

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO REDUNDANTE PARA
AGILIZAR EL PROCESAMIENTO DE LA DATA OBTENIDA EN EL
PROCESO DE ESTERILIZACIÓN EN LOS PRODUCTOS ENLATADOS
EN LA EMPRESA CAMPOSOL S.A.”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
CONTROL Y AUTOMATIZACION**

**TESIS DE GRADO PARA OPTAR POR EL
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

AUTORES :

Br. Cesar Manuel Arellano Aldave.

Br. Maria de los Angeles Bobadilla Añasco.

ASESOR :

Ing. Lenin Humberto Llanos León

Trujillo – Perú

2014

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO REDUNDANTE PARA AGILIZAR EL PROCESAMIENTO DE LA DATA OBTENIDA EN EL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN EN LOS PRODUCTOS ENLATADOS EN LA EMPRESA CAMPOSOL S.A.”

Elaborador Por:

Br. Cesar Manuel Arellano Aldave.

Br. Maria de los Angeles Bobadilla Añasco.

Aprobado por:

Ing. Saúl Noé Linares Vertíz
PRESIDENTE
CIP N° 142213

Ing. Luis Alberto Vargas Díaz
SECRETARIO
CIP N° 104175

Ing. Oscar Miguel de la Cruz Rodríguez
VOCAL
CIP N° 085598

Ing. Lenin Humberto Llanos León
ASESOR
CIP N° 139213

PRESENTACION

Señores miembros del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Carrera Profesional de Ingeniería Electrónica para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, se pone a vuestra disposición el presente Trabajo de Tesis titulado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO REDUNDANTE PARA AGILIZAR EL PROCESAMIENTO DE LA DATA OBTENIDA EN EL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN EN LOS PRODUCTOS ENLATADOS EN LA EMPRESA CAMPOSOL S.A.”**

Este trabajo, es el resultado de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la formación profesional en la Universidad, excusando anticipadamente de los posibles errores involuntarios cometidos en su desarrollo.

Trujillo, Diciembre del 2014

Br. Cesar Manuel Arellano Aldave.

Br. Maria de los Angeles Bobadilla Añasco.

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo de Tesis

A Dios, por brindarme salud y fuerzas para superar los momentos difíciles

A mis queridos padres, por brindarme su amor y por ser para mí un ejemplo de superación y esfuerzo.

A una persona que ocupa un lugar especial en mi vida, quien me incentivo a continuar desarrollándome profesionalmente.

Cesar Manuel Arellano Aldave

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo de Tesis

A Dios, que me brinda sabiduría, amor y paciencia.

A mis amados padres, que son el pilar y equilibrio en mi vida, brindándome apoyo moral, ánimos para seguir adelante y por ser para mí un ejemplo de superación y esfuerzo

A Carlos, Marlon, Luis A. y Pedro mis queridos hermanos por ser mi apoyo incondicional, pese a la distancia.

A mis sobrinos, Maria Fernanda, Pablo Sebastián, Eduard Enrique y Lucciana, porque llenan de alegría cada día de mi vida

Al amor de mi vida por estar siempre a mi lado en todos los momentos importantes de mi vida.

A mi hermana Aydee J. Rebaza por el apoyo incondicional.

A mi amiga Ely Rios Vargas, por enseñarme que las cosas más bellas de la vida son gratis y que la amistad cuando es sincera, perdura aun después de la muerte.

Maria de los Angeles Bobadilla Añasco

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por habernos dado fuerzas y ganas de poder llegar a nuestras metas trazadas, realizar objetivos y por darnos salud y su infinito amor.

A la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, por brindarnos los conocimientos necesarios para la realización de nuestro Trabajo de Tesis y así abrirnos cambio en el ámbito laboral.

A todos nuestros profesores universitarios de Ingeniería Electrónica, por brindarnos conocimientos en cada una de las materias tomadas para nuestro desarrollo profesional.

Los Autores de la Tesis

A Dios por regalarme a vida, por darme fortaleza y ayudarme a superar los obstáculos de la vida.

A mis padres por su amor y por sus consejos recibidos a lo largo de mi vida universitaria.

A todos mis compañeros y docentes de la universidad, por haber compartido momentos gratos a lo largo de la carrera y haber compartido experiencias que me son útiles para afrontar las dificultades que trae la vida profesional.

Cesar Manuel Arellano Aldave

A mis padres por haberme brindado lo mejor de ellos, su gran amor y haberme dado la mejor herencia que es mi educación, por sus grandes consejos como amigos, sus enseñanzas y fortalezas que siempre tendré presente en el transcurso de toda mi vida.

A mi hermana Aydee J. Rebaza, que siempre me han brindado su apoyo incondicional en momentos difíciles

A mis hermanos, que siempre me han brindado su apoyo en momentos difíciles, sus consejos y enseñanzas, siempre los tendré presente. A mis amigas (os) por sus palabras de aliento y su apoyo.

Maria de los Angeles Bobadilla Añasco.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se centra en realizar un Diseño de un Sistema de Monitoreo Redundante para Agilizar el Procesamiento de la Data Obtenida en el Proceso de Esterilización en los Productos Enlatados en la Empresa CAMPOSOL S.A.

En el Primer Capítulo del presente trabajo, se aborda la problemática actual en el Área del Proceso de Esterilización de la Empresa CAMPOSOL S.A en cuanto a agilizar el procesamiento de la data obtenida en las Autoclaves 3, 10 11 y 12, exponemos nuestro objetivo y damos a conocer la importancia de dar una solución debido a lo crítico que es el proceso de esterilizado en la línea de producción de conservas.

En el Segundo Capítulo, se presenta el marco teórico y un sustento valido del porqué la elección de realizar un diseño de sistema de monitoreo redundante para agilizar el procesamiento de la data obtenida en el proceso de esterilización y también reforzar la solución que estamos proponiendo.

En el Tercer Capítulo, se procede con el desarrollo de la solución, detallamos los equipos y accesorios utilizados para lograr la conectividad con los controladores ya existentes y argumentamos porque nuestra solución es la más viable para la empresa.

ABSTRACT

This project focuses on performing a System Design for Monitoring Redundant Streamline Processing of the Data obtained during the sterilization process in canned products of CAMPOSOL S.A.

In the first chapter, the current problem is addressed in the Sterilization Process Area of CAMPOSOL S.A. as to expedite the processing of the data obtained in autoclaves 3, 10, 11 and 12, our goal is set knowing the importance of a solution because it is critical within the process of sterilization in the production line of preserves.

In the second chapter, we present the theoretical framework and a valid support on why the choice of making a design of redundant monitoring system to expedite the processing of the data obtained in the sterilization process, as well as strengthen the solution we are proposing.

In the third chapter, we proceed with the development of the solution, we detail the equipment and accessories used to achieve connectivity with existing drivers and argue why our solution is the

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	01
1.1.	Delimitación del problema	01
1.1.1.	Características de la realidad	02
1.1.2.	Análisis de las Características	03
1.2.	Formulación del Problema	04
1.2.1.	Definición del Problema	04
1.2.2.	Formulación del Problema	04
1.3.	Objetivos del Estudio	04
1.3.1.	General	04
1.3.2.	Específicos	04
1.4.	Formulación de la Hipótesis	05
1.4.1.	General	05
1.4.2.	Variables	05
1.5.	Justificación del Estudio	05
2.	MARCO TEÓRICO	08
2.1.	Antecedentes	08
2.2.	Fundamentación Teórica	12
2.2.1.	Esterilización o Tratamiento Térmico	12
2.2.2.	Ciclo de Esterilización	12
2.2.3.	Autoclaves	14
2.2.3.1.	Tipos de Autoclaves	14
2.2.4.	Medida de Temperatura	18
2.2.5.	Medida de Presión	20
2.2.6.	Medidores de Nivel de Líquidos	22
2.2.7.	Válvulas de Control	23
2.2.8.	Bombas de Recirculación en Autoclaves	23
2.2.9.	Registadores	24
2.2.10.	Intercambiadores de Calor	24

2.2.11. Unidad de Mantenimiento	25
2.2.12. Curva de Tratamiento	26
2.2.13. Comunicaciones Industriales	27
2.2.14. Modelo OSI de ISO	28
2.2.15. Modelo TCP/IP	30
2.2.16. Redes LAN Industriales	31
2.2.17. Buses de Campo	33
2.2.18. Sistema de Supervisión: SCADA	40
2.2.19. Elementos del Sistema	43
2.2.20. Estructura Interna de una aplicación SCADA	53
2.2.21. Arquitectura y Soluciones	55
2.2.22. Desarrollo de una aplicación SCADA	55
2.2.23. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)	57
3. MATERIAL Y MÉTODOS	60
3.1. Material	60
3.1.1. Población	60
3.1.2. Muestra	60
3.1.3. Unidad de Análisis	60
3.2. Método	60
3.2.1. Tipo de Investigación	60
3.2.2. Diseño de Investigación	60
3.2.3. Variables de estudio y Operacionalización	61
3.2.4. Instrumentos de recolección de Datos	63
3.2.5. Procedimientos y análisis de datos	66
3.2.5.1. PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA SCADA	68
3.2.5.2. Sistema de Comunicación entre los Controladores	68
3.2.5.3. Especificaciones del HMI	73
4. RESULTADOS	76
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	88
6. CONCLUSIONES	90

7.	RECOMENDACIONES	92
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
	ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Tabla de Unidades de Presión	20
Tabla N° 2.2: Características de las capas de comunicación según OSI.	29
Tabla N° 3.1: Operacionalización de la variable independiente	61
Tabla N° 3.2: Operacionalización de la variable dependiente	62
Tabla N° 3.3: Modelo de Encuesta	63
Tabla N° 3.4: Tiempo empleado para digitalizar reportes del 03/11/2014 y el 09/11/2014, de las autoclaves 3, 10,11 y 12.	64
Tabla N° 3.5: Análisis de la Encuesta utilizada	66
Tabla N° 3.6: Detalles del contenido del Sistema Scada	67
Tabla N° 3.7: Especificaciones del HMI.	74
Tabla N° 4.2: Lista de equipos a utilizar.	85
Tabla N° 4.3: Mano de obra.	86
Tabla N° 4.4: Consolidado de costos	86

INDICE DE GRAFICOS

Figura N° 2.1: Etapas del proceso del ciclo de esterilización y secuencia temporal de las mismas.	13
Figura N° 2.2: Vista en Alzado y en Planta	17
Figura N° 2.3: Campo de medida de los instrumentos de temperatura.	18
Figura N° 2.4: Sensor de Temperatura (pt-100 II Doble)	19
Figura N° 2.5: Sensor de Presión Relativa	21
Figura N° 2.6: Sensor de Presión (Presostato Diferencial)	22
Figura N° 2.7: Sensor de Nivel MK26 Reed	22
Figura N° 2.8: Válvulas Neumáticas	23
Figura N° 2.9: Registrador o Regulador	24
Figura N° 2.10: Intercambiadores de Calor	25
Figura N° 2.11: Unidad de Mantenimiento	26
Figura N° 2.12: Representación gráfica de un proceso típico de tratamiento térmico	26
Figura N° 2.13: Los siete niveles del Modelo OSI.	29
Figura N° 2.14: Bus de campo HART	34
Figura N° 2.15: Secuencia de bits en modo RTU con y sin chequeo de paridad	36
Figura N° 2.16: Trama Modbus RTU	37
Figura N° 2.17: Secuencia de bits modo ASCII con y sin chequeo de paridad.	37
Figura N° 2.18: Trama Modbus ASCII	38
Figura N° 2.19: Versiones de PROFIBUS	39
Figura N° 2.20: Topología de un sistema SCADA	42
Figura N° 2.21: Autómata Programable o PLC	47
Figura N° 2.22: Interconectividad y comunicación industrial.	48
Figura N° 2.23: Estructura de un sistema SCADA	54
Figura N° 2.24: Supervisión y control de proceso Batch. Rockwell Software.	57
Figura N° 3.1: Modelo de Reporte de Control del Proceso Térmico	65
Figura N° 3.2: Controlador SLC 500 de Allen Bradley	68
Figura N° 3.3: Pantalla de Integrated Architecture Builder ver. 9.6	70

Figura N° 3.4: Pantalla de PLC5/SLC Migration Tools	70
Figura N° 3.5: Modulo de comunicaciones Ethernet/IP 1747-AENTR	71
Figura N° 3.6: PLC CompactLogix 1769-L30ER	71
Figura N° 3.7: Fuente de Alimentación 1769-PA2	72
Figura N° 3.8: Conexión de las 4 autoclaves vía Ethernet/IP	72
Figura N° 3.9: Software The FactoryTalk View Studio (v6.0)	73
Figura N° 4.1: Pantalla de inicio del HMI.	76
Figura N° 4.2: Pantalla del menú principal	76
Figura N° 4.3: Pantalla de menú de la autoclave N° 3	77
Figura N° 4.4: Pantalla de menú de la autoclave N° 10	77
Figura N° 4.5: Pantalla de menú de la autoclave N° 11	78
Figura N° 4.6: Pantalla de menú de la autoclave N° 12	78
Figura N° 4.7: Pantalla de menú de la autoclave N° 3	79
Figura N° 4.8: Pantalla de proceso de la autoclave N° 10	79
Figura N° 4.9: Pantalla de proceso de la autoclave N° 11	80
Figura N° 4.10: Pantalla de proceso de la autoclave N° 12	80
Figura N° 4.11: Pantalla de reporte de las autoclaves	81
Figura N° 4.12: Pantalla de graficas de la autoclave N° 3	82
Figura N° 4.13: Pantalla de graficas de la autoclave N° 10	82
Figura N° 4.14: Pantalla de graficas de la autoclave N° 11	83
Figura N° 4.15: Pantalla de graficas de la autoclave N° 12	83
Figura N° 4.16: Pantalla de alarmas de las autoclaves	84
Figura N° 4.17: Pantalla de reporte de las autoclaves	84

CAPITULO I
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Delimitación del problema

Según la revista institucional “El CAMPOSOLINO”, Camposol es una empresa agroindustrial involucrada en el cultivo, procesamiento y comercialización de productos agrícolas tales como paltas, espárragos, arándanos, uvas, mangos, pimientos, alcachofas, mandarinas y langostinos, que son exportada a Europa, Estados Unidos de América y Asia.

Las operaciones de Camposol se iniciaron en 1997 con la compra de sus primeras tierras en el departamento de La Libertad. En ese mismo año, se adquirieron nuevas tierras en el proyecto especial Chavimochic mediante una subasta pública. En 1998 se inició la adquisición y desarrollo de tierras en la zona de Piura, con 2800 hectáreas en una primera etapa.

La empresa cuenta con más de 25000 hectáreas de tierras en las zonas de Chao, Virú y Piura. Actualmente tiene sembradas 2634 hectáreas de espárragos y 2454 hectáreas de paltas. Además cuenta con 531 hectáreas de pimiento, 451 hectáreas del cultivo de uvas, 415 hectáreas de mango y 101 hectáreas de mandarinas.

El complejo agroindustrial de CAMPOSOL en Chao está integrado por siete plantas de procesamiento, tres de las cuales son conservas, dos de productos frescos y dos de productos congelados. Además es propietaria de una empresa de packing de frutas (magos, uvas y otros) y la planta Nor Agro en Piura. En el 2006 Camposol fundo Marinazul con la cual inicio un negocio de acuicultura, mediante la producción y exportación de langostinos en Tumbes.¹

Dentro de las plantas de conservas tenemos la de espárrago, pimiento y alcachofa. En todas ellas la línea de producción es continua, la cual inicia con

¹ Revista Institucional “El Camposolino” (Marzo, 2013), Los 15 años de Camposol.
Fuente: <http://www.camposol.com.pe/userfiles/cms/pagina/documento/40revistaelcamposolino.pdf>

la recepción de la materia prima, pasando por el lavado, pelado, pesado, cerrado, esterilizado, codificado y finalmente empacado, siendo el esterilizado uno de las etapas más críticas e importantes.²

El proceso de esterilizado consiste en someter a un tratamiento térmico a los envases, los cuales son transportados a través de coches a las autoclaves en donde a través del manejo de temperatura y presión se esteriliza el producto final con lo que se garantiza la inocuidad.

Los parámetros de esterilizado y el llenado de las autoclaves dependerá de los calibres de materia prima que se han envasado en cada formato. Aquí se hace el uso del formato Control del Proceso Térmico, Control de Tiempo de retención y la carta grafica de temperatura y presión.³

La carta grafica es generada por un dispositivo llamado Registrador gráfico, el cual está formado por un disco de papel sobre el cual se deslizan las agujas registradoras, tienen como misión el registro grafico de todos los parámetros del proceso (tiempo, temperatura y presión).

1.1.1. Características de la realidad

La realidad problemática estudiada presenta las siguientes características:

- Demora en el procesamiento de la data obtenida y posterior emisión de reportes al área de aseguramiento de la calidad.
- Exposición a la manipulación de los datos obtenidos de los registradores gráficos de las autoclaves.
- Carencia de un sistema de emisión de información digitalizada del proceso de esterilizado en 4 de las 9 autoclaves

² Revista Institucional “El Camposolino” (Junio, 2014), Noticias de la Empresa., Fuente: <http://www.camposol.com.pe/userfiles/cms/pagina/documento/40revistaelcamposolino.pdf>

³ Revista Institucional “El Camposolino” (Marzo, 2013), Los 15 años de Camposol <http://www.camposol.com.pe/userfiles/cms/pagina/documento/34revistaelcamposolino.pdf>

1.1.2. Análisis de las Características

- Una vez terminado el turno de producción, personal de Aseguramiento de la Calidad, recoge las cartas graficas generadas por las autoclaves para analizar si los procesos térmicos se ejecutaron correctamente. A su vez se espera que el Departamento de Monitoreo le haga llegar los reportes con los mismos datos pero obtenidos por la actual plataforma de supervisión. Sin embargo existe un retraso de 12 horas por parte del departamento de monitoreo en poder generar dicho reporte, debido a que el programa utilizado no les proporciona las curvas de tendencia que requiere el área de aseguramiento de la calidad, lo que obliga al personal a digitar los datos en hojas de cálculo para generar dichas curvas, generando la demora en la generación de los reportes y el posterior cruce de información.
- La carta grafica es generada por un dispositivo llamado Registrador gráfico, el cual está formado por un disco de papel escalado sobre el cual se deslizan las agujas registradoras, tanto para temperatura y presión. El mecanismo que realiza el trazado de las curvas sobre el papel es accesible al operador y fácilmente vulnerado, ya que solo basta levantar las plumillas de la superficie del mismo y ya no se dibujara nada sobre la hoja, una vez superado el impase que pudo alterar los parámetros de proceso, otra vez de bajan las plumillas y continua el registro, posteriormente el operador dibuja el sector de la curva que faltó y nadie se dio cuenta. Adicionalmente según reportes obtenidos del SAP de mantenimiento, al mes se interviene al menos una autoclave por problemas con el registrador gráfico.
- Camposol S.A cuenta con un sistema de respaldo en la adquisición de la información obtenida de las autoclaves *TEINCO* llamado HistoTerm en 5 autoclaves, sin embargo hay 4 autoclaves

adquiridas por la empresa que son de la marca FERLO que utilizan Plc's Allen Bradley, para el control del proceso de esterilizado, que no cuentan con ningún sistema de respaldo en la adquisición de la información obtenida, imposibilitando la forma de poder contrastar los datos registrados en la carta.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Definición del Problema

El problema se define en proponer una alternativa para agilizar el procesamiento de la data obtenida en el proceso de esterilización en los productos enlatados en la empresa Camposol S.A.

1.2.2. Formulación del Problema

¿De qué manera se podría agilizar el procesamiento de la data obtenida en el proceso de esterilización en los productos enlatados en la empresa Camposol S.A.?

1.3. Objetivos del Estudio

1.3.1. General

Diseño de un sistema de monitoreo redundante para agilizar el procesamiento de la data obtenida en el proceso de esterilización en los productos enlatados.

1.3.2. Específicos

- Estudiar el proceso de esterilización de productos enlatados.
- Proponer una alternativa de monitoreo que cumpla con los requerimientos del área de aseguramiento de la calidad para agilizar el procesamiento de la data obtenida en el proceso de esterilización.
- Diseñar el sistema de monitoreo del proceso.
- Estimar los costos para la implementación del sistema de monitoreo.

1.4. Formulación de la Hipótesis

1.4.1. General

El diseño de un sistema de monitoreo redundante permitirá agilizar el procesamiento de la data obtenida en el proceso de esterilización en los productos enlatados en la empresa Camposol S.A.

1.4.2. Variables

a. *Variable Independiente:*

Diseño de un sistema de monitoreo redundante en base a un sistema SCADA.

Indicador de Variable independiente:

- Tiempo de escaneo de la supervisión
- Variables que se tendrá en cuenta para realizar el monitoreo
- Precisión, confiabilidad, escalabilidad
- Tiempo de respuesta

b. *Variable Dependiente:*

Agilizar el procesamiento de la data obtenida de las autoclaves en el Proceso de esterilización.

Indicador de Variable dependiente:

- Presión de calentamiento
- Presión de mantenimiento
- Presión de enfriamiento
- Tiempo de proceso térmico
- Curvas de histórico

1.5. Justificación del Estudio

• **En lo Académico:**

Estudiar una metodología para el diseño de un sistema de monitoreo redundante para agilizar el procesamiento de la data obtenida en el proceso de esterilización de productos enlatados.

- **En lo Tecnológico:**

Conocer las diferentes tecnologías que ayuden a agilizar el procesamiento de la data obtenida en el proceso de esterilización de productos enlatados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Haciendo una pesquisa bibliográfica se han encontrado como antecedentes los siguientes trabajos de investigación relacionados con la temática:

a. Título: “Modelado de autoclaves para la industria conservera y estimación de f_0 en tiempo real”

Tesis

Universidad de Vigo (2004)

Autor: Antonio Sartal Rodríguez.

Asesor:

Resumen:

Con el presente se pretenden diseñar un sistema de monitorización para las autoclaves de la industria conservera que permita la determinación de F_0 en tiempo real y el registro de forma simultánea de datos complementarios necesarios para garantizar la trazabilidad del proceso.

Conclusiones:

- Se diseñó un sistema de monitorización para los autoclaves de la industria conservera Jealsa Rianxeira S.A que, basado en el modelo predictivo, permite la determinación de F_0 en tiempo real y el registro de forma simultánea de datos complementarios necesarios para garantizar la trazabilidad de la etapa de esterilización y su integración dentro del proceso productivo, conforme a la directiva europea 178/2002 de obligado cumplimiento a partir del 24 de enero de 2005.
- Se realizó un presupuesto del hardware y software necesarios para la implantación de un sistema de monitorización de autoclaves. Se desarrolló también un diagrama de flujo y un diseño de las pantallas principales de la interface de usuario de la aplicación, basado en las

sugerencias de los propios operarios y el personal del departamento de calidad y producción. (*Antonio Sartal Rodríguez, 2004*)

Aportes:

- Dentro de los aportes del presente trabajo podemos rescatar que muestra a la tecnología OPC como una buena alternativa, para intercambiar datos a través de una interfaz común entre dispositivos de hardware y aplicaciones de software desarrolladas por una variedad de fabricantes. (*Antonio Sartal Rodríguez, 2004*)

b. Título: “Automatización de esterilizadores para productos alimenticios enlatados”

Tesis

Universidad Central de Venezuela (2008)

Autor: Rigel N. Rangel B.

Asesor: Ing. Tamara Pérez

Ing. Enrique Delgado

Resumen:

Se plantea el diseño de un sistema de control automatizado para el manejo de cuatro máquinas esterilizadoras para productos enlatados. El diseño antes mencionado se implementó como parte de la primera fase de un sistema control y supervisión; en donde se cumplió con la etapa de la automatización, la programación del controlador lógico programable y la coordinación de todos los factores necesarios para que el control del sistema fuese posible. Finalizada la fase inicial, el sistema fue capaz de esterilizar productos, basándose en un sistema automático manejado por un grupo de parámetros inmersos en una lista de recetas seleccionables por el operador e impuestas por el departamento de producción y calidad de la empresa cliente. Posterior a la implementación y funcionamiento del sistema, se generan las proyecciones de una segunda etapa para ampliar las características de comunicación del sistema en vista de una posible conexión remota con el centro de control de la

planta, para su supervisión, recolección y registro de información para el manejo de los históricos de los procesos de cada una de las máquinas.

Conclusiones:

- El desarrollo, diseño e implementación de un sistema de control automático de máquinas esterilizadoras para productos alimenticios enlatados fue satisfactorio, las cuatro máquinas se encuentran realizando procesos completos de esterilización de forma automática e independiente.
- Las etapas dentro del diseño del control automático, salvo ciertas modificaciones explicadas en las secciones anteriores, se pudieron aplicar y poner en funcionamiento de manera exitosa, por lo que la estructuración del sistema y del proceso permitió una buena y eficiente ejecución de la fase de implementación, solo generándose ciertos problemas e inconvenientes propios de un proyecto de tal envergadura.
- El manual de operación fue enviado a la empresa cliente para su revisión y posterior crítica, las cuales fueron tomadas e incluidas en la versión final del manual de operaciones del sistema “Automatización de cuatro esterilizadores para productos alimenticios enlatados”, por lo que se logra el objetivo de dotar a la empresa cliente de la documentación necesaria para la comprensión, operación y mantenimiento del sistema. (*Rigel N. Rangel B.,2008*)

Aportes:

- Dentro de los aportes del presente trabajo podemos rescatar que muestra a la tecnología VisiLogic como una buena alternativa, para escribir, depurar, y descargar el programa del control del proceso al PLC. (*Rigel N. Rangel B., 2008*)

c. Título: “Migración de un Sistema de Control en Red DH+ por Ethernet IP”

Tesis

Instituto Politécnico Nacional (2010)

Autores: Jonathan Almazan Escalona

Luis Alberto Rodríguez Sánchez

Asesor:

Resumen:

Con el presente se contempla migrar un sistema de control en red DH+ por Ethernet IP para la industria de toallas higiénicas, que permita un incremento a la velocidad de toda las máquinas para así se pueda cubrir con el programa de producción.

Conclusiones:

- Hemos logrado implementar diferentes técnicas y conocimientos de ingeniería para lograr una mejor respuesta de una maquina productora de toallas higiénicas usando los drives POWERFLEX 70 que por medio del protocolo de comunicación Ethernet/IP de Rockwell Automation a 100 Megabytes/seg a través de un Contrologix 5000, su desempeño fue considerablemente mejor a comparación del equipo instalado BRU-500 de la marca Reliance Electric que operaban bajo un protocolo de comunicación DH+ y un PLC SLC-500 de la misma empresa pero que opera a 230 Kilobytes/seg que definitivamente no hay comparación en cuanto a los beneficios mostrados a lo largo del desarrollo de esta Tesis.
- Cabe mencionar que el presente trabajo se dispuso como un proyecto para la solución de diferentes procesos; en este caso fue la máquina de producción de toallas higiénicas, y logramos implementarlo en planta, a través de un método de ingeniería e instalación detallado y aprovechando al máximo todas la ventajas de las nuevas tecnologías empleadas, hoy en día, por las empresas más competitivas en el ámbito industrial.

- Uno de los avances de la tecnología actual tiende a ser ahorrativa y versátil, cosa que el uso del producto Ethernet/IP hemos mostrado claramente, de forma teórica y grafica en este trabajo. (*Jonathan Almazan Escalona y Luis Alberto Rodríguez Sánchez , 2010*)

Aportes:

- Dentro de los aportes del presente trabajo, es implementar diferentes técnicas y conocimientos de ingeniería, aprender los protocolos de comunicación Ethernet/. (*Jonathan Almazan Escalona y Luis Alberto Rodríguez Sánchez , 2010*)

2.2. Fundamentación Teórica

2.2.1. Esterilización o Tratamiento Térmico

La esterilización de los productos alimenticios es un proceso térmico por el cual se eliminan todos los gérmenes que pueden contaminarlos. Las condiciones que deben cumplir este proceso, varía según el producto y el tipo de envase utilizado, puesto que intervienen factores como la penetración del calor en el producto o el pH del mismo.

La necesidad, o no, de realizar un proceso de esterilización, o pasteurización a un producto, se regula de forma legislativa y utiliza como baremo la acidez del producto, estableciendo como frontera un valor de pH.

Es la aplicación de calor a un producto envasado herméticamente cerrado a condiciones de temperatura, presión y tiempo científicamente determinados para asegurar la calidad y esterilidad comercial.⁴

2.2.2. Ciclo de Esterilización

Cuando se habla de tiempo de proceso (tiempo de esterilización) se piensa en un primer momento en el proceso que se lleva a cabo en el interior de la autoclave desde que se introduce el producto hasta que

⁴ Manual de Instrucciones FERLO, (Pag. 4) Introducción, <http://www.ferlo.com/autoclaves-division-alimentacion/>

este es retirado. Esto no es así puesto que supondría un proceso ideal en el cual el producto debe alcanzar la temperatura de consigna (temperatura de régimen) de forma instantánea y enfriarse de la misma forma.

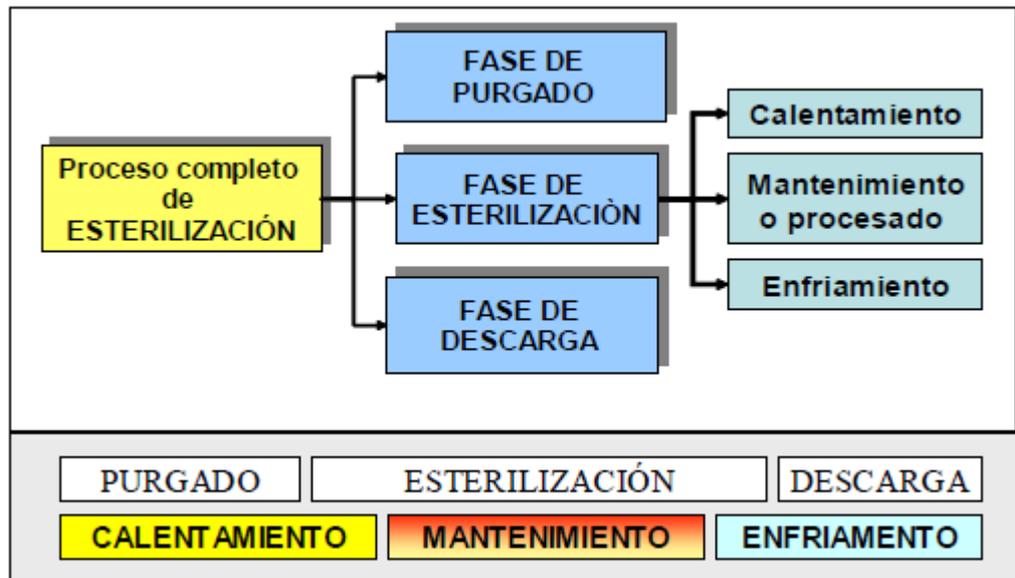


Figura Nº2.1: Etapas del proceso del ciclo de esterilización y secuencia temporal de las mismas

Fuente: Universidad de Vigo

Obviamente en los procesos reales tanto la etapa de calentamiento como la de enfriamiento requieren un determinado tiempo que, sin embargo, no contribuirá prácticamente a la esterilización del producto. A continuación se muestra un esquema de las diferentes fases que componen el proceso completo de esterilización. Se situaron las etapas de calentamiento y enfriamiento en la fase de esterilización para destacar la contribución que presentan estas etapas en la letalidad del tratamiento térmico sobre producto (únicamente para temperaturas superiores a 100°C). En el diagrama inferior se muestra el solapamiento real de las etapas durante el tratamiento térmico.⁵

⁵ Antonio Sartal Rodríguez (2004), Modelado de Autoclaves para la Industria de Conservas y Estimación de F0 en Tiempo Real. Universidad de Vigo.

2.2.3. Autoclaves

Equipo diseñado para la esterilización de todo tipo de alimentos envasados en recipientes herméticos, admite todo tipo de envases: latas de aluminio, latas de hojalata, frascos de vidrio, bolsas plásticas, bandejas, etc. Esterilización a vapor con duchas de agua con sobrepresión, disponible en diferentes diámetros (1.350 mm ó 1.500 mm) y diferentes capacidades, para satisfacer la demanda de cualquier producción, equipado con un controlador/programador automático con capacidad para diferentes programas de esterilización y sonda de temperatura F0, aislamiento térmico para evitar pérdidas de energía y con todos los sistemas de seguridad requeridos para un equipo de estas características.

2.2.3.1. Tipos de Autoclaves

Según Ferlo existen dos formas diferentes (modo estático, modo rotativo), con lo que tenemos dos tipos diferentes de autoclaves:

- a) Autoclave horizontal Estática.
- b) Autoclave horizontal Rotativa.

Dentro de las autoclaves estáticas, se puede elegir entre un sistema de cascada de agua (por medio de chapa difusora), o uno de spray (por medio de duchas).

Las autoclaves rotativas solamente disponen de sistema spray, aunque ofrecen dos modalidades de funcionamiento:

- Rotación continúa.
- Pendular.

A continuación se va a explicar la base del funcionamiento general de cada uno de los sistemas anteriormente mencionados.

a) AUTOCLAVES HORIZONTALES ESTATICAS

- Autoclave Horizontal Estática (Cascada):

En este tipo de autoclave se realiza un control temperatura-presión-tiempo de forma estática, es decir, las cestas que se alojan en el interior del autoclave están fijas, sin ningún tipo de movimiento, de tal forma que el agua incide sobre los envases de forma vertical siempre en el mismo sentido a modo de cascada de agua (de arriba a abajo). Este sistema es el más habitual y el más conocido dentro el sector de la alimentación.

- Autoclave Horizontal Estática (Spray):

El control temperatura-presión-tiempo también se hace de forma estática, de tal forma que el agua incide sobre y en los laterales de los envases. Este sistema pulveriza el agua en recirculación a través de unas boquillas especiales (duchas) situadas a lo largo de tuberías interiores, colocadas en la parte superior y en los laterales de la autoclave.

b) AUTOCLAVE HORIZONTAL ROTATIVA Y PENDULAR

En autoclaves rotativas el control temperatura-presión-tiempo se hace de la misma forma que en las estáticas, pero con la particularidad de que el interior de la autoclave se encuentra en movimiento, de manera que las cestas van rotando sobre un eje imaginario longitudinal a lo largo del cuerpo de la autoclave. Con ello se consigue una penetración del calor más rápida en el producto, debido a la agitación que se produce, siendo los tiempos de esterilización considerablemente más cortos para productos con mala transmisión interna del calor.

Especial mención requiere la variante de funcionamiento pendular, que va más allá en la agitación del producto, oscilando un cierto ángulo en ambos sentidos y pudiendo permanecer en estas posiciones por un espacio de tiempo determinado. Esto permite un control total de la forma y manera en que se produce la agitación.

El proceso se realiza de esta forma debido a que ciertos productos (como la leche de coco) lo necesitan para su correcta esterilización.⁶

⁶ Manual de Instrucciones FERLO, (Pag. 7,8) Autoclaves y Tipos de Autoclaves.
<http://www.ferlo.com/autoclaves-division-alimentacion/>

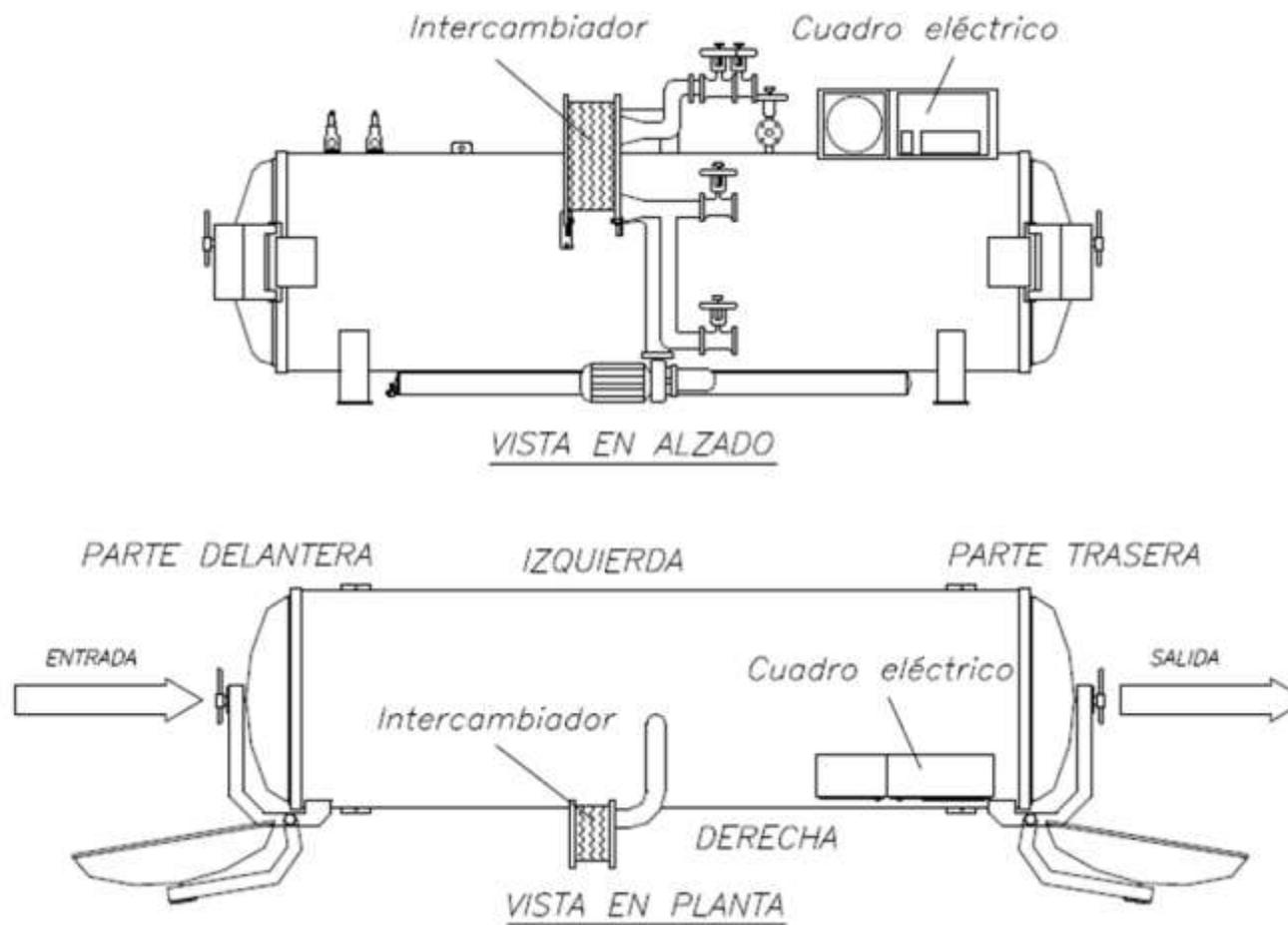


Figura N° 2.2: Vista en Alzado y en Planta

Fuente: Manual Ferlo

2.2.4. Medida de Temperatura

Para Creus, S. (1997). La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios; es importante señalar que es esencial una comprensión clara de los distintos métodos de medida con sus ventajas y desventajas propias para lograr una selección óptima del sistema más adecuado.

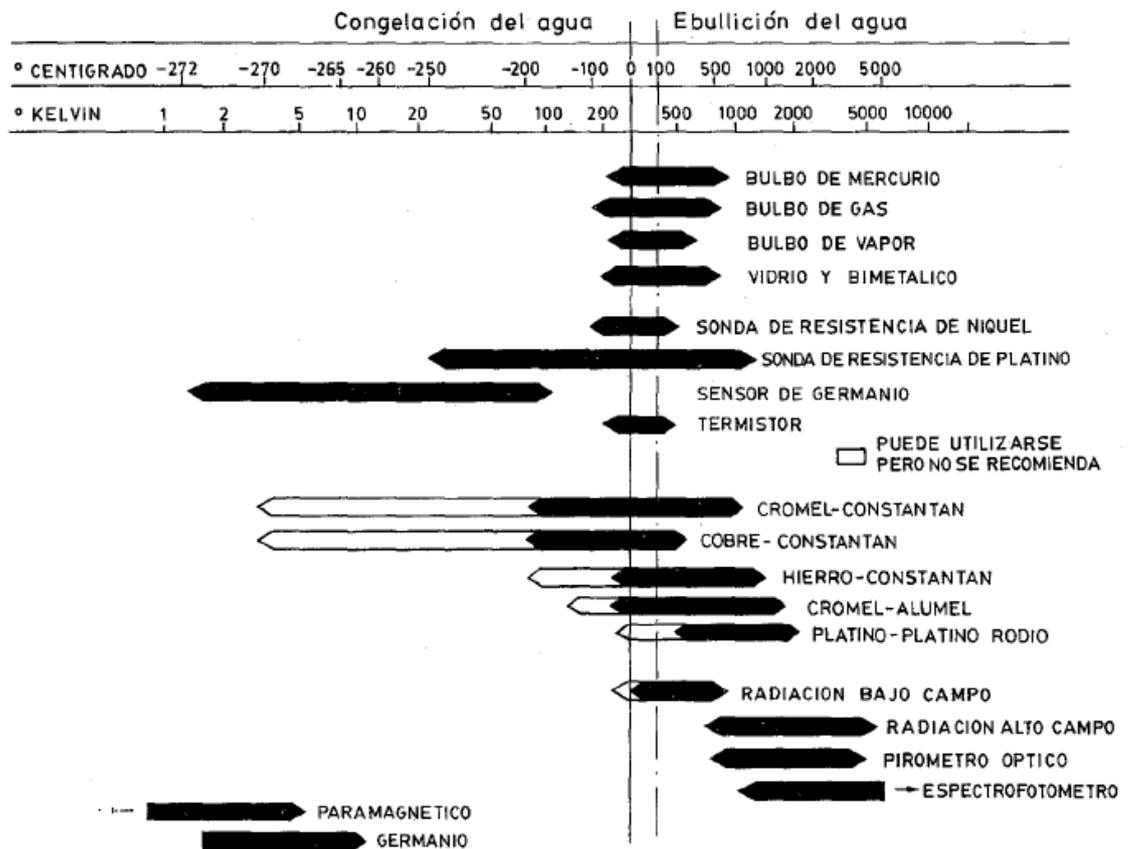


Figura N° 2.3: Campo de medida de los instrumentos de temperatura.

Fuente: Antonio Creus Solé, Instrumentación Industrial

Los instrumentos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la temperatura y entre los cuales figuran:

- a) variaciones en volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases);
- b) variación de resistencia de un conductor (sondas de resistencia);
- e) variación de resistencia de un semiconductor (termistores);
- d) f.e.m. creada en la unión de dos metales distintos (termopares);
- e) intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación);
- f) otros fenómenos utilizados en laboratorio (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de un cristal).

De este modo se emplean los instrumentos siguientes:

Termómetros de vidrio, termómetros bimetálicos, elementos primarios de bulbo y capilar rellenos de líquido, gas o vapor, termopares, pirómetros de radiación, termómetros de resistencia, termómetros ultrasónicos, termómetros de cristal de cuarzo.⁷



Figura N° 2.4: Sensor de Temperatura (pt-100 II Doble)

Fuente: <http://www.danfoss.com/>

⁷ Antonio Creus Solé, (1997). Instrumentación Industrial (6.a edición). Barcelona, España: Marcombo, S. A. ISBN: 970-15-0246-9. Pag. 223

2.2.5. Medida de Presión

Para Creus, S. (1997). La presión es una fuerza por unidad de superficie y puede expresarse en unidades tales como pascal, bar, atmósferas, kilogramos por centímetro cuadrado y psi (libras por pulgada cuadrada). En el Sistema Internacional (S.I.) está normalizada en pascal de acuerdo con las Conferencias Generales de Pesas y Medidas 13 y 14⁸ que tuvieron lugar en París en octubre de 1967 y 1971.

Y según la Recomendación Internacional número 17, ratificada en la III Conferencia General de la Organización Internacional de Metrología Legal⁹. El pascal es 1 newton por metro cuadrado (1 N/m²), siendo el newton la fuerza que aplicada a un cuerpo de masa 1 kg, le comunica una aceleración de 1 m/s². Como el pascal es una unidad muy pequeña, se emplean también el kilopascal (1 kPa = 10⁻² bar), el megapascal (1 MPa = 10 bar) y el gigapascal (1 GPa = 10 000 bar). En la industria se utiliza también el bar (1 bar = 10⁵ Pa = 1,02 kg/cm²) y el kg/cm², si bien esta última unidad, a pesar de su uso todavía muy extendido, se emplea cada vez con menos frecuencia.

Tabla N° 2.1: Tabla de Unidades de Presión

	Psi	Pulgada c. de agua	Pulgada c. de Hg	Atmósfera	kg/cm ²	cm c. de a.	mm c. de Hg	Bar	Pa
Psi	1	27,68	2,036	0,0680	0,0703	70,31	51,72	0,0689	6894,76
Pulgada c. de a.	0,0361	1	0,0735	0,0024	0,0025	2,540	1,868	0,0024	249
Pulgada c. de Hg	0,4912	13,6	1	0,0334	0,0345	34,53	25,4	0,0338	3386,39
Atmósfera	14,7	406,79	29,92	1	1,033	1033	760	1,0132	1,0133 × 10 ⁵
kg/cm ²	14,22	393,7	28,96	0,9678	1	1000	735,6	0,98	98066
cm c. de a.	0,0142	0,3937	0,0289	0,00096	0,0010	1	0,7355	0,0009	98,06
mm c. de Hg	0,0193	0,5353	0,0393	0,0013	0,0013	1,359	1	0,00133	133,322
Bar	14,5	401	29,53	0,987	1,02	1020	750	1	10 ⁵
Pa	0,00014	0,0040	0,00029	0,987 × 10 ⁻⁵	0,102 × 10 ⁻⁴	0,01	0,0075	10 ⁻⁵	1

Fuente: Antonio Creus Solé, Instrumentación Industrial

En la tabla 2.1 figuran las equivalencias entre estas unidades.

⁸ En España, según Decreto 1.257/1974 de 25 abril, publicado en BOE, núm., 110, de 8 de mayo de 1974.

⁹ En España, según Decreto 18.464, publicado en BOE, núm., 223, de 17 de septiembre de 1974.

- **Sensor de Presión Relativa**

Los sensores de presión o transductores de presión, son muy habituales en cualquier proceso industrial o sistema de ensayo. Su objetivo es transformar una magnitud física en una eléctrica, en este caso transforman una fuerza por unidad de superficie en un voltaje equivalente a esa presión ejercida.

Los formatos son diferentes, pero destacan en general por su robustez, ya que en procesos industriales están sometidos a todo tipo de líquidos, existiendo así sensores de presión para agua, sensores de presión para aceite, líquido de frenos, etc.

Los rangos de medida y precisión varían mucho en función de la aplicación.



Figura N° 2.5: Sensor de Presión Relativa

Fuente: http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/sensores-y-transductores_35/sensores-de-presi%c3%b3n_107/

- **Presostato Diferencial**

Se emplea para el control de presiones diferenciales en líquidos, vapores y gases. Y para el control de la circulación de líquidos en bombas. Caja compacta en aluminio con tapa transparente en material termoplástico a prueba de gol-pes, para montaje en pared, tornillo de ajuste para el punto de conmutación inferior precintable con-tacto conmutado, contactos plateados, sonda de presión con dos tubos Bourdon, todas las partes en contacto con el fluido en acero inoxidable, conexiones a proceso Rp 1/8, rosca hembra, conexión

eléctrica vía conector montado en la caja conector DIN 43650; protección según DIN/VDE 0700 para cables de 6...10 mm de diámetro exterior.¹⁰



Figura N° 2.6: Sensor de Presión (Presostato Diferencial)

Fuente: <http://www.sauteriberica.com/es/productos/reguladores-todonada/presostatos/presostato-diferencial.html>

2.2.24. Medidores de Nivel de Líquidos

Para dar una descripción teórica de la medición de nivel Creus, S. (1997) menciona lo siguiente: Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, bien directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, bien la presión hidrostática, bien el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, o bien aprovechando características eléctricas del líquido.¹¹



Figura N° 2.7: Sensor de Nivel MK26 Reed

Fuente: <http://es.omega.com/prodinfo/sondas-de-nivel-medicion.html>

¹⁰ Antonio Creus Solé, (1997). Instrumentación Industrial (6.a edición). Barcelona, España: Marcombo, S. A. ISBN: 970-15-0246-9. Pag. (71,80)

¹¹ Antonio Creus Solé, (1997). Instrumentación Industrial (6.a edición). Barcelona, España: Marcombo, S. A. ISBN: 970-15-0246-9. Pag. 193.

2.2.25. Válvulas de Control

Para Creus, S. (1997). En el control automático de los procesos industriales la válvula de control juega un papel muy importante en el bucle de regulación. Realiza la función de variar el caudal del fluido de control que modifica a su vez el valor de la variable medida comportándose como un orificio de área continuamente variable. Dentro del bucle de control tiene tanta importancia como el elemento primario, el transmisor y el controlador.¹²



Figura N° 2.8: Válvulas Neumáticas

Fuente: <http://www.teinco.es>

2.2.26. Bombas de Recirculación en Autoclaves

Para GRUNDFOS, España. La función de la bomba de recirculación es garantizar que el agua caliente siempre se encuentre disponible y tan cerca del punto de consumo como sea posible, con el fin de reducir el desperdicio de agua y de aumentar el confort.

¹² Antonio Creus Solé, (1997). Instrumentación Industrial (6.a edición). Barcelona, España: Marcombo, S. A. ISBN: 970-15-0246-9. Pag. 365.

2.2.27. Registradores

Para Teinco, España. Este dispositivo está formado por un disco de papel sobre el cual se deslizan las agujas registradoras, tienen como misión el registro gráfico de todos los parámetros del proceso (tiempo, temperatura y presión).



Figura N°2.9: Registrador o Regulador

Fuente: http://www.teinco.es/info_producto.php?id=25

2.2.28. Intercambiadores de Calor

Alfa Laval es el proveedor líder mundial de intercambiadores de calor de placas, que ofrecen un diseño compacto y una eficiencia térmica alta. La oferta de productos incluye varios tipos de intercambiadores de calor de placas, como por ejemplo:

- Intercambiadores con juntas
- Intercambiadores de placas semisoldadas y soldadas
- Intercambiadores termosoldados
- Intercambiadores de placas soldadas mediante fusión

Los intercambiadores de calor de placas se componen de un conjunto de placas acanaladas montadas. Entre las placas hay dos canales con un medio frío y otro caliente. Éstos fluyen por cada lado de las placas y circulan a contracorriente.

Los intercambiadores de calor de placas con juntas, que cubren un gran número de aplicaciones, se cierran herméticamente con juntas. Los intercambiadores de calor termosoldados han sido desarrollados para trabajar a altas presiones y temperaturas. Los intercambiadores de calor de placas soldadas se utilizan para soportar presiones y temperaturas aún más altas.¹³



Figura N° 2.10: Intercambiadores de Calor

Fuente: <http://local.alfalaval.com/es-es/key-technologies/heat-transfer/plate-heat-exchangers/pages/default.aspx>

2.2.29. Unidad de Mantenimiento

Para Airon TOOLS, Unidad de Mantenimiento. Las unidades de mantenimiento son un accesorio indispensable para el uso de herramienta neumática. Los tres elementos integrados en las unidades de mantenimiento le darán a la línea de aire las características necesarias para proteger y mantener las herramientas que ensamblan con calidad sus productos o que le ayudan a dar el servicio de calidad en su empresa.

¹³ Manual de Instrucciones FERLO, (Pag. 5) Introducción. <http://www.ferlo.com/autoclaves-division-alimentacion/>



Figura N°2.11: Unidad de Mantenimiento

Fuente: <http://herramientas-industriales.com/airon-mod-atmt-2/>

2.2.30. Curva de Tratamiento

Es la representación gráfica de las variables de temperatura, tiempo y presión, que se produce durante todo el tratamiento térmico.¹⁴

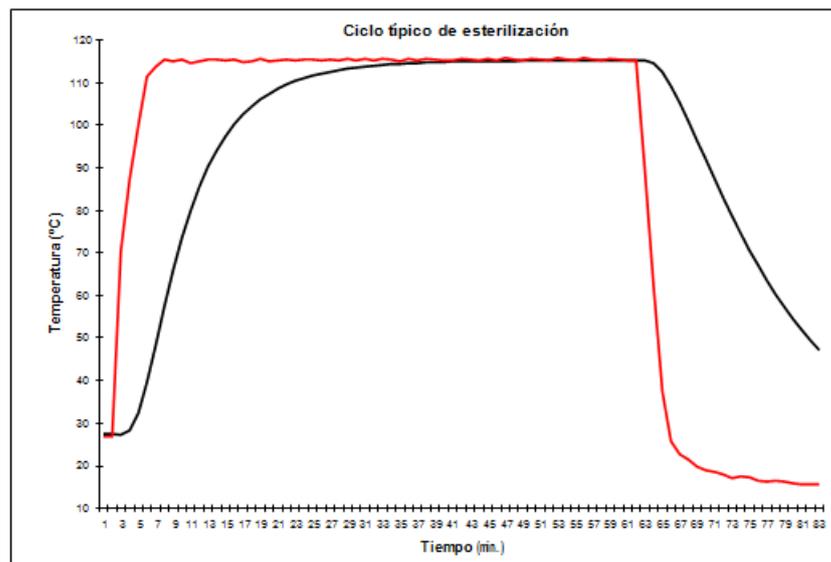


Figura N°2.12: Representación gráfica de un proceso típico de tratamiento térmico.

¹⁴ Antonio Sartal Rodríguez (2004), Modelado de Autoclaves para la Industria de Conserveras y Estimación de F0 en Tiempo Real. Universidad de Vigo.

2.2.31. Comunicaciones Industriales

Para la Universidad de Oviedo (España 2006). En una red industrial coexistirán dispositivos de todo tipo, los cuales suelen agruparse jerárquicamente para establecer conexiones lo más adecuadas a cada área. Así mismo el autor define cuatro niveles:

- **Nivel de gestión**

Se encarga de integrar los niveles siguientes en una estructura de fábrica, e incluso de múltiples factorías. Las máquinas aquí conectadas suelen ser estaciones de trabajo que hacen de puente entre el proceso productivo y el área de gestión, en el cual se supervisan las ventanas, stocks, etc. Se emplea una red de tipo LAN o WAN.

- **Nivel de control**

Se encarga de enlazar y dirigir las distintas zonas de trabajo. A este nivel se sitúan los autómatas de gama alta y los ordenadores dedicados al diseño, control de calidad, programación, etc. Se suele emplear una red de tipo LAN.

- **Nivel de campo y proceso**

Se encarga de la integración de pequeños automatismos (autómatas compactos, multiplexores de E/S, controladores PID, etc.) dentro de subredes o “islas”. En el nivel más alto de estas redes se suelen encontrar uno o varios autómatas modulares, actuando como maestros de la red o maestros flotantes. En este nivel se emplean los buses de campo tradicionales, aunque también tienen cabida redes superiores como Ethernet Industrial bajo ciertas premisas que aseguren el determinismo en la red.

- **Nivel de E/S**

Es el nivel más próximo al proceso. Aquí están los sensores y actuadores, encargados de manejar el proceso productivo y tomar las medidas necesarias para la correcta automatización y supervisión. Se tratan de sustituir los sistemas de cableado tradicionales por buses de

campo de prestaciones sencillas y sistemas de periferia descentralizada.¹⁵

2.2.32. Modelo OSI de ISO

Para la Universidad de Oviedo (España 2006). El modelo OSI (Open Systems Interconetion) de ISO (International Standars Organization) fue una propuesta para la estandarización de las redes de ordenadores que permite interconectar sistemas abiertos y ofrece al usuario la posibilidad de garantizar la interoperabilidad de los productos entre sí. Este modelo tiene siete capas diseñadas con arreglo a los siguientes principios:

- Una capa se creará en situaciones en las que se requieran un nivel diferente de abstracción.
- Cada capa deberá realizar una función bien definida.
- La función que realiza cada capa deberá seleccionarse tomando en cuenta la minimización del flujo de información a través de las interfaces entre capas.
- El número de capas será suficientemente grande como para que funciones diferentes no estén en la misma capa, y suficientemente pequeño para que la arquitectura no sea difícil de manejar.

También la Universidad de Oviedo (España 2006) menciona que. El modelos OSI por sí mismo, no es una arquitectura de red puesto que no especifica el protocolo que debe usarse en cada capa. Posteriormente, estos protocolos fueron implementados por los fabricantes de software de comunicaciones, ajustándose a las funciones de cada una de las capas. A continuación se describen las funciones de cada una de las 7 capas y se muestra en la Fig. N° 2.13:

¹⁵ Universidad de Oviedo (España 2006). Comunicaciones Industriales. (Capitulo 5).

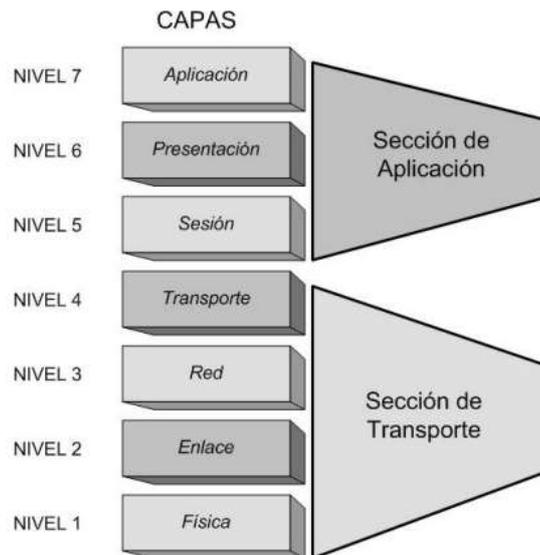


Figura N°2.13: Los siete niveles del Modelo OSI.

Fuente: Universidad de Oviedo

A continuación se presenta en la tabla N° 2.2 las características de cada una de las capas.

Tabla N° 2.2: Características de las capas de comunicación según OSI.

Nivel	Designación	Función	Características
7	Capa de aplicación.	Funciones de aplicación	Leer/Escribir-Recibir/Enviar transferencia de archivos
6	Capa de presentación	Representación de datos	Lenguaje común
5	Capa de sesión	Sincronización, control de comunicación	Coordinación de la comunicación(inicio, fin)
4	Capa de transporte	Establecimiento/terminación de conexiones. Confirmaciones Segmentación	Transmisión asegurada de información
3	Capa de red	Encaminamiento hacia otras subredes	Interconexión entre distintas subredes
2	Capa de enlace	Método de acceso. Estructuración de los mensajes en tramas	Comprobación CRC (errores). Control del acceso al medio de transmisión
1	Capa física	Soporte físico de transmisión	Señales que codifican la

			información. Medio de transmisión(cable, aéreo)
--	--	--	---

Fuente: Universidad de Oviedo (2006).

2.2.33. Modelo TCP/IP

Modelo que es usado actualmente en la red de internet. Para la Universidad de Oviedo (España 2006) este modelo se puede considerar de cuatro capas:

- **Capa de enlace y física**

Es equivalente a las capas físicas y de enlace del modelo OSI. El medio de transmisión puede ser cualquiera que soporte el transporte de las unidades de datos que genera el protocolo IP de la capa de red.

- **Capa Internet**

Permite que el equipo inserte paquetes en cualquier red, y que estos viajen independientemente hacia su destino. Incluso pueden llegar en distinto orden del que fueron enviados, en cuyo caso, es obligación de las capas superiores reordenarlos si fuese preciso. Esta capa define un tipo de paquete y un protocolo llamado IP, cuya función es el encaminamiento de los mensajes y evitar atascos, equivale a la capa de red del modelo OSI.

- **Capa de transporte**

Permite el dialogo entre equipos de extremo a extremo, igual que la capa de transporte de modelo OSI, pudiendo estar estos equipos situados en la misma habitación o a miles de kilómetros de distancia. Utiliza los protocolos TCP y UDP.

- **Capa de aplicación:** El modelo TCP/IP no tiene las capas de presentación ni de sesión. La experiencia ha demostrado que esta aproximación es la correcta. Esta capa contiene todos los protocolos de alto nivel como: TELNET, FTP, SMTP, DNS, NNTP, HTTP y otros aquellos nuevos protocolos que se van incorporando.

2.2.34. **Redes LAN Industriales**

Los estándares más extendidos según la Universidad de Oviedo (2006) son:

- **Map**

Diseñado para el entorno industrial. No actúa a nivel de bus de campo, pero establece pasarelas hacia estos buses mediante terminales. También permite integración en redes WAN. Se desarrolló paralelamente con la arquitectura OSI y su implementación es compatible con los siete niveles de ese modelo.

- **Ethernet Industrial**

La Universidad de Oviedo (España 2006) menciona que: Se implementaba inicialmente sobre cable coaxial, codificándose la señal en banda base mediante el código Manchester. Pero ahora se han desarrollado especificaciones para que se pueda implementar sobre otros soportes físicos: par trenzado, fibra óptica, etc. y soportando mayores velocidades de transmisión. Las técnicas de Ethernet conmutada agilizan el tráfico de la red, aumentando el ancho de banda de transmisión disponible, aumenta el número de nodos que se pueden conectar a una misma red local y minimizan tanto la posibilidad de pérdida de mensajes como el retardo de propagación de estos hacia su destino. Este hecho ha provocado que Ethernet se haya incorporado definitivamente al entorno industrial como un medio de transmisión fiable y rápida.

El cableado tipo par trenzado bajo las denominaciones 10BASE-T (10Mbps) y 100BASE-TX (100Mbps). En ambos casos se trata de cables STP y UTP. El cable de categoría 5 es el más habitual ya que proporciona la calidad suficiente para la transmisión hasta 100Mbps. Los cables se conectan a los equipos de la red mediante conectores RJ-45. También se utiliza fibra óptica 10BASE-FL o 100BASE-FX. El cable de fibra óptica es más caro, pero puede utilizarse donde hay

grandes interferencias electromagnéticas. También pueden alcanzar distancias hasta los dos kilómetros.¹⁶

- **Red Data Highway (DH) y Red Data Plus (DH+)**

Para Gary Dunning, (2008). Los sistemas DH y DH+ de Allen Bradley son redes de área local (LAN). Mediante estas redes se conectan controladores programables, ordenadores y otros dispositivos para que puedan comunicarse e intercambiar datos entre ellos. Un sistema de cables es el medio físico de transmitir estos datos entre nodos. En las redes DH y DH+, un nodo es una interfaz de hardware.

- **Red Data Highway (DH)**

Para Gary Dunning, (2008). Una red DH usa comunicación entre dispositivos semejantes a través de un esquema de paso del testigo llamado maestro flotante. El maestro controla el acceso a la red y puede iniciar mensajes en cualquier momento. Con este modo de operar, los nodos piden la maestría temporal en base a su necesidad de enviar información. De esta forma, cada nodo tiene el mismo acceso para convertirse en el maestro.

A diferencia de una relación de maestro/esclavo, una relación de maestro flotante no requiere que el maestro actual llame a cada nodo para otorgar permiso para transmitir la información. El resultado es menos espacio por transacción y una red más eficiente. En el sistema DH, los módulos interfaces controlan el acceso a la red localmente. Esto significa que si un módulo tiene un fallo, los otros módulos continúan comunicándose en la red.

- **Red Data Highway Plus (DH+)**

Para Gary Dunning, (2008). La red DH+ usa el protocolo de paso del testigo para permitir que los nodos en la red transmitan mensajes por el cable. Con el protocolo de paso del testigo, solo el nodo que posee el testigo puede transmitir el mensaje. Un nodo es

¹⁶ Universidad de Oviedo (España 2006). Comunicaciones Industriales. (Capítulo 6).

el maestro durante todo el tiempo que posee el testigo. Así es como rotan los nodos para tener la maestría de la red.

Cuando un nodo ha enviado todos sus mensajes o usado todo su tiempo de mantención del testigo, pasa el testigo al nodo de la siguiente dirección más alta. El paso del testigo continúa de esta manera hasta que el testigo es pasado al nodo con la dirección más baja. Cuando el nodo con la dirección más baja ha terminado con el testigo, el ciclo vuelve a empezar.

2.2.35. Buses de Campo

Según la Universidad de Oviedo (España 2006). Su objetivo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional bucle de tensión o corriente de 4-20 mA o 0-10V. Típicamente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como Plc's, transductores, actuadores y sensores. Cada dispositivo de campo incorpora cierta capacidad de proceso, que lo convierte en un dispositivo inteligente. Cada uno de estos elementos será capaz de ejecutar funciones simples de autodiagnóstico, control o mantenimiento, así como de comunicarse bidireccionalmente a través del bus.

- **Buses de Campo Existentes.**

La Universidad de Oviedo (España 2006). Clasifica los buses de campo de la siguiente manera:

- **HART (Highway Addressable Remote Transducer).**

Este protocolo proporciona una solución para la comunicación de instrumentos inteligentes compatibles con la señal analógica de 4-20 mA. Este bus de campo agrupa la señal digital sobre la señal analógica típica de 4-20 mA DC. La señal digital utiliza 2 frecuencias de 1200 y 2200 Hz, que representan dígitos 0 y 1, que forma una onda senoidal que se superpone a la señal de 4-20 mA como se puede observar en la Fig. N° 2.14.

Este protocolo permite la comunicación bidireccional sin perturbar la señal analógica, permite la transmisión de la señal analógica y digital sobre la misma instalación eléctrica.

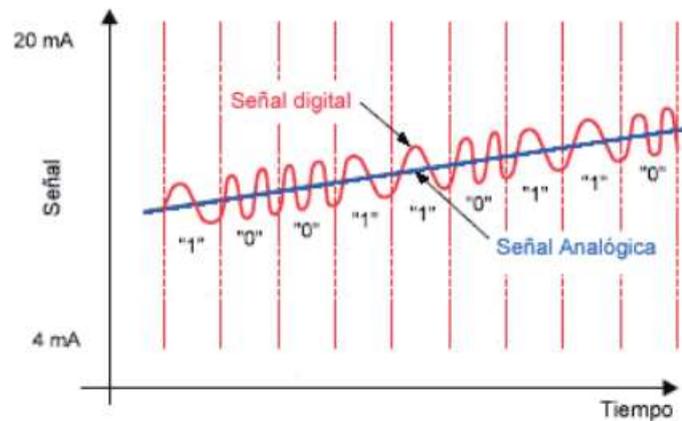


Figura N° 2.14: Bus de campo HART.

Fuente: Universidad de Oviedo (2006).

HART es principalmente un protocolo maestro/esclavo lo que significa que el dispositivo de campo (esclavo) habla solo cuando es preguntado por un maestro. Tiene la capacidad de conectar múltiples dispositivos de campo sobre el mismo par de hilos en una configuración de red multipunto. Las longitudes de cables permitidas van a depender del tipo de cable utilizado y del número de dispositivos conectados. La mayor limitante de este tipo de protocolo de comunicación es la velocidad, permite 1200 baudios, normalmente se puede obtener 2 respuestas por segundo.¹⁷

- **ControlNET**

Para Aquilino Rodríguez, P. (2007), Se trata de una red de comunicaciones industrial, de tipo abierto, orientada al control en tiempo real gracias a su elevada velocidad de transferencia.

El campo de aplicación de este tipo de red es todo aquel que requiera entradas y salidas digitales rápidas o señales analógicas remotas, tales como:

¹⁷ Universidad de Oviedo (España 2006). Comunicaciones Industriales.

- Líneas automáticas de ensamblado
- Tratamiento de aguas
- Procesos de alimentos
- Industria farmacéutica
- Transporte de productos

Esta red es ideal para la sustitución de grandes cantidades de señales de Entrada/Salida cableadas (RIO, Remote I/O), o la implementación del eje central de un sistema compuesto por varias redes DeviceNET.

- **DeviceNET**

Uno de los buses más utilizados para el control en tiempo real de dispositivos en los primeros niveles de automatización, asegura la interconectividad con una gran variedad de equipos de otros fabricantes. Sirve para conectar dispositivos simples como sensores fotoeléctricos, sensores magnéticos, pulsadores, etc. La red consiste en una rama o bus principal de hasta 500m con múltiples derivaciones de hasta 6 m cada una donde se conectan los diferentes dispositivos. En cada red se pueden conectar hasta 64 nodos y cada uno puede soportar un número infinito de E/S aunque lo normal son 8, 16 o 32.

Es una red de trabajo abierta, está basada en CAN, tiene una alta inmunidad al ruido, permite la comunicación dentro de un gran rango de temperatura. Con su instalación se obtiene una reducción del cableado, del tiempo de respuesta en marcha y del coste de instalación. La velocidad permitida es de 500Kbps, permite conectar hasta 2048 nodos, el soporte de la red puede ser en par trenzado y fibra óptica, permite la comunicación Maestro/Esclavo, Multimaestro y punto a punto.¹⁸

¹⁸ Aquilino Rodríguez Penin, (2007). Sistemas SCADA (2ª edición). México: Marcombo. ISBN: 978-84-267-1450-3. Pag. (342-351).

- **Modbus.**

Para la Universidad de Oviedo (España 2006) el Protocolo está situado en la capa 7 de modelo OSI, basado en la arquitectura maestro-esclavo, el maestro es el encargado de enviar los comandos explícitos a cada uno de los nodos esclavos. Existen dos formas de intercambiar la información con los dispositivos de la red estas son: Modbus RTU y Modbus ASCII.

- **Modbus RTU**

Cuando se da la configuración de los controladores en modo RTU cada 8 bits en un mensaje, contiene dos caracteres hexadecimales de 4 bits. La mayor ventaja de este modo es que mayor sea la densidad de caracteres permite un mejor rendimiento que con los datos ASCII para la misma velocidad de transmisión. Cada mensaje debe de ser transmitido en tramas continuas byte en modo RTU es: 8 bits binarios, dos caracteres hexadecimales contenidos en 8 bits del campo de mensaje, bits por byte, 1 bit de inicio, 8 bits de datos, 1 bit de paridad par/impar, 1 bit stop si la paridad es usada, detección de errores, chequeo de redundancia, esto se puede observar en la Fig. N° 2.15.¹⁹



Figura N° 2.15: Secuencia de bits en modo RTU con y sin chequeo de paridad

Fuente: Universidad de Oviedo.

¹⁹ Universidad de Oviedo (España 2006). Comunicaciones Industriales.

El tamaño máximo de la trama de MODBUS en modo RTU es de 256bytes, la estructura de la trama se presenta la siguiente Fig. N° 2.16.

Slave Address	Function Code	Data	CRC
1 byte	1 byte	0 up to 252 byte(s)	2 bytes CRC Low, CRC Hi

Figura N° 2.16: Trama Modbus RTU.

Fuente: Universidad de Oviedo (2006)

Un mensaje es colocado por el dispositivo transmisor dentro de la trama de Modbus que tiene un inicio y final conocido, esto le permite a los dispositivos conocer cuando empezar la transmisión del mensaje y cuando el mensaje concluye. En modo RTU las tramas del mensaje Modbus está separado por un tiempo silencioso de por lo menos 3,5 tiempos de carácter.

- **Modbus ASCII**

Cada 8 bits en un mensaje se envía como dos caracteres ASCII. La principal ventaja de este modo es que se produzcan intervalos de tiempo hasta un segundo entre los caracteres sin que se produzca error. Es menos eficiente que el modo RTU, se utiliza cuando el enlace físico no permite comunicación RTU. El formato para cada byte en modo ASCII es: Hexadecimal, dentro del mensaje cada carácter ASCII contiene un carácter hexadecimal, bits por byte, 1 bit de inicio, 7 bits de datos, 1 bit de paridad par/impar, 1 bit stop si la paridad se usa, detección de errores, revisión de redundancia longitudinal, esto se presenta en la siguiente Fig. N° 2.17.



Figura N° 2.17: Secuencia de bits modo ASCII con y sin chequeo de paridad.

Fuente: Universidad de Oviedo (2006)

En modo ASCII el mensaje Modbus está delimitado por caracteres específicos de inicio y final de trama. Un mensaje debería empezar con el carácter (0x3A HEX) y el fin de trama con caracteres ASCII (0d y 0A HEX). Cada byte de datos necesita dos caracteres para codificarlo, por lo tanto el tamaño máximo de la trama de MODBUS en modo ASCII es de 513 caracteres como se ve en la Fig. N° 2.18.

Start	Address	Function	Data	LRC	End
1 char :	2 chars	2 chars	0 up to 2x252 char(s)	2 chars	2 chars CR,LF

Figura N° 2.18: Trama Modbus ASCII.

Fuente: Universidad de Oviedo (2006)

Modbus se puede implementar de acuerdo al estándar EIA/TIA 485, la longitud máxima de la red es de 1000m a 9600 baudios.

- **Profibus**

Para la Universidad de Oviedo (España 2006). Tiene una amplia gama de aplicaciones dentro de los diversos campos de la industria. Este garantiza la independencia de los fabricantes y la interoperabilidad de dispositivos fabricados por distintas empresas. Puede ser usado tanto en aplicaciones en las que el tiempo de respuesta de las comunicaciones es crítico, como en redes de comunicaciones complejas que involucren una gran número de necesidades de comunicación. Se basa en el modelo de referencia OSI, de acuerdo con el estándar ISO 7498. Existen tres versiones de PROFIBUS, todas ellas compatibles entre sí. Esto se muestra en la Fig. N° 2.19.

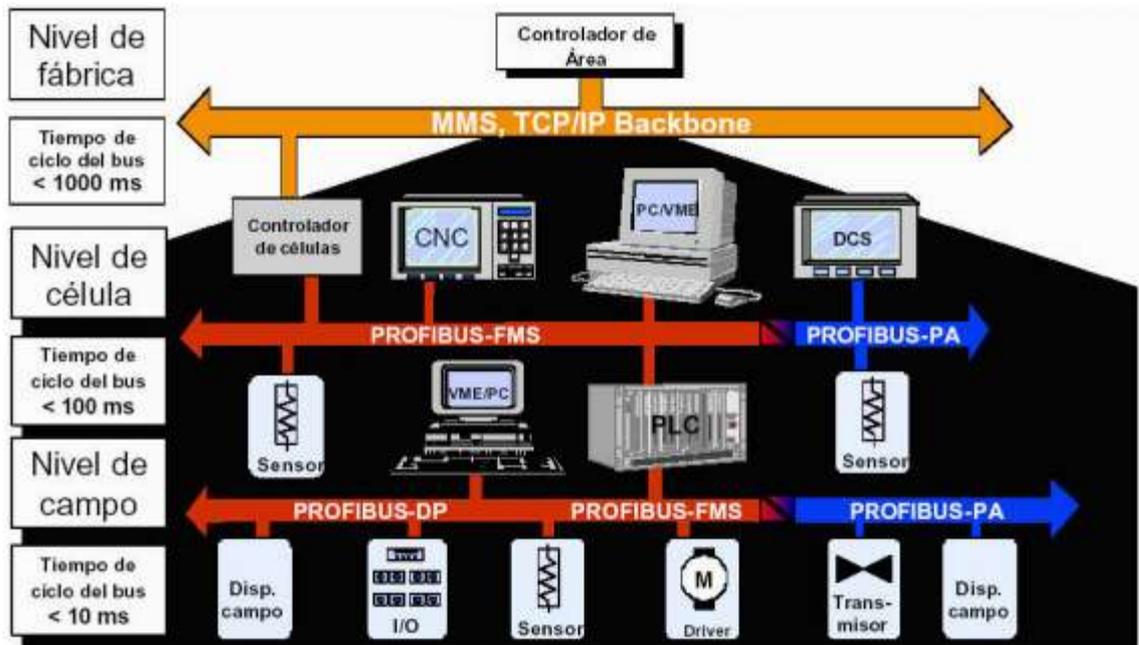


Figura N° 2.19: Versiones de PROFIBUS.

Fuente: Comunicaciones Industriales.

- **Profibus-Dp**

Optimizado para las aplicaciones de alta velocidad y de bajo coste. Se diseñó específicamente para cubrir la comunicación entre sistemas de control automático y la periferia descentralizada al nivel de dispositivo. Puede usarse para sustituir los antiguos bucles de corriente de 0-20mA. Define la capa física y de enlace, así como el interfaz de usuario. Las capas 3 a 7 no están definidas.

El DDLM (Diret Data Link Mapper) proporciona un interfaz de usuario sencillo para el acceso a la capa 2. Como medio físico se usa la tecnología RS-485, fibra óptica o ambas.

- **Profibus-Pa**

Está diseñado especialmente para la automatización en la industria de procesos. Su principal diferencia con PROFIBUS-DP es que la capa física permite su utilización incluso en zonas de seguridad intrínseca. Permite la comunicación de datos y la alimentación de los equipos a través de un único par de hilos siguiendo el estándar IEC 1158-2. Utiliza el protocolo de PROFIBUS-DP y le añade como característica particular la definición de los perfiles de dispositivo. Como medio de

transmisión utiliza el estándar IEC 1158-2, lo que permite su utilización en zonas de seguridad intrínseca. Mediante un puente es posible acoplar fácilmente las redes PROFIBUS-DP con las redes PROFIBUS-PA.

- **Profibus-Fms**

Es la solución de propósito general para la comunicación al nivel de célula. Los servicios que incorpora dotan al sistema de una gran flexibilidad. Define las capas físicas, de enlace y de aplicación. La capa de aplicación consiste en el FMS (Field Message Specification) y el LLI (Lower Layer Interface). FMS contiene protocolo de aplicación y proporciona al usuario un amplio conjunto de servicios LLI permite proporcionar a FMS una interfaz independiente del dispositivo con la capa de enlace. Dicha capa implementa el protocolo de acceso al bus y la seguridad de datos. Como medio físico se emplea RS-485, fibras ópticas o ambas

2.2.36. Sistema de Supervisión: SCADA

SCADA es el acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos). Chavarría, L. (2007) define lo siguiente: “Es una aplicación de software diseñado con la finalidad de controlar y supervisar datos a distancia, los cuales se basan en la adquisición de datos de los procesos remotos. Los sistemas SCADA utilizan la computadora y tecnologías de comunicación para automatizar el monitoreo y el control de procesos industriales. Los sistemas SCADA mejoran la eficacia del proceso de monitoreo y control proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas. Algunas de las industrias donde se utiliza SCADA son sistemas de gerencia de agua, industria petrolera, energía eléctrica, señales de tráfico, sistemas de tránsito totales, sistemas de control de medio ambiente y sistemas de fabricación”.

Para Colomer, J. (2012). Una revisión detenida de la diversidad de productos SCADA que se encuentran en el mercado permite afirmar de la

mayoría de ellos que aunque cumplan perfectamente con las tareas de adquisición de datos y control (compartiendo responsabilidad con los dispositivos de campo, tipo PLC) distan de ser entornos de supervisión expertos. Es decir, la integración de conocimiento experto y su utilización en tareas de decisión queda reducida a su característica de sistema abierto. De hecho, el rol supervisor de los SCADA actuales queda relegado básicamente a la activación y registro de alarmas asociadas al traspaso de umbrales por parte de variables analógicas. En ese caso, será tarea de la ingeniería, o del equipo de desarrollo, la selección e integración de las herramientas más adecuadas (sistemas expertos, herramientas de decisión, simuladores, bases de datos, planificadores, herramientas de gestión u otras aplicaciones) para configurar el entorno global de supervisión. El SCADA establece el puente entre el proceso y otras aplicaciones.

Para Colomer, J. (2012). El flujo de la información de los sistemas SCADA es el siguiente:

- a) El Fenómeno Físico lo constituye la variable que deseamos medir. Dependiendo del proceso, la naturaleza del fenómeno es muy diversa: presión, temperatura, flujo, potencia, intensidad de corriente, voltaje, pH, densidad, etc. Este fenómeno debe ser claro para el sistema SCADA, es decir, una variable eléctrica y para ello se utilizan los sensores o transductores.
- b) Los Sensores o Transductores convierten las variaciones en el fenómeno físico en variaciones proporcionales de una variable eléctrica. Las variables eléctricas más utilizadas son: voltaje, corriente, carga, resistencia o capacitancia. Sin embargo, esta variedad de tipos de señales eléctricas debe ser procesada para ser entendida por el computador digital para lo cual se utilizan los acondicionadores de señal.
- c) La función de los Acondicionadores de Señal es la de referenciar estos cambios eléctricos a una misma escala de corriente o voltaje.
- d) Una vez acondicionada la señal, la misma se convierte en un valor digital equivalente en el bloque de Conversión de Datos.

Generalmente, esta función es llevada a cabo por un circuito de conversión analógica/digital.

- e) El computador almacena esta información, la cual es utilizada para su Análisis y para la toma de decisiones. Simultáneamente, se muestra la información al usuario del sistema en tiempo real. Basado en la información, el operador puede tomar la decisión de realizar una acción de control sobre el proceso.
- f) El operador comanda al computador realizar la acción sobre el proceso y de nuevo debe convertirse la información digital a una señal eléctrica. Esta señal eléctrica es procesada por una salida de control, el cual funciona como un acondicionador de señal, al cual escala para manejar un dispositivo dado: válvulas, bobinas, set point de un controlador, etc.²⁰

En la Figura N° 2.20, se muestra la topología de un Sistema SCADA, en la cual se visualizan sus niveles.

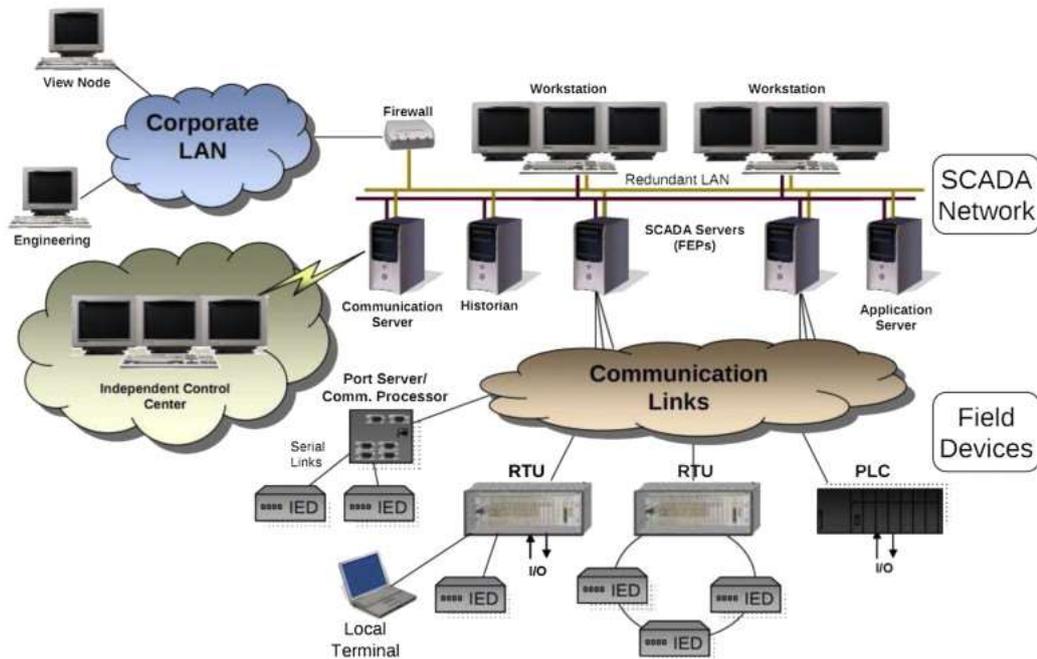


Figura N° 2.20: Topología de un sistema SCADA

Fuente: www.moxa.com

²⁰ Chavarría, L. (2007). SCADA System's & Telemetry. Atlantic International University.

2.2.37. Elementos del Sistema

Para Colomer, J. (2012). Un sistema de supervisión SCADA involucra lo siguiente:

a) Interfaz Operador–Máquinas (HMI)

Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta. Esta interfaz incluye generalmente los controles donde el operador se puede interconectar con el sistema de SCADA.

HMI es una manera fácil de estandarizar la supervisión de las RTU's múltiples o de los PLC's (Controlador Lógico Programable). La voluntad generalmente de las RTU o de los PLC's funciona un proceso pre programado, pero la supervisión de ellos individualmente puede ser difícil, generalmente porque se separan hacia fuera sobre el sistema.

b) Unidad Terminal Remota (RTU)

Es un dispositivo instalado en una posición remota que obtiene datos, los descifra en un formato y transmite los datos de nuevo a una unidad terminal maestra (MTU). La RTU también recoge la información del dispositivo principal y pone los procesos en ejecución que son dirigidos por la MTU. La RTU se conecta al equipo físicamente y lee los datos de estado como abierto/cerrado desde una válvula o un intercambiador, lee las medidas como presión, flujo, voltaje o corriente y así la RTU puede enviar señales que pueden controlar los dispositivos para abrirlos, cerrarlos, intercambiar las válvulas, configurar la velocidad de una bomba, etc.

Las especificaciones importantes para las RTU's incluyen el tipo de la comunicación, el número de puertos, y el tamaño de la memoria. Una RTU tiene una interfaz de comunicaciones, generalmente serial (RS232, RS485, RS422) Ethernet, Modbus, propietario o cualquier combinación. Un microprocesador simple, sensores ambientales, interruptores de invalidación y un bus que se utilice para establecer

comunicación con los dispositivos y/o los tableros de la interfaz. El bus utilizado es el bus de dispositivo o bus de campo.

c) Unidad Terminal Maestra (MTU)

Cuando hablamos de la Unidad Terminal Maestra nos referimos a los servidores y el software responsable para comunicarse con el equipo del campo (RTU's, PLC's, etc.). Esta terminal ejecuta las acciones de mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables medidas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel, como: C, Basic, etc. También se encarga del almacenamiento y procesamiento ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

d) Sistema de Comunicaciones

Se encarga de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación.

e) Transductores

Es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra de diferente de salida. El nombre del transductor ya nos indica cual es la transformación que realiza, aunque no necesariamente la dirección de la misma. Es un dispositivo usado para obtener la información de entornos físicos y conseguir a partir de esta información señales o impulsos eléctricos o viceversa. En este caso permitirá la conversión de una señal física en una señal eléctrica y viceversa.

f) Hardware y software

La MTU de SCADA se puede correr en la mayoría de las plataformas. Los sistemas tendieron históricamente a ser propietarios y muy especializados, y donde fueron utilizados sistemas operativos de fines generales, tendieron a ser modificados pesadamente. Esto era debido a que los requisitos de SCADA superaban los límites de la

tecnología disponible y, por razones de performance, tendieron a proporcionar sistemas gráficos por encargo, a usar bases de datos en tiempo real (con gran parte de la base de datos en memoria), y a menudo el hardware debió ser modificado para estos requisitos particulares.

El hecho es que las tareas automatizadas de control, visualización y computación pueden ser efectuadas por PLC's (conectados en red mediante los módulos adecuados) mejor que con sistemas exclusivos de control basados en PC. Lo que finalmente es práctico, no obstante, depende de un gran número de factores y la mayoría deben ser considerados individualmente para cada proyecto de automatización. Los controladores lógicos programables, en la mayoría de los casos, están diseñados específicamente para ser empleados en ambientes industriales exigentes y han sido continuamente desarrollados de forma que sus sistemas operativos en tiempo real representan su mayor virtud. Ellos son y seguirán siendo, no obstante, la primera elección para todo control de tareas críticas o extremas por su rendimiento y simpleza, en los que un PC podría estar simplemente "sobrecargado" debido al trabajo que le pueden suponer otras tareas de ámbito común, como la gestión y visualización de datos, accesos a periféricos, bases de datos, etc.

g) Adquisición y registro de datos

La evolución de los ordenadores hacia sistemas más abiertos y modulares a base de expansiones de bus y tarjetas funcionales que permiten el acceso a representaciones eléctricas de las magnitudes de proceso ha propiciado la interconectividad del proceso con los sistemas de monitorización. Los autómatas programables (PLC), los sistemas distribuidos de control (DCS) y los ordenadores industriales (IPC, Industrial Personal Computer) han irrumpido en el control de procesos no solo como elementos de control, sino como verdaderos interfaces de acceso al proceso. Junto a ellos, las comunicaciones industriales han evolucionado para facilitar su interconexión a la vez

que sensores y actuadores han evolucionado para su conexión directa. Bajo la perspectiva de la monitorización, el objetivo es la centralización de todos los datos de proceso en un ordenador (o red de ordenadores); por tanto, la elección de estos dispositivos deberá hacerse conforme a la aplicación de monitorización. Es decir, deberá asegurarse la compatibilidad entre el software de monitorización y los dispositivos de instrumentación a través de los drivers adecuados (normalmente proporcionados por el fabricante del software de monitorización). Aunque la tendencia actual es hacia la compatibilidad entre fabricantes, éste es un punto a tener en cuenta en la elección.

h) Dispositivos para la adquisición de datos

En instalaciones de mayores dimensiones y con necesidades de control y/o secuenciación múltiple, se utiliza el autómata programable o PLC (Programmable Logic Controller) para estas tareas como se observa en la Fig. N°2.21. Estos dispositivos pueden actuar a su vez como sistemas de adquisición. En ese caso el enlace con el ordenador de monitorización se realiza a través de interfaces series (RS-232/RS-485 y similares). Los autómatas como se observa en la Fig. N° 2.21, ejercen de interface entre los sensores de planta y el ordenador a la vez que contienen y ejecutan su propio programa, de forma autónoma, de acuerdo con el estado de las entradas y salidas (analógicas y digitales) de que disponen. Por su parte el ordenador lee los estados de los autómatas actuando a un nivel superior (supervisión) que permite cambiar una estructura de control, la sincronización de procesos, análisis de tendencias, cambio de menús de producción, etc. El ordenador monitoriza el proceso, relegando las tareas de control al autómata.



Figura N° 2.21: Autómata Programable o PLC.

Fuente: Colomer, J. (2012).

En grandes instalaciones, la utilización de placas de expansión de bus y de interfaces permite ampliar el número de entradas y salidas a tratar, llegando a tratar centenares de entradas en sistemas de E/S distribuidas. Estas configuraciones permiten realizar tanto supervisión como control directo de la planta debido a la alta velocidad de transferencia. A medida que el número de E/S y las longitudes crecen, los sistemas de distribución pasan por la utilización de buses de campo con transmisión serie.

Los buses de campo constituyen el sistema de comunicaciones para dispositivos más próximo al proceso; de ahí su nombre. Permiten la interconexión de todo tipo de dispositivos de campo (sensores, actuadores, reguladores, autómatas) en un bus serie. Se trata de una línea de datos semidúplex (RS-485) en que los dispositivos conectados se organizan en una estructura maestro/esclavo. En cuanto al protocolo utilizado, éste depende de los fabricantes. Algunos son propiedad de un solo fabricante (como ModBus o DH+) mientras que otros son consorcios de marcas (por ejemplo ProfiBus o FieldBus) que se rigen por las recomendaciones de sus comités. A nivel físico el bus es normalmente un par trenzado y apantallado, aunque existen versiones en coaxial y fibra óptica. La interconexión con el ordenador de monitorización se establece bien por conexión directa de éste al bus o de forma indirecta a través de algún dispositivo (autómata)

conectado a él. A continuación se muestra dicho esquema en la Fig. N° 2.22.

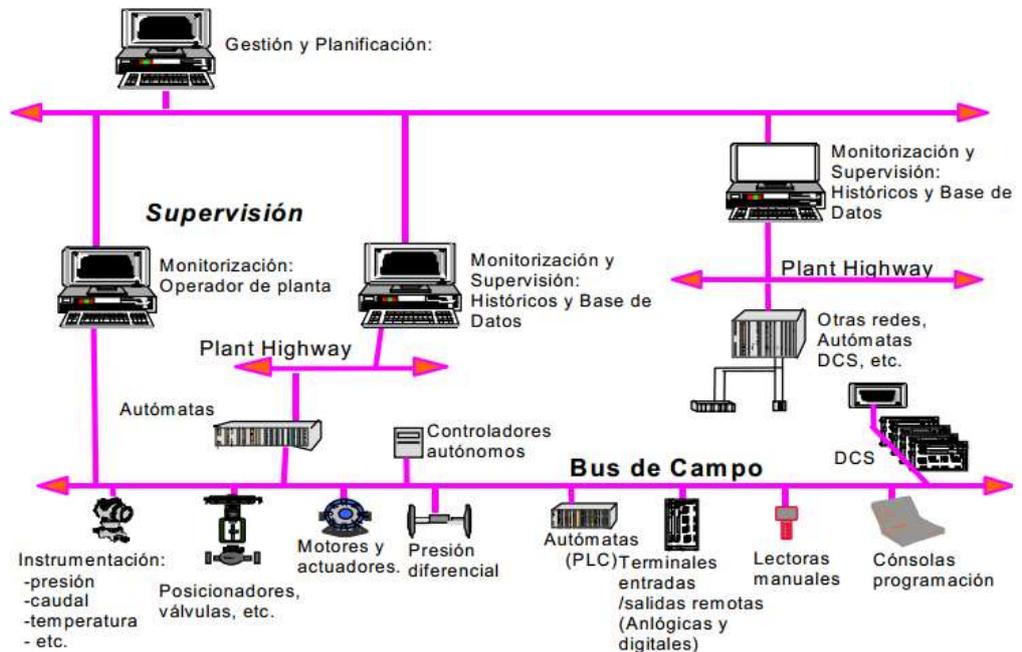


Figura N° 2.22: Interconectividad y comunicación industrial.

Fuente: Colomer, J. (2012).

La utilización de buses de campo, es de utilidad en grandes instalaciones evitando el cableado individual de instrumentos. De esta forma instrumentos y dispositivos de control pueden distribuirse como más convenga. Son los llamados sistemas de control distribuido (DCS, Distributed Control Systems) con módulos de entradas y salidas remotas que se comunican con dispositivos de control y estos entre ellos. Se trata de distribuir físicamente los dispositivos, pero también las tareas de control y seguimiento. En este caso, el ordenador es un elemento más que proporciona el único interfaz entre el proceso y el operador de planta. A medida que aumenta el volumen de datos y las dimensiones de la planta, así como la necesidad de integrar departamentos, se requiere de redes de comunicación con mayores prestaciones (velocidad, protocolos, etc.). Existen entonces dispositivos que aseguran la interconectividad entre redes.

i) Registro de Datos

Sea cual sea el sistema de adquisición empleado para instrumentar el sistema de monitorización, en todos se establece una digitalización de la señal. Es decir, se establece un procedimiento de conversión de la señal analógica en digital, resultando una secuencia de muestras de la señal original (señal muestreada) con una representación numérica.

En el caso de señales discretas o binarias (dos estados posibles, 1 ó 0) es suficiente la utilización de un dígito binario (bit) para su representación. Para las señales analógicas o continuas (temperaturas, caudales, presiones, etc. representadas por señales eléctricas de 0-24 V, 0-10V, 4-20 mA. o similares) se utiliza en su representación una palabra formada por varios bits (habitualmente 8, 12, 16 o 32 bits), cuyo rango de valores depende precisamente del número de bits según la relación 2^N , siendo N el número de bits. El número de bits utilizado en la representación viene limitado por el conversor y el microprocesador que incorpora el sistema de adquisición.

Este procedimiento de conversión analógica a digital es por lo general transparente al usuario del sistema de monitorización, de la misma manera que lo es la comunicación entre los instrumentos del sistema de adquisición y la aplicación de monitorización.

Desde la perspectiva del entorno de monitorización, las variables de proceso se representan por etiquetas o tags que permiten la definición de cada variable en cuanto a su naturaleza continua (analógica) o discreta (binaria), la asociación de un nombre, el rango de valores a tomar, unidades de ingeniería y otras propiedades de utilidad para la monitorización como son el dispositivo de adquisición, alarmas, su registro, etc. La organización de todas las variables (adquiridas e internas) se hace en los entornos de monitorización en bases de datos.

j) Tiempo real

La capacidad en tiempo real se refiere a la capacidad del ordenador en programas de procesamiento de datos para que siempre esté listo para procesar y proporcionar los resultados dentro de un tiempo especificado. En este contexto "estrictamente en tiempo real"

significa que un sistema reacciona a los eventos externos dentro de un tiempo especificado en un 100% de los casos. Además si se habla de "tiempo real" el sistema debe responder en tiempos concretos también en un 100% de los casos. Si, de otra forma, los tiempos concretos de reacción pueden superarse en ciertos casos, como en sistemas no críticos, hablamos de "tiempo real suave".

k) Procesamiento de alarmas

La característica del procesamiento de alarmas se ha asociado siempre a las funciones de las áreas de control de la planta. La computadora procesa todos los datos como vienen del campo, y considera si la variable ha entrado en alarma. Para los valores digitales, uno de los estados (0 o 1) se puede señalar como estado de alarma. Para valores analógicos es normal que se definan límites de alarmas tal que si el valor cae fuera de estos límites, considerarlo como en alarma.

Las alarmas se clasifican normalmente en varios niveles de prioridad, con la prioridad más alta siendo a menudo reservada para las alarmas de seguridad. Esto permite que el operador seleccione una lista de las alarmas más importantes.

Cuando un punto entra en alarma, debe ser validada por el operador. Un código es asociado a veces por el operador en ese momento para explicar la razón de la alarma. Esto ayuda en el análisis posterior de los datos. Es común tener cierto anuncio audible de la alarma, alguna señal sonora en la sala de operaciones.

Un problema común para los sistemas SCADA es la "inundación" de alarmas. Cuando ocurre un trastorno importante del proceso, a menudo un evento de alarma causa otro y así sucesivamente. A menudo en el entusiasmo inicial, los límites de alarma se especifican firmemente, y aún en valores que no son realmente importantes. La inundación de alarmas resultante puede abrumar al personal de operaciones, y ocultar la causa inicial del problema.

l) Representación del proceso

La representación del proceso es una etapa básica de la monitorización. La identificación inmediata de los elementos del proceso con una representación gráfica (sinópticos) de éstos es importante para lograr los objetivos de la monitorización. La representación visual de información y su interactividad es lo que se conoce como interface gráfico del operador o interface hombre maquina (HMI o MMI). Los paquetes SCADA actuales incorporan estas facilidades a través de ventanas (o pantallas) en que se representa el proceso o parte de éste. La navegación por estas pantallas se hace a través de menús, desplegados y botones activados con un cursor gráfico asociado a un ratón, teclado, o interfaz similar.

A pesar de los intentos de establecer criterios de estandarización, la mayoría de productos SCADA disponen de sus propias librerías que sacan provecho de propiedades de animación y combinaciones de colores para la identificación no solo de los equipos de proceso sino también de su estado (paro / marcha) y la animación de sus contenidos de acuerdo con la evolución de las magnitudes medidas. La mayoría de estos símbolos conservan un parecido con los propuestos por ISA que permite la unificación de su significado.

En un sistema SCADA la utilización de objetos gráficos permite la representación animada de medidas del proceso junto con la visualización numérica. En señales discretas, por ejemplo, el convenio de colores adecuado permite identificar rápidamente los paros y marchas.

m) Alarmas

Las desviaciones en la magnitud de una variable superiores a unos límites especificados son concebidas en los sistemas de monitorización como alarmas. Su objetivo es poner al operario sobre aviso. De esta forma, una vez generada una alarma se fecha, visualiza y registra (se almacena o imprime). La automatización de la tarea de vigilancia del proceso se logra en los entornos de monitorización mediante estas alarmas usadas para detectar situaciones de

comportamiento anómalo. Para su análisis posterior, estas se registran juntamente con los instantes en que se han producido.

Una clasificación simple de los diferentes tipos de alarmas se obtiene de considerar las variables sobre las que se definen. Así diferenciamos entre alarmas discretas (variables discretas) y alarmas sobre variables continuas o de umbral.

Las alarmas discretas son indicadores de un cambio binario en el estado de la variable que representan. Una variable discreta puede ser utilizada para definir el estado de un sistema (paro/marcha, manual/automático), la presencia o ausencia de material, un fin de carrera, la detección de paso, etc. Esta información es de gran utilidad para la secuenciación de tareas en el desarrollo de sistemas de automatización. Pero a su vez puede utilizarse para alertar al operario, en caso de ser necesario, utilizando para ello las señales directas de sensores tipo todo/nada (fin de carrera por ejemplo) u otras de propósito específico (señal de circuito abierto en módulos de adquisición analógica a 4-20 mA).

En el caso de las variables continuas se utilizan umbrales numéricos para designar los límites de operación normal de dicha variable. Su elección se hará de acuerdo con el significado físico de la variable y los límites permitidos para el funcionamiento correcto del proceso. Los sistemas de monitorización actuales incorporan diferentes formas de definir los umbrales de operación. Es habitual dar dichos umbrales como un porcentaje respecto a un valor y especificar diferentes límites para el cruce de umbral ascendente (situación de alarma) o descendente (restablecimiento de situación normal) en forma de banda muerta. Entre las formas de definición de umbrales de operación más útiles y extendidas en los paquetes de monitorización comerciales.

n) Gestión y registro de alarmas

Cuando los procesos crecen en complejidad y el número de variables a manejar es considerable, se hace necesario disponer de un sistema de monitorización. El número de alarmas que pueden dispararse en un

momento determinado aumenta de forma multiplicativa con el número de variables. Teniendo en cuenta que una situación anómala normalmente repercute en más de una variable (debido a las dependencias entre éstas) podremos imaginar que en tales situaciones, el número de alarmas activadas simultáneamente puede llegar a ser muy elevado. Los sistemas de monitorización disponen de mecanismos de filtrado de alarmas, que consisten básicamente en asociar prioridades (por ejemplo 1-999, siendo el 1, la máxima prioridad) a las alarmas en el momento de su definición. Entonces, el mecanismo de filtrado consiste en la activación de alarmas de acuerdo con su prioridad.

Otro aspecto importante relacionado con la gestión de alarmas, es su seguimiento y registro temporal. Es decir, el momento en que se inicia una alarma, la duración de ésta, el instante en que el operario la reconoce o el momento en que desaparece o es borrada. Estos sucesos significativos asociados a las alarmas son conocidos en los entornos de monitorización como eventos.

2.2.38. Estructura Interna de una aplicación SCADA.

Colomer, J. (2012) menciona, La estructura básica de una aplicación SCADA se puede representar mediante el esquema de la Fig. N° 2.23. En la parte inferior tenemos los dispositivos de campo que proporcionan los datos del proceso y reciben las consignas y señales de mando para su control. La parte central constituye el núcleo de la aplicación SCADA y está constituido por diversos servidores. Cada producto comercial presenta sus particularidades, pero en líneas generales podemos hablar de los núcleos siguientes:

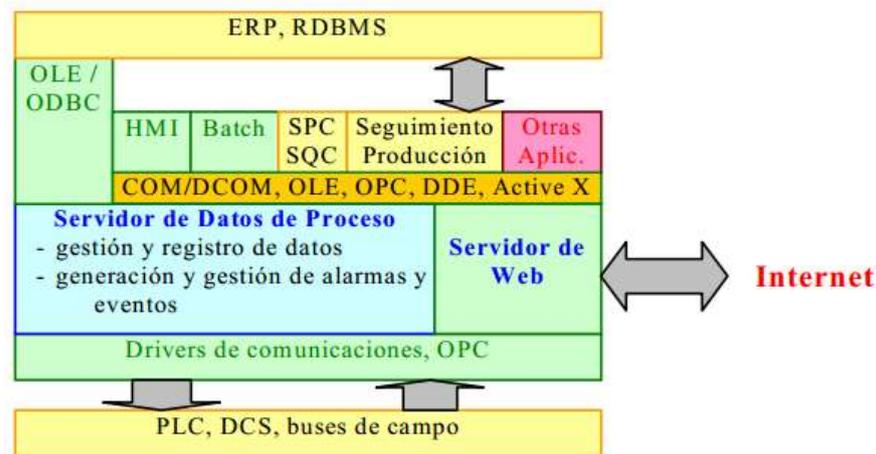


Figura N° 2.23: Estructura de un sistema SCADA

Fuente: Colomer, J. (2012).

- **Driver de comunicación**

Encargado de gestionar las comunicaciones entre los servidores de datos y los dispositivos de campo, y que implementa los protocolos necesarios para efectuar dichas comunicaciones.

- **Servidor de datos del proceso**

Encargado de detectar y gestionar alarmas y eventos, y de almacenar datos para su análisis posterior. Con acceso directo a las bases de datos. Junto con el anterior cumple dichas funcionalidades.

- **Servidor de web**

Que gestiona la disponibilidad y el acceso a datos mediante Internet. En todos los casos permite recibir, desde equipos remotos, información de la planta. Las estaciones remotas también permiten, en algunos productos, enviar consignas y señales de mando vía Internet.

- **HMI - Interface Hombre Máquina (Human Machine Interface)**

Interface gráfica para la visualización del estado del proceso mediante objetos animados, gráficos, textos, listados, y ventanas múltiples, entre otras.

2.2.39. **Arquitectura y Soluciones**

Los software SCADA según Colomer, J. (2001), deben ser capaces de responder a las necesidades de diversos sistemas de control. Desde los pequeños que utilizan un solo PC conectado a un autómata programable, hasta los grandes sistemas con control distribuido y que deben responder a niveles de seguridad elevados. Por ello, cada proveedor de sistemas SCADA dispone de una gama de productos para responder a esta amplia demanda del mercado, y con unos precios también adaptados a la envergadura del sistema a supervisar.

Al plantear un sistema de supervisión y control es necesario establecer cuáles son las diferentes estaciones de trabajo que debe incluir el sistema, y que operativa debe realizarse en cada una de ellas, teniendo en cuenta tanto los aspectos de atención al proceso, como los de explotación y análisis de los datos recogidos propios de ingeniería, calidad, o gestión.

Cuando el sistema SCADA debe integrarse en el sistema de información de empresa, los datos recogidos por el servidor de control deben estar a disposición de diferentes personas de las áreas de gestión para realizar tareas de análisis y toma de decisiones. Para evitar que las funciones de servidor de datos perjudiquen a las de servidor de control, los fabricantes ofrecen estaciones específicas servidoras de datos, mejorando la velocidad de trabajo, la seguridad y la fiabilidad en el manejo de la información.

2.2.40. **Desarrollo de una aplicación SCADA.**

Para el autor Colomer, J. (2012). Es conveniente tener en cuenta que todo el software SCADA son programas que presentan un doble perfil de usuario. Por un lado, las ingenierías y departamentos de desarrollo, encargados del diseño y generación de aplicaciones SCADA a medida de cada proceso por lo que se requiere una licencia para desarrollo. Por otro lado los operarios y encargados del proceso, serán los usuarios de las aplicaciones creadas por los primeros y para ello necesitaran de licencias de run time. Comercialmente, las licencias de desarrollo y de run-time tienen tratamientos diferenciados que dependen de la estrategia comercial de cada fabricante o proveedor.

Para iniciar el desarrollo de una aplicación SCADA es importante tener establecido en primer lugar:

- Grupos de usuarios, según los que se crearán diferentes perfiles de usuario, con diferentes privilegios de acceso al SCADA y al proceso.
- Señales de entrada y salida y sus requerimientos de adquisición, visualización (y/o animación) y registro. Muchos fabricantes disponen de tarifas que varían en función del número de tags a utilizar.
- Variables de control, para su visualización y parámetros asociados.
- Avisos y alarmas: su importancia.

A partir de este conocimiento estableceremos las especificaciones del sistema SCADA y plantearemos su estructura a partir de:

- Establecer cuáles son las diferentes estaciones de trabajo que deben constituir el sistema.
- Cuál es la operativa a realizar en cada una de ellas, y
- Distribución de los datos en el conjunto de la red.

En la actualidad los proveedores disponen módulos, o aplicaciones, para responder a las diferentes estructuras y será tarea de la ingeniería de desarrollo ofrecer la mejor alternativa al cliente. En cuanto a las diferentes utilidades que se ofertan, éstas pueden decantar la elección de un paquete u otro. Por lo que se refiere a facilidades de programación, algunos entornos sólo disponen de un lenguaje propietario, aunque la tendencia es a integrar VBA (Visual Basic for Applications). Otro aspecto importante es el disponer de utilidades de simulación y debug, que permitan desarrollar y hacer la puesta a punto de una aplicación en poco tiempo y con seguridad. También es de interés la posibilidad de configuración en línea, pues permite hacer modificaciones en una aplicación activa e incorporarlas directamente, sin necesidad de detener la aplicación y relanzarla posteriormente.

Tomando en consideración la gama de productos y servicios que ofrecen, existen diversos tipos de proveedores/fabricantes de sistemas SCADA.

Unos son de ámbito internacional y se dedican a desarrollar y suministrar solamente soluciones SCADA con la correspondiente gama de módulos complementarios: entre ellos están Ci Technologies (Citect), Iconics (Genesis), Intellution (FIX), National Instruments (Lookout, Bridge View), Orsi (Cube), PC Soft International (Wizcon), USDATA (FactoryLink), y Wonderware (InTouch), desarrollando preferentemente para plataformas PC. Otros son suministradores de PLC's y controladores como GE Fanuc (Cimplicity), Rockwell Software (RSView) y Siemens (WinCC). Se trata de suministradores de soluciones completas de automatización y control con productos propios. Finalmente, un tercer grupo corresponde a ingenierías que han desarrollado su propio entorno y lo ofrecen junto con el desarrollo y puesta en marcha. Un ejemplo de esto se muestra en la Fig. N° 2.24.²¹

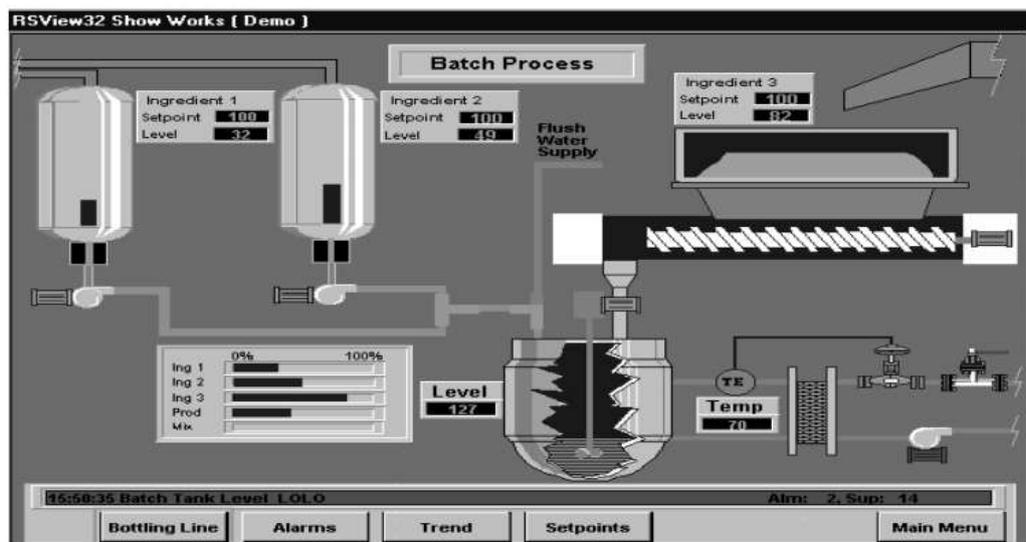


Figura 2.24: Supervisión y control de proceso Batch. Rockwell Software.

Fuente: Colomer, J. (2012).

2.2.41. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).

Es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. Para Martínez, L. (1998) un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación. Posee puertas lógicas,

²¹ Colomer, J. (2012). Sistemas de Supervisión. Pág. 11-33

temporizadores, relés ficticios, contadores, unidades de secuencia, etc. Muchas unidades cuentan con entradas analógicas, capacidad de cálculo, reloj de tiempo real y otras funciones que, según la tarea que necesitemos realizar, decidirán el modelo de PLC que debemos utilizar. Este equipo es utilizado mayormente en todas las industrias a nivel mundial, ya que brinda una ayuda óptima para el control de diversos procesos que se trabajan para elaborar diversos productos, siendo así que la producción de una empresa sea muy elevada y de buena calidad.²²

²² Martínez, L. (1998). Introducción al PLC. Pág. 2 y 3.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.2. Material

3.2.6. Población

Tiempo que demora en procesarse la información obtenida de las autoclaves de la empresa Camposol S.A

3.2.7. Muestra

Tiempo que demora en procesarse la información obtenida del proceso de esterilizado de las autoclaves 3, 10, 11 y 12 de la empresa Camposol S.A.

3.2.8. Unidad de Análisis

La estructura de SCADA y la conectividad de los PLC de las autoclaves 3, 10, 11 y 12 de la empresa Camposol S.A.

3.3. Método

3.3.1. Tipo de Investigación

Aplicada

3.3.2. Diseño de Investigación

O_1 X $-O_2$

En donde:

O_1 : Medición del tiempo que demora en procesarse la información obtenida del proceso de esterilizado en las autoclaves 3, 10, 11 y 12 de la empresa Camposol S.A.

X : Diseño del SCADA.

O_2 : Simular la rapidez con la que la propuesta procesa la data y genera los reportes del proceso de esterilizado de las autoclaves 3, 10,11 y 12 de la empresa Camposol S.A.

3.3.3. Variables de estudio y Operacionalización

Tabla 3.1: Operacionalización de la variable independiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumento	Formula	Unidades de medida
Diseño de un sistema de monitoreo redundante en base a un sistema SCADA.	Es un sistema basado en computadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Provee de toda la información que se genera en el proceso productivo (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) y permite su gestión e intervención.	Mediante la lectura de los instrumentos de campo a través de una interfaz HMI, se realiza el proceso de supervisión de las variables asociadas al proceso de esterilizado en las autoclaves, así como la generación de reportes, del proceso térmico.	Tiempo de escaneo de la supervisión.	Diagramas de proceso e instrumentación (P&ID)	-----	
			Variables que se tendrá en cuenta para realizar el monitoreo	Diagramas de proceso e instrumentación (P&ID)	-----	N° de variables
			Precisión Confiabilidad Escalabilidad	Filosofía de Operación y Control del proceso	-----	De los actuadores
			Tiempo de respuesta	Diagramas de proceso e instrumentación (P&ID)	-----	N° etapas

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.2. Operacionalización de la variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumento	Formula	Unidades de medida
Agilizar el procesamiento de la data obtenida de las autoclaves en el proceso de esterilización.	El proceso de esterilizado consiste en someter a un tratamiento térmico a los envases, dentro de equipos llamados autoclaves en donde a través del manejo de temperatura y presión se esteriliza el producto. Todo el proceso es registrado por registradores gráficos y por una plataforma de monitoreo.	Los envases son llenados en coches, los cuales son introducidos a las autoclaves. Allí son sometidos a un incremento de temperatura y presión en forma gradual durante un periodo prefijado, al cual se le llama <i>tiempo de calentamiento</i> . Una vez alcanzado los valores de temperatura y presión fijados previamente, el producto es sometido a estas condiciones de forma constante por un periodo llamado <i>tiempo de mantenimiento</i> , finalmente se decrementa en forma gradual la presión y la temperatura en un periodo también fijado anteriormente, llamado <i>tiempo de enfriamiento</i> . Toda esta información es adquirida a través de una plataforma de monitoreo el cual genera reportes en tiempo real.	Presión de calentamiento	Reportes	-----	Bar / Psi
			Presión de mantenimiento	Reportes	-----	Bar / Psi
			Presión de enfriamiento	Reportes	-----	Bar / Psi
			Temperatura de calentamiento	Reportes	-----	°C
			Temperatura de mantenimiento	Reportes	-----	°C
			Temperatura de enfriamiento	Reportes	-----	°C
			Tiempo de proceso térmico.	Carta grafica	-----	minutos
			Curvas de históricos	Plataforma de monitoreo	-----	-----

Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Instrumentos de recolección de Datos

Para la recolección de datos, se ha utilizado una encuesta, la cual ha sido aplicada a los responsables del área de monitoreo, para evaluar los tiempos que tardan en generarse los reportes debido a las deficiencias del software que actualmente utilizan.

Tabla 3.3. Modelo de Encuesta

ENCUESTA AREA DE MONITOREO

1. DATOS GENERALES (Información de la Organización que responde el formulario)
1.1. Nombre completo de la Empresa u Organización: CAMPOSOL S.A
1.2. Ubicación (Localidad – Departamento): CHAO, VIRU – LA LIBERTAD
1.3. Nombre de la persona encuestada:
2. ¿UTILIZAN ALGUN PROGRAMA QUE REGISTRE LOS DATOS DE ESTERILIZADO EN LAS AUTOCLAVES 3, 10, 11 Y 12?
<p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p>
3. SE GENERA ALGUN TIPO DE REPORTE, SI LA RESPUESTA ES SI - ¿A QUE AREA VA DIRIGIDA?
<p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p> <p>AREA: _____</p>
4. ¿EL REPORTE ES POR BACHADA O POR AUTOCLAVE?
5. ¿LA ENTREGA DE LOS REPORTES ES DIARIA, POR TURNO O CADA QUE FRECUENCIA LOS SOLICITA EL AREA INTERESADA?
6. ¿CUANTO TIEMPO LE LLEVA GENERAR LOS REPORTES?
8. ¿SI SE INSTALARA UN PROGRAMA, QUE CARACTERISTICAS O HERRAMIENTAS TE GUSTARIA QUE TENGA?

Fuente: Elaboración Propia.

Del mismo modo para evaluar los tiempos que tardan en digitalizar los reportes, se generó la Tabla N° 3.4 con los tiempos el supervisor del área de monitoreo tardó en realizar su labor durante el 03/11/2014 y el 09/11/2014.

Tabla N°3.4. Tiempo empleado para digitalizar reportes del 03/11/2014 y el 09/11/2014, de las autoclaves 3, 10,11 y 12.

PERIODO	TIEMPO
03/11/2014	5 horas
04/11/2014	4 horas
05/11/2014	5 horas
06/11/2014	4.5 horas
07/11/2014	3 horas
08/11/2014	3 horas
09/11/2014	5 horas

Fuente: Área de Monitoreo de la Empresa Camposol S.A

Así mismo para tener una idea de los parámetros que debe tener el reporte generado por el software de supervisión, tomaremos como referencia el reporte utilizado por el personal operador de autoclaves.

3.3.5. Procedimientos y análisis de datos

En planta se cuentan con nueve autoclaves, de las cuales solo describiremos y analizaremos cuatro, las cuales no cuentan con un programa de supervisión a pesar que tienen incorporado un PLC Allen Bradley, como controlador.

En el presente trabajo se desarrolla el Diseño de un Sistema SCADA para las autoclaves 3, 10, 11 y 12, partiendo de los instrumentos de recolección de datos.

En las Tablas N° 3.5, 3.6, se muestran los elementos analizados.

Tabla N° 3.5. Análisis de la Encuesta utilizada

ENCUESTA	
1. DATOS GENERALES	
1.1. Nombre completo de la Empresa u Organización: CAMPOSOL S.A	
1.2. Ubicación (Localidad – Departamento): CHAO, VIRU – LA LIBERTAD	
1.3. Nombre de la persona encuestada: JORGE WILLIS JULCA TAPIA	
2. ¿UTILIZAN ALGUN PROGRAMA QUE REGISTRE LOS DATOS DE ESTERILIZADO EN LAS AUTOCLAVES 3, 10, 11	
() SI	(X) NO
3. SE GENERA ALGUN TIPO DE REPORTE, SI LA RESPUESTA ES SI - ¿A QUE AREA VA DIRIGIDA?	
(X) SI	() NO
AREA: Calidad y Producción	
4. ¿QUIÉN LLENA EL REPORTE?	
EL OPERADOR DE AUTOCLAVES	
5. ¿EL REPORTE ES POR BACHADA O POR AUTOCLAVE?	
ES POR AUTOCLAVE	
6. ¿LA ENTREGA DE LOS REPORTES ES DIARIA O POR TURNO?	
ES DIARIA	
7. ¿POR QUÉ ES NECESARIO QUE SE DIGITALICEN LOS REPORTES?	
PARA TENER UN RESPALDO Y PODER ACCEDER DE MANERA MAS RAPIDA A LOS DATOS CUANDO LOS NECESITAMOS, YA QUE LOS MANEJAMOS DENTRO DE UNA BASE DE DATOS	
8. ¿CUANTO TIEMPO TE LLEVA DIGITALIZAR LOS REPORTES?	
DE 4 A 5 HORAS	
9. ¿ESTOS TIEMPOS SON CONSTANTES O DE QUE DEPENDEN SU VARIACION?	
NO, SON VARIABLES Y DEPENDEN DIRECTAMENTE DE LOS VOLUMENES DE PRODUCCION, QUE VARIAN DURANTE EL AÑO Y DE ACUERDO AL PRODUCTO QUE SE PROCESA	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°3.6, se presenta las variables que se deberían mostrar el Scada así como las opciones con las que contara.

Tabla N°3.6. Detalles del contenido del Sistema Scada

DATOS A MOSTRAR		REPORTE	GRAFICAS
Temperatura de la autoclave	Presión de la autoclave	Número de la autoclave	De temperatura
Información del programa que se ejecuta	Hora de inicio de proceso	Hora de inicio	De presión
Etapa en la que encuentra el proceso	Alarmas	Hora de termino	Vista general de la autoclave
Fecha	Hora del final del proceso	Temperatura de inicio del proceso	Estado de los actuadores
Numero de autoclave	Nivel de llenado de la autoclave	Temperatura final del proceso	
Estado de la bomba de recirculación	Estado de la red de PLC's	Temperatura al inicio de la etapa de mantenimiento	
		Temperatura al final de la etapa de mantenimiento	
		Temperatura promedio en la etapa de mantenimiento	
		Temperatura mínima en la etapa de mantenimiento	
		Temperatura máxima en la etapa de mantenimiento	

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo ya el análisis y evaluación de que elementos debería tener el SCADA, se procede a realizar el diseño del mismo.

3.3.5.1. PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA SCADA.

Se detallan los elementos necesarios para diseñar el sistema SCADA, empezando por el sistema de comunicación entre los PLC's y los herramientas que tendrá el HMI.

El sistema SCADA involucrará la comunicación de los PLC's, el envío de información de los mismos a través de una red de conexión física hacia la central de monitoreo y las señales de monitoreo. Dichas señales corresponden a las diversas variables que intervienen en el proceso de esterilizado y que son medidas en campo por diversos instrumentos.

En el HMI se visualizarán las variables de proceso y estado de los actuadores, permitirá generar reportes, generará graficas del proceso en tiempo real, generará históricos y reportes de alarmas.

3.3.5.2. Sistema de Comunicación entre los Controladores

Los Controladores con los que cuentan las autoclaves, son de la marca Allen Bradley y son los SLC 500, estos equipos son antiguos y ya no tan comerciales.



Fig. 3.2: Controlador SLC 500 de Allen Bradley

Fuente: Empresa Camposol S.A.

Estos controladores utilizan el protocolo DH+, son de área local (LAN). Mediante estas redes se conectan controladores programables, ordenadores y

Estos controladores utilizan el protocolo DH+ para comunicarse, el cual es un protocolo bastante complejo de configurar y de muy elevada manutención hoy en día, debido a que los módulos de comunicación tienen costos elevados debido a que Rockwell Automation ha empezado a migrar sus equipos SLC5 y PLC5 a las familias CompactLogix y ControlLogix, afectando también a las herramientas de programación, por ejemplo: el RsView32 por el Factory Talk View Studio y el Rslogix500 por el RsLogix5000.

En nuestro caso elegimos desarrollar el HMI con Factory Talk View Studio, y utilizar el protocolo Ethernet/IP, por ser un protocolo de vanguardia y que cuyas características proporcionan grandes alcances de forma particular en los procesos, al poder gestionar datos no solo remotos sino hasta inalámbricos.

Sin embargo Factory Talk View Studio, pertenece a la familia CompactLogix, por lo que para evitar reemplazar todo el hardware existente optamos por agregar un PLC CompactLogix a cada autoclave, el cual será un Gateway entre el HMI y el hardware SLC500.

Como este proceso de migración ya viene siendo impulsado por Rockwell Automation, ellos ponen a disposición en su página web www.rockwellautomation.com, herramientas que facilitan la migración. Nosotros hicimos uso de ellas para elegir los nuevos equipos que serían necesarios para conectar los controladores al HMI.

Las herramientas que utilizamos fueron:

- ✓ Integrated Architecture Builder versión 9.6

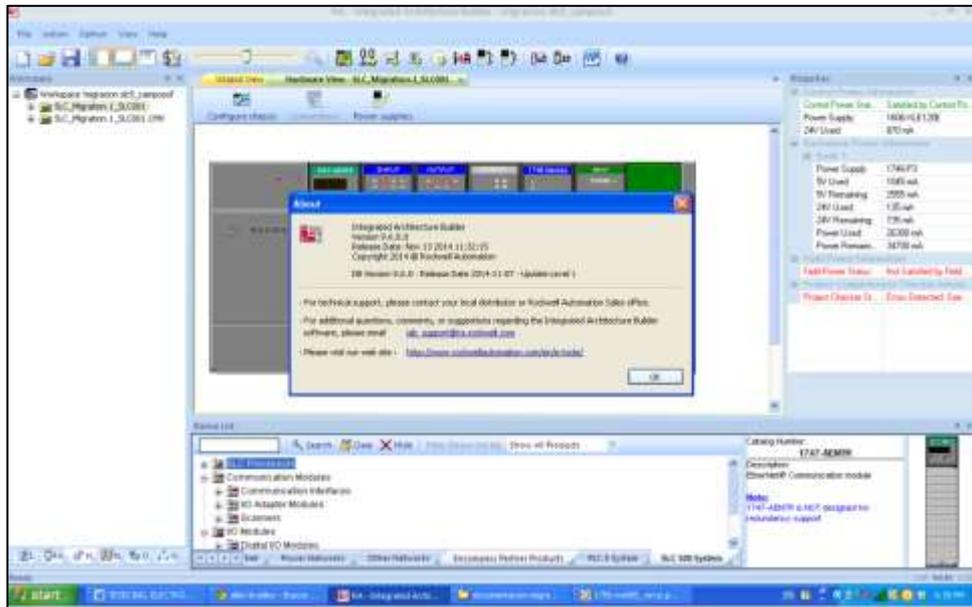


Fig. 3.3: Pantalla de Integrated Architecture Builder ver. 9.6

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ PLC5 / SLC Migration Tools

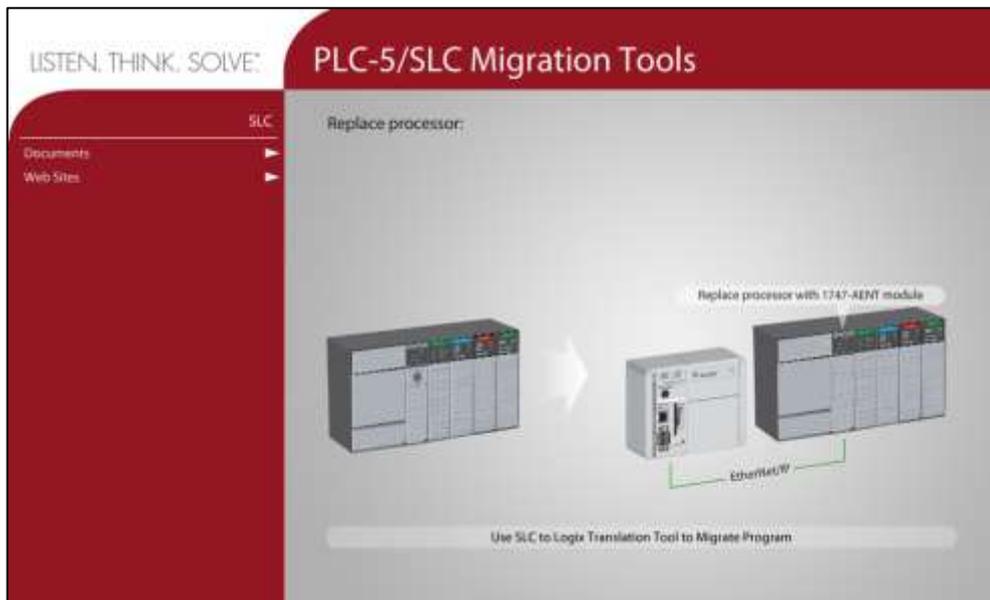


Fig. 3.4: Pantalla de PLC5/SLC Migration Tools

Fuente: Elaboración Propia

Con la ayuda de estas herramientas logramos elegir de manera correcta los equipos necesarios para poder realizar la migración.

a) El Módulo de Comunicaciones Ethernet/IP



Fig. 3.5: Modulo de comunicaciones Ethernet/IP 1747-AENTR

Fuente: Rochwell Automation

b) PLC - CompactLogix



Fig. 3.6: PLC CompactLogix 1769-L30ER

Fuente: Rochwell Automation

c) Power Supplies



Fig. 3.7: Fuente de Alimentación 1769-PA2

Fuente: Rochwell Automation

Finalmente la red de conexión sería la siguiente

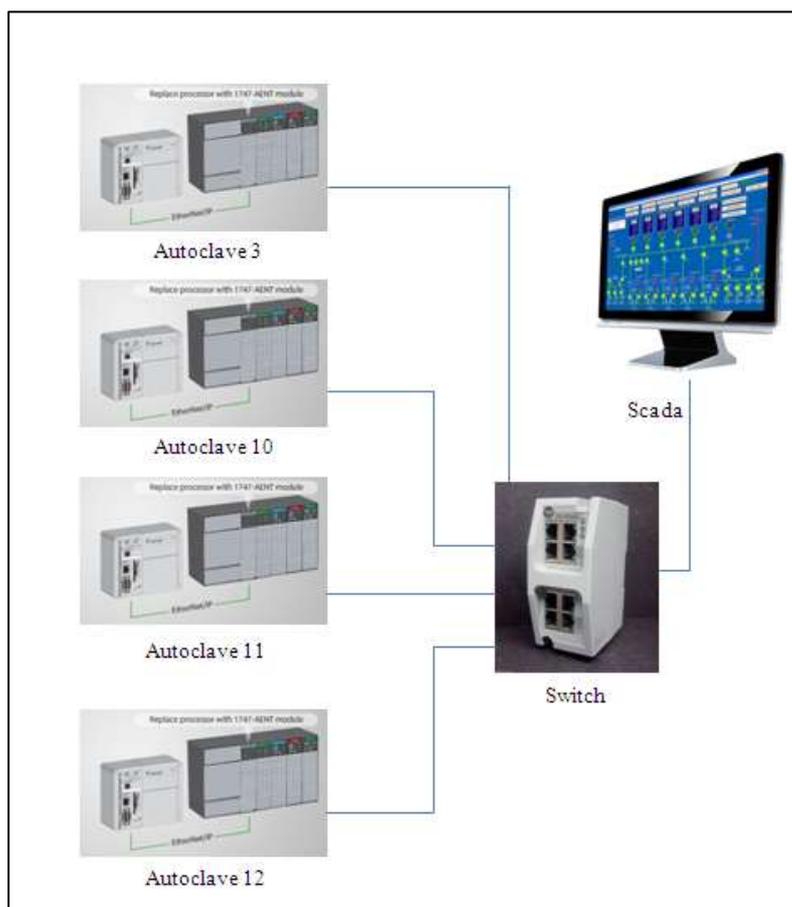


Fig. 3.8: Conexión de las 4 autoclaves vía Ethernet/IP

Fuente: Elaboración Propia

Sistema de Comunicación Empleado en el SCADA.

Los datos serán obtenidos directamente del controlador que posee cada autoclave, los cuales estarán conectados a una red Ethernet, en donde también estará conectada la PC principal, la cual tendrá instalada el sistema Scada.

3.3.5.3. Especificaciones del HMI.

El Sistema SCADA, está desarrollado con el software FactoryTalk View Studio de Rockwell Automation, debido a un tema de compatibilidad con la marca de los controladores.

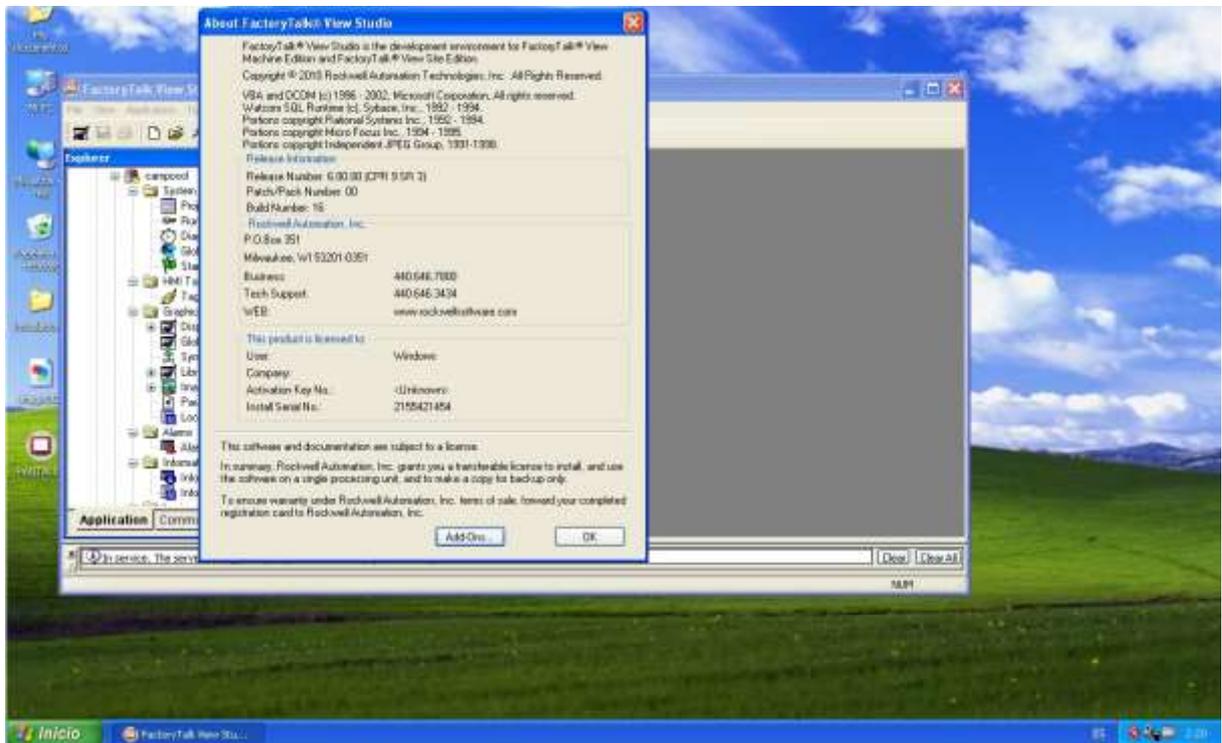


Fig. 3.9: Software The FactoryTalk View Studio (v6.0)

Fuente: www.ab.rockwellautomation.com/

El HMI deberá de presentar las siguientes características: visualización de variables de proceso, generación de alarmas, historial de datos, generación de reportes, representación de instrumentos y actuadores, todo esto se presenta en cada una de las pantallas. En la siguiente tabla N° 3.7, se detalla cada una de las pantallas:

Tabla N° 3.7: Especificaciones del HMI.

Pantalla Principal	Es la pantalla de inicio del HMI, en la cual se presenta un icono que enlaza a la pantalla del menú donde están los enlaces a las pantallas de las autoclaves 3, 10, 11 y 12. Adicionalmente mostramos la fecha y hora.
Pantalla del Menú	En esta pantalla están los botones de enlace a las pantallas de las autoclaves 3, 10, 11 y 12.
Pantalla de Autoclave	Se muestran los botones de enlace para los menús de: Proceso, Reporte, Grafica, Alarmas e Historial.
Pantalla de Proceso	Se muestra mediante una imagen la forma real de la autoclave, mostrando el estado de las válvulas modulantes. También observaremos los valores de temperatura y presión en el interior de la autoclave, así como la etapa actual en la que se encuentra el proceso de esterilizado. De igual manera se mostrara la hora de inicio de proceso como la hora final, según el programa que se está ejecutando, para ello también se tiene acceso a revisar los parámetros del programa en ejecución.
Pantalla de Reporte	Se muestra lo que sería el reporte de acuerdo al formato que actualmente llenan de manera manual. Algunos de los datos que se registran son: el nombre del programa, el número de la autoclave, los tiempos de inicio y final, la temperatura máxima promedio y mínima en la etapa de mantenimiento, así como también la temperatura inicial y final de la autoclave.
Pantalla de Graficas	Aquí se muestran las gráficas en tiempo real de la temperatura y presión de la autoclave durante su proceso.
Pantalla de Alarmas	Se presenta un cuadro histórico de las alarmas generadas en el proceso de cada una de las autoclaves, identificando el suceso, numero de autoclave, fecha y hora.
Pantalla de históricos	Se muestran los reportes generados, los cuales podemos buscar en una base de datos. Los parámetros de búsqueda son por autoclave y fecha.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4. RESULTADOS

El diseño del sistema SCADA para la supervisión de las autoclaves nos arrojó los siguientes resultados:

1° Como se puede observar en la Fig. N° 4.1, se cuenta con una pantalla de inicio en la cual se tiene un botón que nos lleva a la pantalla llamada autoclaves.



Figura N° 4.1: Pantalla de inicio del HMI.

Fuente: Elaboración Propia.

2° En las siguientes Figuras N° 4.2, se puede observar la pantalla del menú, donde están los botones de accesos a cada autoclave.



Figura. N° 4.2: Pantalla del menú principal

Fuente: Elaboración Propia.

3° En las siguientes Figuras N° 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6, se puede observar las pantallas de los menús de cada autoclave

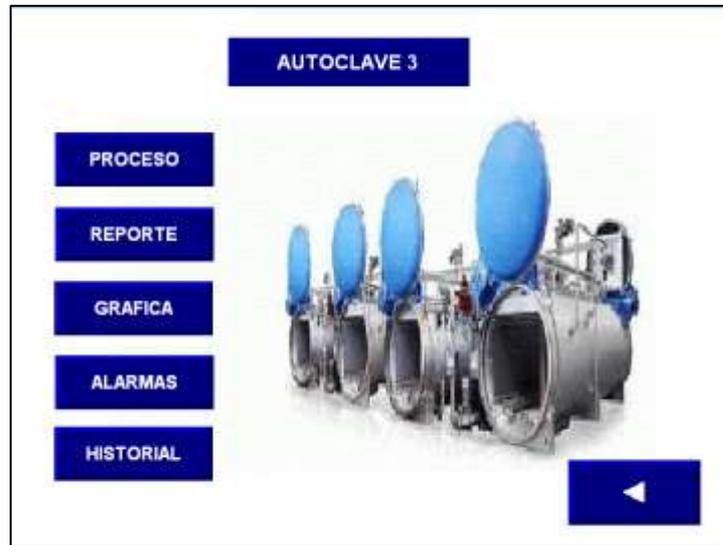


Figura. N° 4.3: Pantalla de menú de la autoclave N° 3.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura. N° 4.4: Pantalla de menú de la autoclave N° 10.

Fuente: Elaboración Propia.

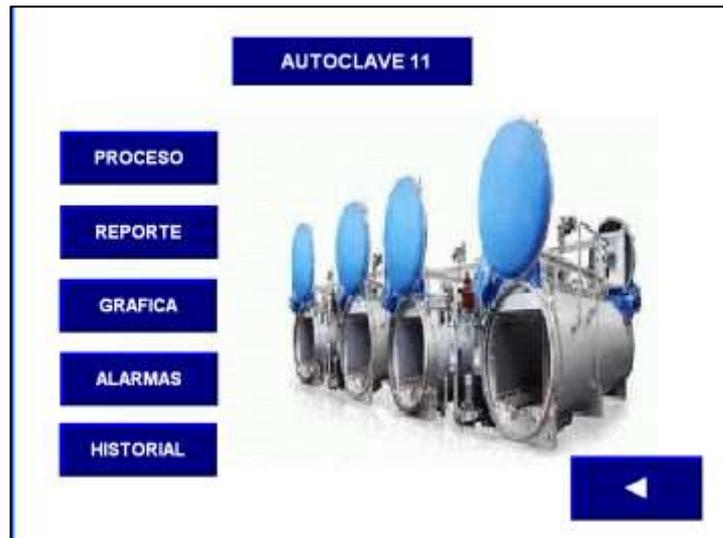


Figura. N° 4.5: Pantalla de menú de la autoclave N° 11.

Fuente: Elaboración Propia.

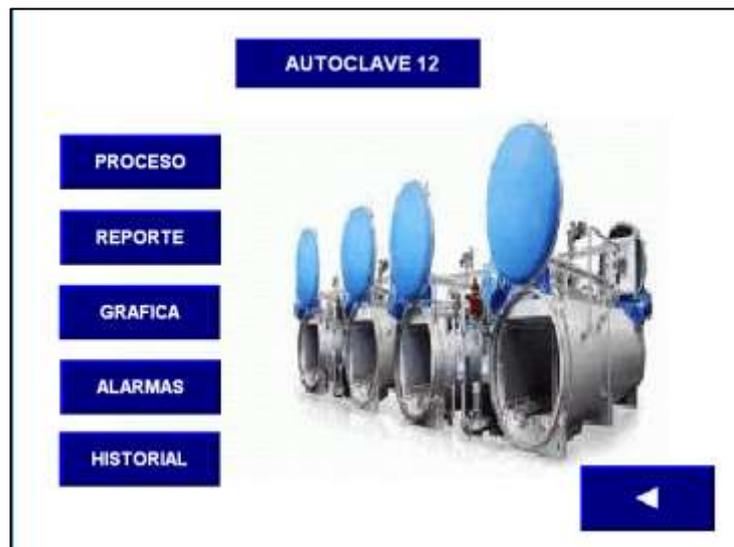


Figura. N° 4.6: Pantalla de menú de la autoclave N° 12.

Fuente: Elaboración Propia.

4° En las siguientes Figuras N° 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10, se puede observar las pantallas de proceso de cada autoclave, donde se tiene indicadores sobre el estado de las válvulas, se puede revisar los parámetros del programa en ejecución, se muestra la lectura de la temperatura y presión dentro de la autoclave, la etapa en la que se encuentra el proceso y la hora de inicio y finalización del proceso.

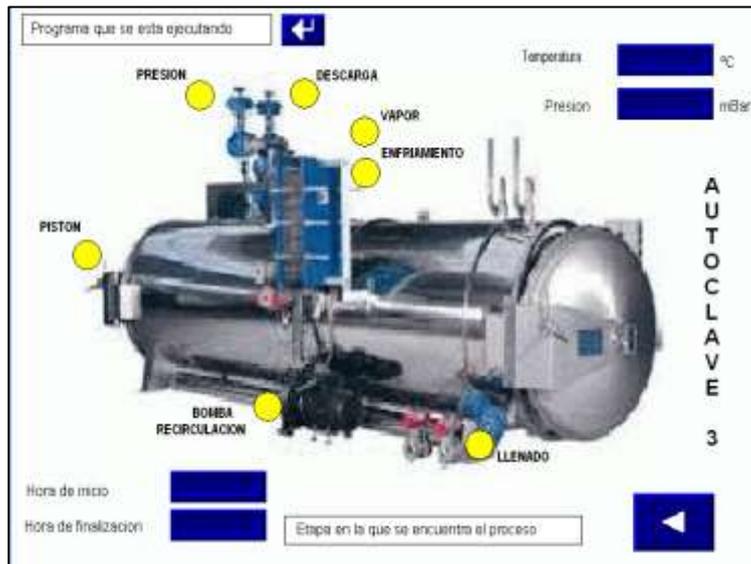


Figura. N° 4.7: Pantalla de menú de la autoclave N° 3.

Fuente: Elaboración Propia.

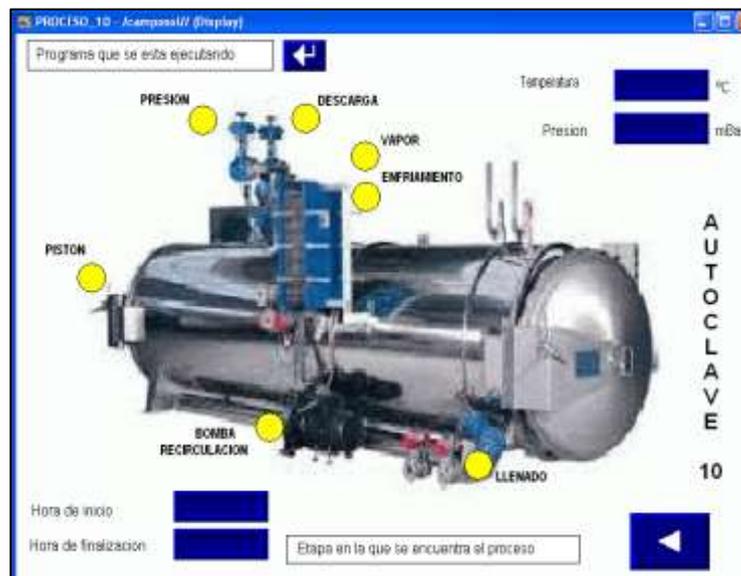


Figura. N° 4.8: Pantalla de proceso de la autoclave N° 10.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura. N° 4.9: Pantalla de proceso de la autoclave N° 11.

Fuente: Elaboración Propia.

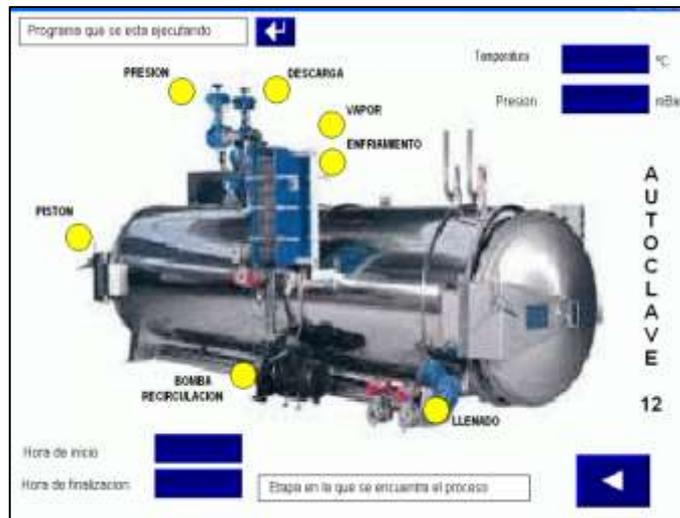


Figura. N° 4.10: Pantalla de proceso de la autoclave N° 12.

Fuente: Elaboración Propia.

6° En las siguientes Figuras N° 4.12, 4.13, 4.14 y 4.15, se puede observar las pantallas de los graficas de temperatura y presión de cada autoclave.

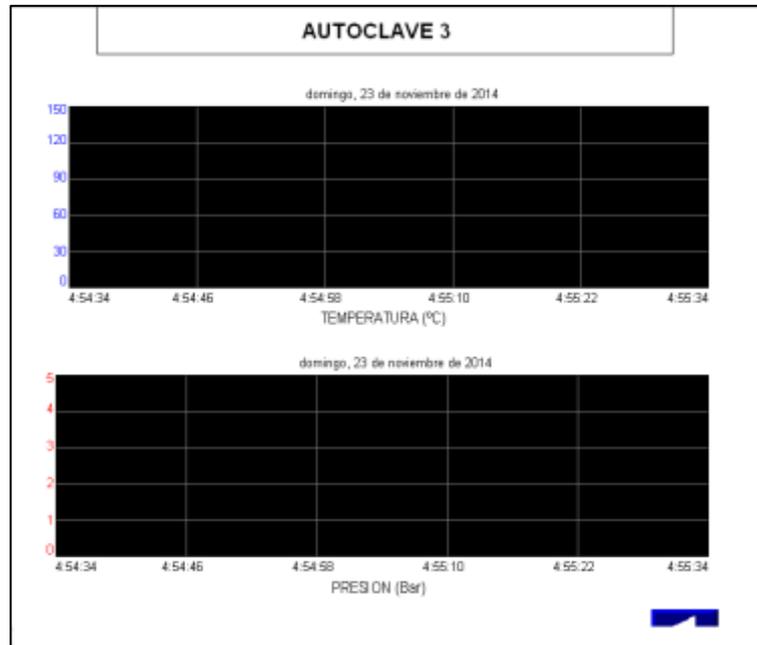


Figura. N° 4.12: Pantalla de graficas de la autoclave N° 3

Fuente: Elaboración Propia.

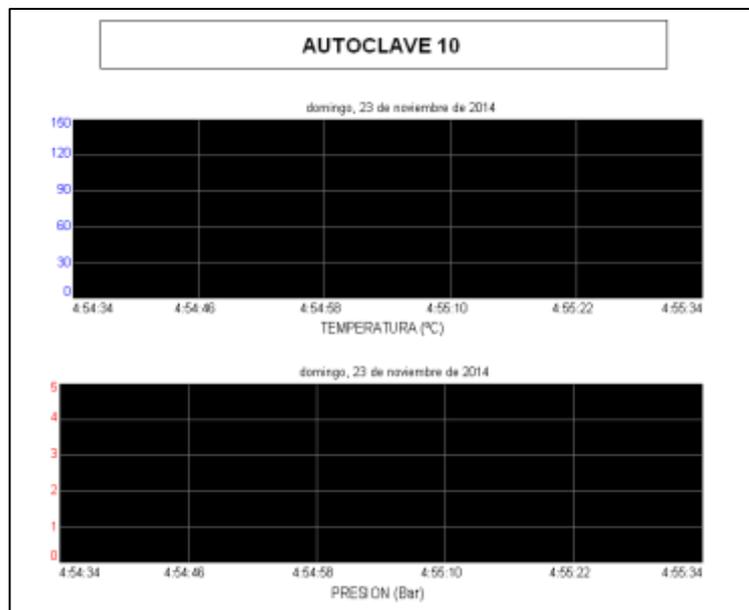


Figura. N° 4.13: Pantalla de graficas de la autoclave N° 10

Fuente: Elaboración Propia.

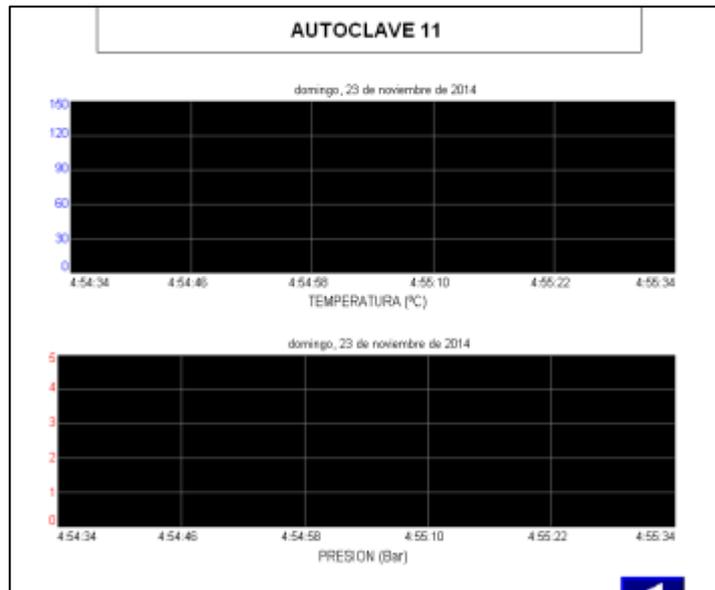


Figura. N° 4.14: Pantalla de graficas de la autoclave N° 11

Fuente: Elaboración Propia.

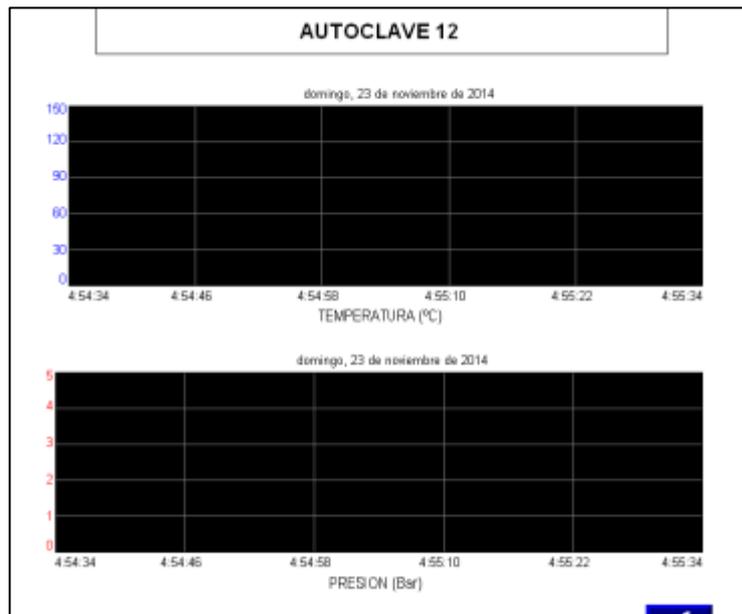


Figura. N° 4.15: Pantalla de graficas de la autoclave N° 12

Fuente: Elaboración Propia.

7° En la Fig. N° 4.16, se tiene la pantalla de alarmas donde se muestra el suceso, el número de autoclave donde ocurrió y la hora a la que ocurrió el evento.

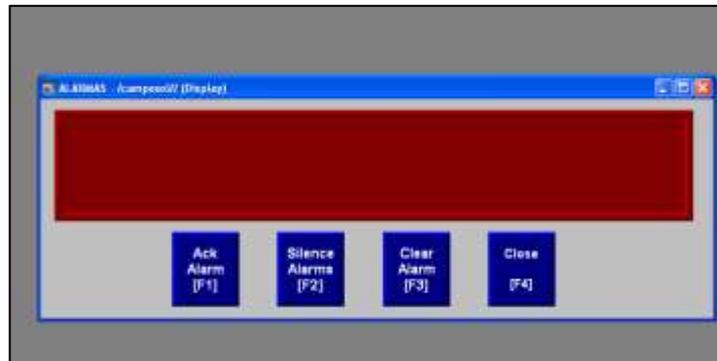


Figura. N° 4.16: Pantalla de alarmas de las autoclaves
Fuente: Elaboración Propia.

8° En la Fig. N° 4.17, se tiene la pantalla de históricos, donde se buscaran los reportes generados por el Scada, siendo los parámetros de búsqueda la fecha y número de autoclave.



Figura. N° 4.17: Pantalla de reporte de las autoclaves
Fuente: Elaboración Propia.

La propuesta económica para los costos requeridos del sistema de monitoreo del proceso de esterilización de productos enlatados de la Empresa Camposol S.A. es el siguiente:

En esta propuesta económica se considera el desarrollo de lo siguiente:

- Suministro de equipos y accesorios de acuerdo a los requerimientos. En los casos que se determinen deberán tener certificados de seguridad industrial, garantía y pruebas FAT.
- Instalación y configuración de accesorios y equipos. Que involucra la configuración y montaje de los módulos de interfaz (1747-AENTR - Modulo de Comunicación Ethernet/IP) con su respectiva fuente de alimentación (1769-PA2) y del PLC Compact Logix 5370 L3, que servirá como Gateway para la arquitectura SLC5.
- Instalación y programación de los sistemas informáticos HMI, del proceso. Así mismo como el comisionamiento y arranque de acuerdo a los parámetros expuesto en la ingeniería de detalle que aseguren el funcionamiento del sistema.
- Capacitación general, con énfasis en la supervisión a través del sistema HMI propuesto, dirigido a los operadores y personal involucrado en el manejo de dicho sistema para su correcta manipulación y uso.

A continuación se presenta las Tablas N° 4.1, 4.2 y 4.3 en las cuales se detalla la lista de equipos e instrumentos a proveer y la mano de obra:

Tabla N° 4.1: Lista de equipos a utilizar.

MARCA	MODELO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
Allen Bradley	1747- AENTR	Módulo de comunicación Ethernet/IP	4	\$2050.00	\$8,200.00
Allen Bradley	1769- L30ER	Procesador	4	\$2700.00	\$10,800.00
Allen Bradley	1769-PA2	Fuente de Alimentación + chasis	4	\$293.00	\$1,172.00

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 4.2: Mano de obra.

SERVICIO	RECURSO HUMANO	COSTO
Instalación y configuración de equipos	1 Ing. Electrónico y 3 Técnicos Electrónicos	\$ 2,000.00
Integración de sistemas	2 Ing. Electrónicos	\$2,000.00
Programación de HMI	1 Ing. Electrónico	\$2,000.00
TOTAL		\$6,000.00

Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente tabla N°4.3, se muestra el consolidado de costos:

Tabla N° 4.3: Consolidado de costos.

CONSOLIDADO DE COSTOS	
EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN	\$20,172.00
COSTOS MANO DE OBRA	\$6,000.00
TOTAL	\$26,172.00

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO V
DISCUSION DE LOS
RESULTADOS

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- ✓ El diseño del SCADA nos permitió desarrollar una pantalla de inicio y pantallas personalizadas para las 4 autoclaves que hacen que el operador pueda trabajar de manera amigable realizando la supervisión y captura de la información en tiempo real, así como acceder a un registro histórico de las variables de temperatura y presión.
- ✓ El diseño del SCADA nos permitió hacer posible crear pantallas para la impresión inmediata de los reportes solicitados por el área de aseguramiento de la calidad, minimizando el tiempo de procesamiento de la data y entrega de reportes, que anteriormente tomaba realizarlo aproximadamente un tiempo de 5 horas.
- ✓ El diseño del SCADA nos arrojó como monto el valor de \$26,172.00 el cual está acorde al mercado y dentro del presupuesto manejado por la empresa.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES.

- ✓ Se estudió el proceso de esterilización de productos enlatados, logrando tomar todos los datos necesarios para poder realizar el diseño del sistema SCADA para agilizar el procesamiento de la data obtenida en el proceso de esterilización en los productos enlatados.
- ✓ Se logró proponer una alternativa de monitoreo que cumpla con requerimientos del área de aseguramiento de la calidad para agilizar el procesamiento de la data obtenida en el proceso de esterilización.
- ✓ El sistema SCADA propuesto supervisa a las autoclaves 3, 10, 11 y 12, permitiendo generar los reportes de manera rápida, así como permitiendo al operador de monitoreo a verificar los parámetros del proceso en tiempo real.
- ✓ El costo estimado para la implementación del sistema comprende la adquisición de los equipos necesarios para poder integrar los controladores ya existentes a una red CompactLogix y el sistema SCADA, ascendiendo a un monto de \$26,172.00, acorde al mercado local.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

7. RECOMENDACIONES

- ✓ Tener en cuenta la compatibilidad entre los equipos para la selección de los módulos de migración con los que se implementará y desarrollara el sistema de monitoreo.
- ✓ Informar a los operadores, que la nueva implementación de los equipos y sistema de monitoreo es para mejoras tanto para ellos como para el proceso.
- ✓ Capacitar a los operadores con el nuevo sistema de monitoreo, para que puedan realizar un trabajo confiable y seguro.

CAPÍTULO VIII
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS

- A.G. Rees y J. Bettison. (1994) Proceso Térmico y Envasado de los Alimentos.
- Chavarria, L. (2007). SCADA System's & Telemetry. Atlantic International University.
- Creus, A. (1997). Instrumentacion Industrial. Barcelona (España), Marcombo S.A.
- Aquilino Rodríguez Penin, (2007). Sistemas SCADA. (2ª. Edición). Barcelona (España), Marcombo S.A.

TESIS

- Sartal, A. (2004). Modelado de Autoclaves para la Industria Conservera y Estimación de F_0 en Tiempo Real. Universidad de Vigo. Pontevedra - España.
- Rigel, N. (2008). Automatización de Esterilizadores para Productos Alimenticios Enlatados. Universidad Central de Venezuela. Caracas - Venezuela.
- Almazan, J. – Rodríguez, L. (2010). Migración de un Sistema de Control en Red DH+ por Ethernet IP. Instituto Politécnico Nacional – México.

TRABAJOS CITADOS

- Universidad de Oviedo (España 2006). Comunicaciones Industriales. Pág. 5-32. Consultado el 10/11/2014
- Colomer, J. (2012). Sistemas de Supervisión. Pag. 11-33. Consultado 10/11/2014.
- Martínez, L. (1998). Introducción al PLC. Pag. 2 y 3. Consultado el 09/03/2014.

ENLACES WEB

- **Manual de Instrucciones FERLO, Introducción.**
<http://www.ferlo.com/autoclaves-division-alimentacion/>
Consultado el 15/09/14

- **Fishbam - Food Technology & Solutions, Division Alimenticia**
<http://www.fishbam.com/fishbam-productos-detalle/2>
 Consultado el 15/09/14
- **Manual de Instrucciones FERLO.**
<http://www.ferlo.com/autoclaves-division-alimentacion/>
 Consultado el 15/09/14
- **Automatismos TEINCO, Válvulas Neumáticas**
http://www.teinco.es/info_producto.php?id=33
 Consultado el 17/09/14
- **Danfoss América Latina, Sensores de Temperatura**
http://www.danfoss.com/Latin_America_spanish/BusinessAreas/IndustrialControls/Products_pdf/Temperature+Sensors.htm
 Consultado el 17/09/14
- **Sensing , Sensores y Transductores**
http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-presi%C3%B3n_107/
 Consultado el 17/09/14
- **OMEGA, Sensores de Nivel y Medición** <http://es.omega.com/prodinfo/sondas-de-nivel-medicion.html>
 Consultado el 17/09/14
- **Sauter, Presostato Diferencial**
<http://www.sauteriberica.com/es/productos/reguladores-todonada/presostatos/presostato-diferencial.html>
 Consultado el 18/09/14
- **Automatismos TEINCO, Registradores**
http://www.teinco.es/info_producto.php?id=24
 Consultado el 18/09/14

- **Alfa Laval, Intercambiador de Calor de Placas**

<http://local.alfalaval.com/es-es/key-technologies/heat-transfer/plate-heat-exchangers/pages/default.aspx>

Consultado el 18/09/14

- **Airon TOOLS, Unidad de Mantenimiento**

<http://herramientas-industriales.com/airon-mod-atmt-2/>

Consultado el 18/09/14

- **NTS N° 069 – MINSA/DIGESA-v01 – Norma Sanitaria aplicable a la Fabricación de Alimentos Envasados de Baja Acidez y Acidificados Destinados al Consumo Humano. (Pag. 2,3)**

http://www.digesa.sld.pe/NormasLegales/Normas/RM_495-2008-MINSA.pdf

Consultado el 18/09/14

ANEXOS

Anexo 2: Encuestas realizadas al personal de Monitoreo de Camposol S.A

ENCUESTA	
1. DATOS GENERALES	
1.1. Nombre completo de la Empresa u Organización:	
1.2. Ubicación (Localidad – Departamento):	
1.3. Nombre de la persona encuestada:	
2. ¿UTILIZAN ALGUN PROGRAMA QUE REGISTRE LOS DATOS DE ESTERILIZADO EN LAS AUTOCLAVES 3, 10, 11	
<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
3. SE GENERA ALGUN TIPO DE REPORTE, SI LA RESPUESTA ES SI - ¿A QUE AREA VA DIRIGIDA?	
<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
AREA: _____	
4. ¿QUIÉN LLENA EL REPORTE?	
5. ¿EL REPORTE ES POR BACHADA O POR AUTOCLAVE?	
6. ¿LA ENTREGA DE LOS REPORTES ES DIARIA O POR TURNO?	
7. ¿POR QUÉ ES NECESARIO QUE SE DIGITALICEN LOS REPORTES?	
8. ¿CUANTO TIEMPO TE LLEVA DIGITALIZAR LOS REPORTES?	
9. ¿ESTOS TIEMPOS SON CONSTANTES O DE QUE DEPENDEN SU VARIACION?	

Fuente: Camposol S.A

Anexo 4: Especificaciones de los Equipos e Instrumentos.

1. Módulo de comunicación Ethernet/IP

Specifications



Ethernet Communication

Attribute	Value
EtherNet communication rate	10/100 Mbps/s, half or full-duplex
Ethernet ports	2, configured as Embedded Switch
Ethernet network topologies supported	Star, Tree, Daisy chain/Linear, and Ring
Ethernet connector	RJ-45, Category 5
Ethernet cable	Category 5: shielded or unshielded

General Specifications

Attribute	Value
Module location	Always at Slot 0 (leftmost slot) on chassis
Current consumption, backplane	470 mA @ 5V DC
Thermal dissipation	2.49 W = 8.4962 Btu (IT)/hour
Isolation voltage	50V (continuous), Basic Insulation Type
Dimensions (HxWxD), approx.	145.3 x 34.8 x 130.8 mm (5.72 x 1.37 x 5.15 in.)
Enclosure type rating	None (open-style)
Wiring category ⁽¹⁾	1 – on communication ports
Weight, approx.	168 g (0.37 lbs.)
North American temp code	T3C

⁽¹⁾ Use this Conductor Category information for planning conductor routing. Refer to Industrial Automation Wiring and Grounding Guidelines, publication [1770-4.1](#).

2. Procesador 1769-L30ER

Specifications



Attribute	1769-L16ER-BB1B, 1769-L18ER-BB1B, 1769-L18ERM-BB1B	1769-L24ER-QB1B, 1769-L24ER-QBFC1B, 1769-L27ERM-QBFC1B	1769-L30ER, 1769-L30ER-NSE, 1769-L30ERM, 1769-L33ER, 1769-L33ERM, 1769-L36ERM
Weight, approx	0.66 kg (1.5 lb)	<ul style="list-style-type: none"> 1769-L24ER-QB1B = 0.63 kg (1.39 lb) 1769-L24ER-QBFC1B and 1769-L27ERM-QBFC1B = 0.9 kg (1.9 lb) 	0.31 kg (0.68 lb)
Module width	100.00 mm (3.94 in.)	1769-L24ER-QB1B = 115.00 mm (4.53 in.) 1769-L24ER-QBFC1B and 1769-L27ERM-QBFC1B = 140 mm (5.51 in.)	55.00 mm (2.17 in.)
Module location	DIN rail mount	DIN rail or panel mount	
Panel-mounting screw torque	NA	1.1...1.8 N•m (10...16 lb•in) - use M4 or #8 screws	
Embedded power supply	24V DC input, non-isolated	24V DC Input, isolated	1769-PA2, 1769-PB2, 1769-PA4, 1769-PB4
Power supply distance rating	NA	<ul style="list-style-type: none"> Controller and 1769-SDN: 4 1769 Compact I/O modules: 4...8, depending on module 	
Wire category ⁽²⁾	1 - signal ports 1 - power ports 2 - communication ports	2 - communication ports	
Wire type, Ethernet	RJ-45 connector according to IEC 60603-7, 2 or 4 pair Category 5e minimum cable according to TIA 568-B.1 or Category 5 cable according to ISO/IEC 24702		
Wire type, power terminals and embedded I/O connections	Copper		NA
Wire size, power terminals ⁽³⁾	0.051...3.31 mm ² (30...12 AWG) solid or stranded copper wire rated at 75 °C (167 °F), or greater, 1.2 mm (3/64 in.) insulation, max. Each terminal accepts 1 or 2 wires	0.25...2.50 mm ² (22...14 AWG) solid copper wire rated at 75 °C (167 °F), or greater 1.2 mm (3/64 in.) insulation, max. Each terminal accepts only 1 wire	NA
Wire stripping length, power terminals ⁽³⁾	10 mm (0.39 in)	8 mm (0.31 in)	NA
Screw torque, power terminals ⁽³⁾	0.5...0.6 N•m (4.4...5.3 lb•in)	1.0...1.2 N•m (8.9...10.6 lb•in)	NA
Wire size, embedded I/O connections	0.205...1.31 mm ² (24...16 AWG) solid or stranded copper wire rated at 75 °C (167 °F), or greater 1.2 mm (3/64 in.) insulation, max or 90 °C (194 °F) Each terminal accepts only 1 wire		NA
Wire stripping length, embedded I/O connections	10 mm (0.39 in)		NA
North American temperature code	T4A	T3C	T5
IEC temperature code	T4		T5
Enclosure type rating	None (open-style)		

3. Fuente de Alimentación 1769-PA2

Specifications



Technical Specifications - 1768 CompactLogix Power Supplies

Attribute	1768-PA3	1768-PB3
Input voltage range	85...265V AC 108...132V DC	16.8...31.2V DC
Input voltage, nom	120V/220V AC	24V DC
Input frequency range	47...63 Hz	DC
Input power, max	120VA/120 W	112 W
Output power, max	90 W 24V DC to backplane: 3.5 24V DC to user-accessible terminal block: 0.25 A	
Output power, min	6 W 24V DC to backplane: 0.25 A 24V DC to user-accessible terminal block: 0.0 A	
Power dissipation	30 W	22 W
Inrush current, max	50 A @ 85...132V AC 80 A @ 195...265V AC	50 A @ 16.8...31.2V DC ⁽¹⁾
Isolation voltage	250V, reinforced insulation type, input to system and 24V DC AUX Tested at 4250V DC for 60 s 150V, basic insulation type, 24V DC AUX to system Tested at 2200V dc for 60 s	
Internal overcurrent protection	Non-replaceable fuse is soldered in place	
Recommended external overcurrent protection	4...6 A @ 28.5...36.7 A ² S	8...12 A @ 166...250 A ² S
Overcurrent protection	15 A, user supplied	
Weight, approx.	0.98 kg (2.15 lb)	1.01 kg (2.22 lb)
Dimensions (HxWxD), approx.	131.25 x 132.75 x 105.50 mm (5.17 x 5.23 x 4.15 in.)	
Module location	DIN rail or panel mount	
Mounting screw torque	1.16 N•m (10 lb•in) - use M4 or #8 screws	
Wire category	1 - on power ports ⁽²⁾	
Wire size, input power terminal	14 AWG (2.5 mm ²) solid or stranded copper wire rated at 75 °C (167 °F) or greater, 1.2 mm (3/64 in.) insulation maximum	
Wire size, output power terminal	14 AWG (2.5 mm ²)...22 AWG (0.25 mm ²) solid or stranded copper wire rated at 75 °C (167 °C) or greater, 1.2 mm (3/64 in.) insulation max	
Conductor screw torque	0.6 N•m (5 lb•in)	
North American temperature code	T4	
Output #1: 24V DC to backplane		
Ride-through interval time, min	25 ms @ 90 W	5 ms @ 90 W
Full power hold-up interval	5 ms @ 90 W	
Extended hold-up interval	8...12 s @ 1.25 W	
Output #2: 24V DC to front panel terminal block		
Voltage	18...27.60V @ front panel	
Output disable	Disable output during hold-up periods	
Enclosure type rating	None (open-style)	