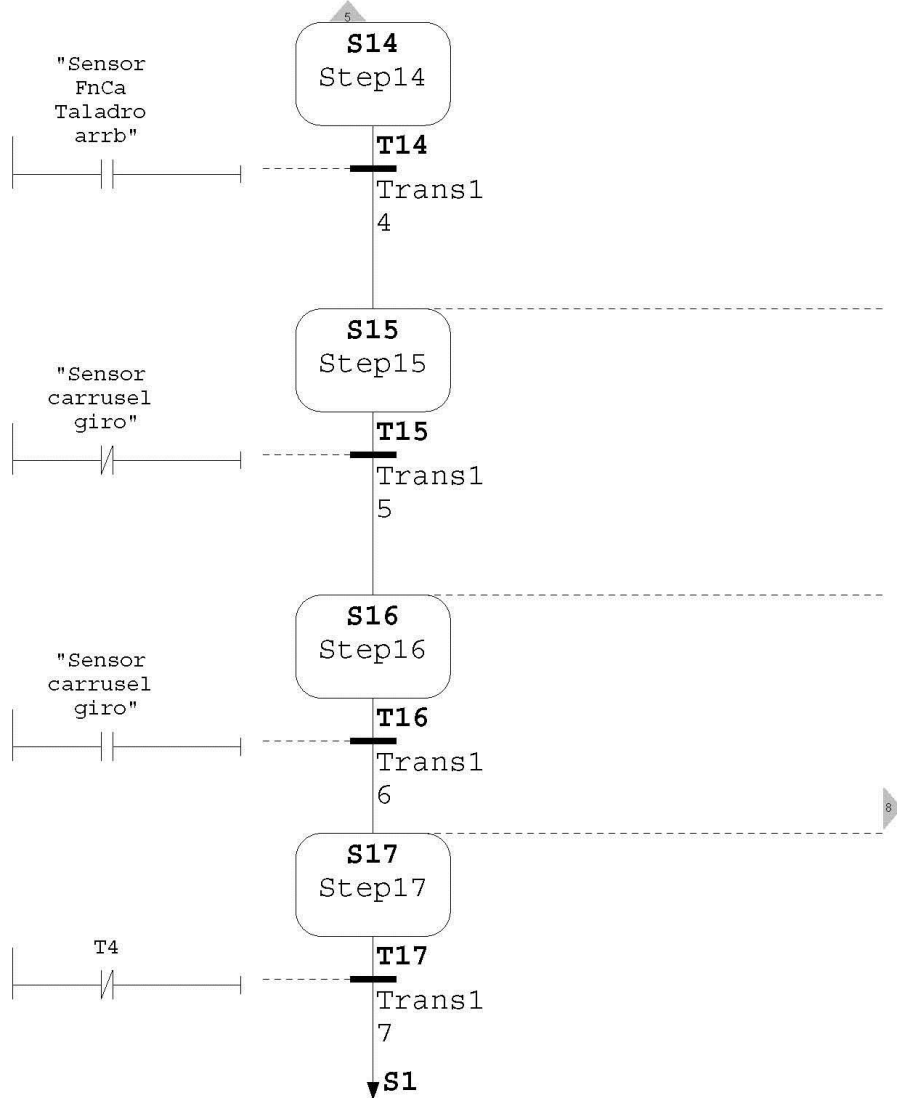


Step10	
S1 TL	T3
	S5T#2S

Step11	
S	"Martillo ajuste pieza"
S	"Motor taladro abajo"

Step12	
R	"Motor taladro abajo"
S	"Motor taladro"
S1 TL	T4
	S5T#2S

Step13	
R	"Motor taladro"
R	"Martillo ajuste pieza"
S	"Motor taladro arriba"



6

Step14	
R	"Motor taladro arriba"

Step15	
S	"Motor carrusel"

Step16	
R	"Motor carrusel"

7

Step17	
S	"Marca a enviar pieza lis"
S1 TL	T4
	S5T#2S

Anexo 4. Programa del PLC S7_300 módulo de manipulación

SIMATIC

Programa 15-04-2013\
PLC ESTACION 2_2\CPU 313C\...\OB1 - <offline>

18/02/2014 15:06:01

OB1 - <offline>

"CYCL_EXC" Cycle Execution
Nombre: Familia:
Autor: Versión: 0.1
Hora y fecha Código: Versión del bloque: 2
 25/01/2013 19:24:24
Interface: 15/02/1996 16:51:12
Longitud (bloque / código / datos): 00168 00050 00028

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OE_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

Bloque: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

Segm.: 1 Esta marca indica que la pieza esta maquinada y lista para trans

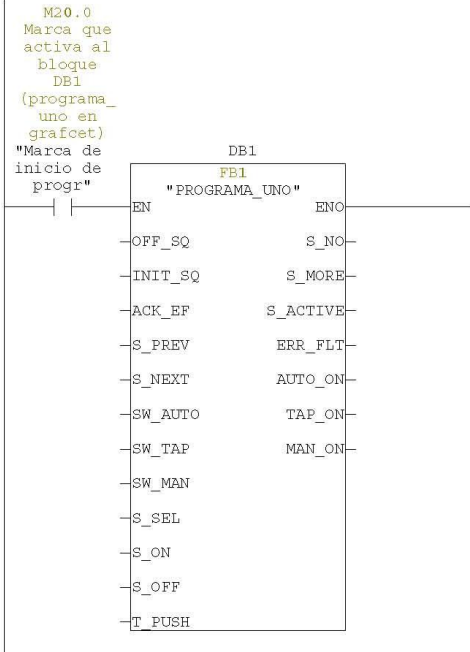
Marca M20.0 es la señal que recibe la estación de la la pieza está lista para ser transportada. La marca M30.0 será la que se tomará en cuenta en en bloque de funcion DB1

M30.0	M30.0
Esta	Esta
marca	marca
indica	indica
que la	que la
pieza	pieza
esta	esta
maquinada	maquinada
y lista	y lista
para	para
transporte	transporte
"Marca	"Marca
pieza	pieza
lista"	lista"
	< >

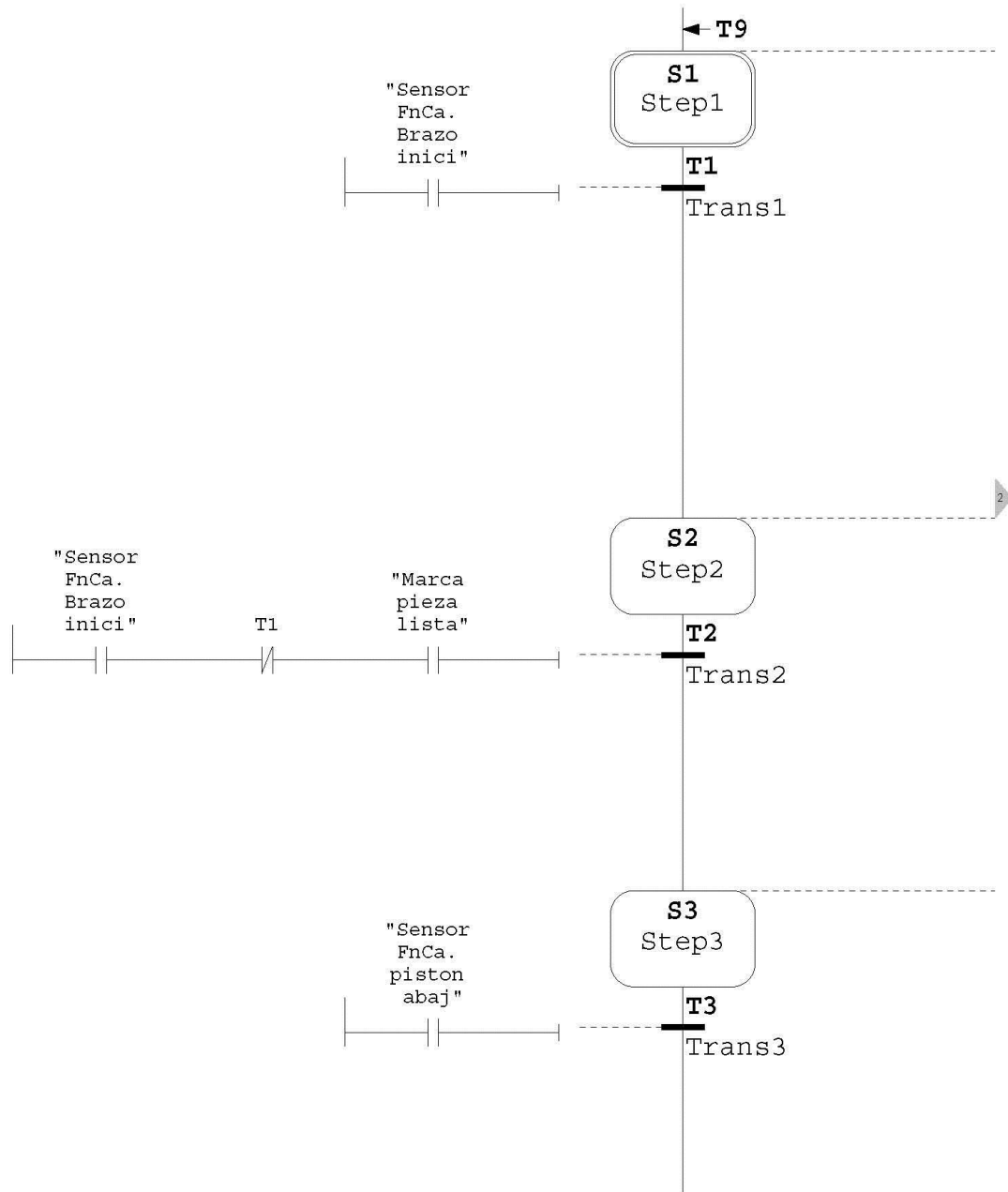
Segm.: 2 Marca que activa al bloque DB1 (programa_uno en grafcet)

M30.3	M20.0
Marca	Marca que
recibida	activa al
por MPI	bloque
indicando	DB1
que la	(programa_
estacion	uno en
2_1 ha	grafcet)
arrancado	"Marca de
"Marca	inicio de
MPI	progr"
inicio"	
	< >

Segm.: 3



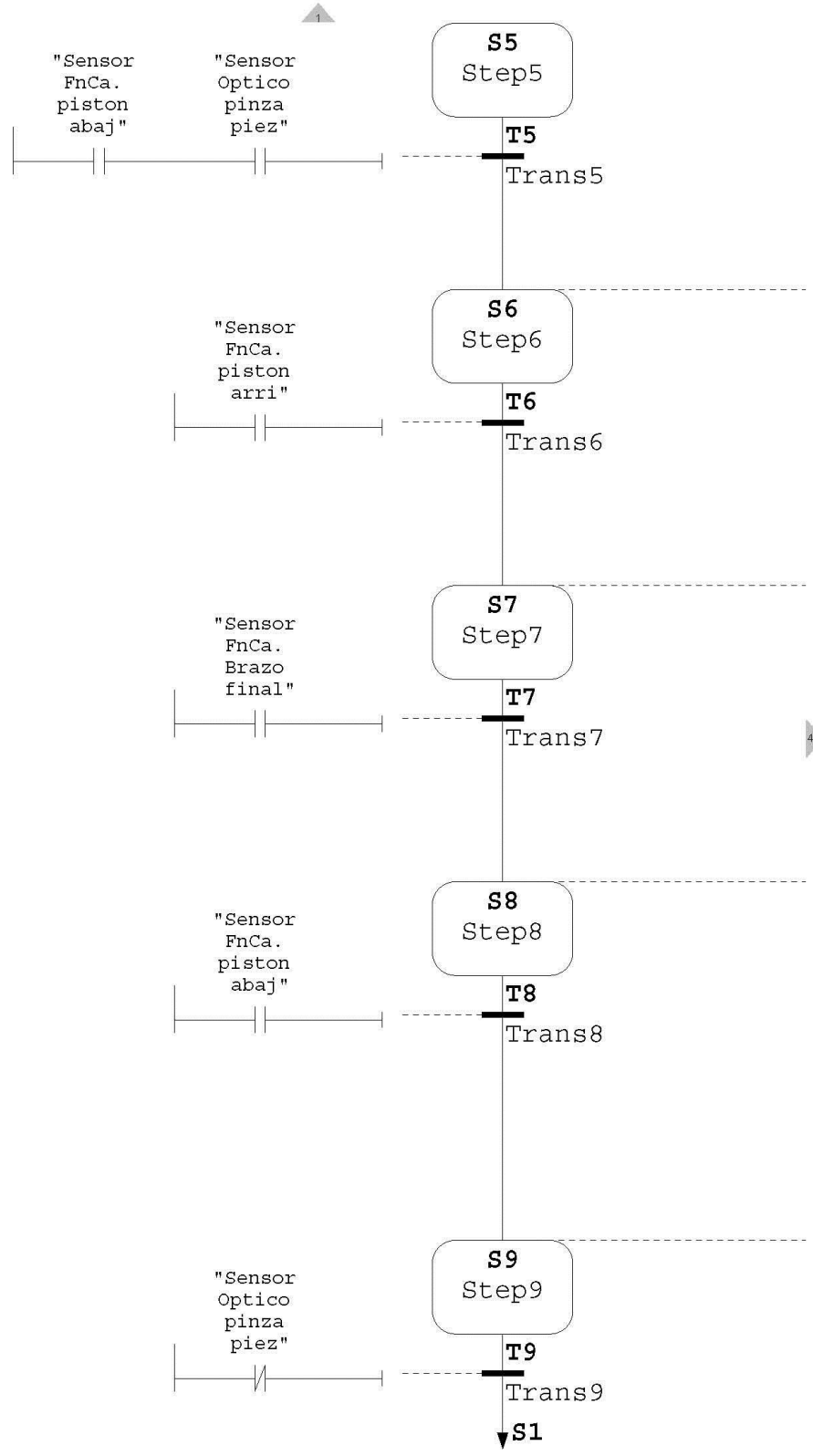
Comentario del bloque



Step1	
R	"Actuador piston pinza"
S	"Actuador pinza"
R	"Actuador mover brazo der"
S	"Actuador mover brazo izq"

Step2	
R	"Actuador mover brazo izq"
S1 TL	T1
	S5T#2S

Step3	
S	"Actuador piston pinza"



2

Step5	
R	"Actuador pinza"

Step6	
R	"Actuador piston pinza"

Step7	
S	"Actuador mover brazo der"

3

Step8	
R	"Actuador mover brazo der"
S	"Actuador piston pinza"

Step9	
S	"Actuador pinza"