

**“DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ZONA DE RECIBO Y
ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA PARA LA COOPERATIVA DE
GANADEROS DE CARTAGENA CODEGAN LTDA.”**

**ANTONIO LUIS CARABALLO MONTERO
JOHNNY ESTEBAN PUENTE MORELOS
LEONARDO ENRIQUE RESTREPO MACHACON**

**TECNOLÓGICA DE BOLIVAR INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
FACULTAD DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS**

2003

**“DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ZONA DE RECIBO Y
ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA PARA LA COOPERATIVA DE
GANADEROS DE CARTAGENA CODEGAN LTDA.”**

**ANTONIO LUIS CARABALLO MONTERO
JOHNNY ESTEBAN PUENTE MORELOS
LEONARDO ENRIQUE RESTREPO MACHACON**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar el título de
Ingeniero Electrónico**

**Director
Enrique Vanegas Casadiego
Ingeniero Electricista**

**TECNOLÓGICA DE BOLIVAR INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
FACULTAD DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS
2003**

Nota de aceptación

1

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Cartagena de Indias, 21 de Enero del 2003

A mis padres
con todo mi amor,
a mi hermana y a mi novia
a quienes tanto quiero.

A la memoria de
mi madre Ivett, por haberme
dado la oportunidad de soñar y
a mi padre por ayudarme a
cristalizar mi sueño.
A Ernesto, Tania y demás
familiares.

A mis padres Martín y Marilis por haberme enseñado que la educación es la herencia más importante que pueden dejar a sus hijos y a mi novia por haber llenado mi vida de pensamientos positivos y acercarme a Dios en los momentos que mas lo necesitaba.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A Dios infinitas gracias por irradiarnos la luz del Espíritu Santo, a fin de lograr la feliz culminación de la carrera elegida.

A nuestros padres, que con su abnegación y esfuerzo posibilitaron el cumplimiento de nuestras metas.

A nuestros profesores que como mediadores de saberes lograron nuestra formación profesional.

A Walter Marín Londoño, Ingeniero Electrónico, Jefe del departamento Eléctrico e Instrumentos de la Empresa CDI Ltda. Por su orientación dentro de este proceso de investigación.

A Lourdes Marrugo, Jefe de Sistemas de Aguas de Cartagena S.A. E.S.P. Por su orientación en la realización del software supervisorio.

A Freddy A. Riveros Castillo, Gerente Zona Norte Colsein Ltda. Por el apoyo dentro del proceso de investigación.

A Alexandra Morón Mendoza por su esfuerzo y dedicación en la asesoría y diagramación de los planos de este documento.

A la Cooperativa de Ganaderos de Cartagena Codegan Ltda. Por facilitarnos las informaciones pertinentes en la realización de nuestro trabajo.

Gracias

2 ARTICULO 107

La corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados y no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.

Cartagena, 18 de Octubre del 2002.

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO.

Facultad de Ingenierías Eléctrica y Electrónica.

Tecnológica de Bolívar Institución Universitaria.

La Ciudad

Distinguidos Señores:

Cordial saludo:

A través de la presente me permito entregar el Trabajo de Grado titulado **“DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ZONA DE RECIBO Y ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA PARA LA COOPERATIVA DE GANADEROS DE CARTAGENA CODEGAN LTDA.”** para su estudio y evaluación, como requisito fundamental para obtener el Título de Ingeniero Electrónico.

En espera de que éste cumpla con las normas pertinentes establecidas por la Institución me despido.

Atentamente.

Antonio Luis Caraballo Montero

Código: 9704001

Cartagena, 18 de Octubre del 2002.

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO.

Facultad de Ingenierías Eléctrica y Electrónica.

Tecnológica de Bolívar Institución Universitaria.

La Ciudad

Distinguidos Señores:

Cordial saludo:

A través de la presente me permito entregar el Trabajo de Grado titulado **“DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ZONA DE RECIBO Y ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA PARA LA COOPERATIVA DE GANADEROS DE CARTAGENA CODEGAN LTDA.”** para su estudio y evaluación, como requisito fundamental para obtener el Título de Ingeniero Electrónico.

En espera de que éste cumpla con las normas pertinentes establecidas por la Institución me despido.

Atentamente.

Johnny Esteban Puente Morelos

Código: 9704024

Cartagena, 18 de Octubre del 2002.

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO.

Facultad de Ingenierías Eléctrica y Electrónica.

Tecnológica de Bolívar Institución Universitaria.

La Ciudad

Distinguidos Señores:

Cordial saludo:

A través de la presente me permito entregar el Trabajo de Grado titulado **“DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ZONA DE RECIBO Y ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA PARA LA COOPERATIVA DE GANADEROS DE CARTAGENA CODEGAN LTDA.”** para su estudio y evaluación, como requisito fundamental para obtener el Título de Ingeniero Electrónico.

En espera de que éste cumpla con las normas pertinentes establecidas por la Institución me despido.

Atentamente.

Leonardo Enrique Restrepo Machacón

Código: 0004353

Cartagena, 18 de Octubre del 2002.

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO.

Facultad de Ingenierías Eléctrica y Electrónica.

Tecnológica de Bolívar Institución Universitaria.

La Ciudad.

Distinguidos Señores:

Cordial saludo.

A través de la presente me permito entregar el Trabajo de grado titulado **“DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ZONA DE RECIBO Y ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA PARA LA COOPERATIVA DE GANADEROS DE CARTAGENA CODEGAN LTDA.”** para su estudio y evaluación, el cual será realizado por los estudiantes ANTONIO LUIS CARABALLO MONTERO, JOHNNY ESTEBAN PUENTE MORELOS Y LEONARDO ENRIQUE RESTREPO MACHACON, del cual acepto ser su director.

En espera de que éste cumpla con las normas pertinentes establecidas por la institución me despido.

Atentamente.

Enrique Vanegas Casadiego

Especialista en Automatización Industrial.

Cartagena, 18 de Octubre del 2002.

Señores:
TECNOLÓGICA DE BOLIVAR INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
Comité de Evaluación de Proyectos
La Ciudad.

Distinguidos Señores:

Cordial saludo.

El motivo de la presente es para hacerles saber que los estudiantes ANTONIO LUIS CARABALLO MONTERO, JOHNNY ESTEBAN PUENTE MORELOS Y LEONARDO ENRIQUE RESTREPO MACHACON, han cumplido satisfactoriamente con los objetivos planteados por la Empresa en el Trabajo de grado titulado “**DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ZONA DE RECIBO Y ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA PARA LA COOPERATIVA DE GANADEROS DE CARTAGENA CODEGAN LTDA.**”

Cordialmente.

José Enrique Orozco Cuadrado.
Ingeniero de Mantenimiento de Codegan Ltda.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	3
1.1 NOMBRE Y LOCALIZACIÓN	3
1.2 MISION	3
1.3 VISION	3
1.4 RESEÑA HISTÓRICA	4
1.5 POSICIONAMIENTO	5
1.6 CUBRIMIENTO	6
2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA EN CODEGAN LTDA	7
2.1 RECIBO DE LECHE CRUDA	7
2.2 MANEJO DE LECHE CRUDA	8
2.3 PROCESAMIENTO DE LECHE CRUDA	9
2.4 ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA	10
3. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES INVOLUCRADAS EN EL PROCESO	12
3.1 VARIABLES POR PROCESO	12
3.2 PRINCIPIOS DE MEDICION	13
3.2.1 Medición de Nivel	13
3.2.2 Medición de Presión	16
3.2.3 Medición de Densidad	18

3.2.4 Medición de Temperatura	21
3.2.5 Medición de PH	25
3.2.6 Medición de Flujo	27
4. ESTÁNDAR DEL SISTEMA AUTOMATICO EN LA INDUSTRIA LACTEA	30
4.1 RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA LECHE	31
4.2 CONTROL DE PRESIÓN EN TUBERÍAS	33
4.3 MEDIDA AUTOMÁTICA DE PH DURANTE LA RECEPCIÓN	34
4.4 MEDICION DEL VOLUMEN EN EL RECIBO DE LECHE CON MEDIDOR DE FLUJO ELECTROMAGNÉTICO	37
4.5 MEDIDA DE FLUJO DE MASA Y DENSIDAD DEL RECIBO DE LECHE	40
4.6 MEDIDA DE NIVEL EN TANQUES SILO	42
5. SELECCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO	45
5.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES	45
5.2 INSTRUMENTOS SELECCIONADOS	47
5.2.1 Interruptor de flujo para líquidos T-Switch	47
5.2.2 Medidor de flujo masico	49
5.2.3 Medidor de nivel ultrasónico	53
5.2.4 Medidor de temperatura	57
5.2.5 Medidor de Ph	60

5.2.6 Medidor de presión	65
5.3 PROFIBUS (PROCESS FIELD BUS)	68
5.3.1 Profibus DP	72
5.3.2 Profibus PA	74
6. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL PLC	79
6.1 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN Y TUBERÍAS (P&ID)	79
6.2 DINÁMICA OPERACIONAL DE LA PLANTA	80
6.2.1 Transporte del producto desde las tinas hacia los enfriadores	80
6.2.2 Transporte del producto desde los enfriadores # 1 y 2 hacia los tanques # 1-2-3-4 y los tanques silos de 60.000lts. y 30.000lts	83
6.2.3 Movimiento entre tanques	84
6.2.4 Reenfriamiento del producto	86
6.3 DIMENSIONAMIENTO	87
6.3.1 Entradas análogas	87
6.3.2 Entradas digitales	88
6.3.3 Salidas digitales	89
6.4 SELECCIÓN DEL PLC	93
7. SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE MONITOREO	94
7.1 INTOUCH VISUALIZACION DE PROCESOS	95
7.1.1 Posicionamiento del Producto	95

7.1.2 Aplicaciones	96
7.1.3 Características y Beneficios	96
7.1.4 Requerimientos de Sistema Operativo y de Hardware	97
7.1.5 Intouch versión 7.1	98
7.1.6 Reducción de costos gracias a servicios de terminales	100
8. DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN	101
8.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA	101
8.2 DESCRIPCIÓN DE LAS LÓGICAS DEL SISTEMA AUTOMATIZADO	101
8.2.1 Descripción de la Lógica A	101
8.2.2 Descripción de la Lógica B	103
8.2.3 Descripción de la Lógica C	105
8.2.4 Descripción de la Lógica D	106
8.3 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LAS LÓGICAS DEL SISTEMA	107
8.4 SECUENCIA BÁSICA DE OPERACIÓN	115
8.5 PROGRAMA PARA CARGAR EN EL PLC	116
8.5.1 Tabla de contactos del sistema de control (PLC)	135
8.6 CONEXIÓN DEL SISTEMA A LA RED DE POTENCIA	138
8.6.1 Conexión de motobombas y motores agitadores	138
8.6.2 Conexión del sistema de control PLC	142

8.6.3 Conexión de las Electroválvulas	144
8.6.4 Conexión de los interruptores por ausencia de movimiento ZSS	145
8.6.5 Conexión de los interruptores por ausencia de flujo T-Switch	146
8.6.6 Conexión de las Estaciones de Mando para reenvío del producto	147
8.6.7 Diagrama general de Conexión a la red de potencia	150
8.6.8 Topología de bus de l sistema automatizado	151
8.6.9 Consideraciones de seguridad	154
8.6.10 Margen de seguridad de los medidores Ultrasónicos	155
8.7 VENTAJAS DEL SISTEMA AUTOMATIZADO	156
8.8 VISUALIZACION DEL PROCESO CON WONDEWARE INTOUCH	157
8.8.1 Dia grama General de la Planta	158
8.8.2 Proceso de llenado de la Tina 1	160
8.8.3 Proceso de Tina 2 y Tina 3	162
8.8.4 Proceso de llenado de Tanques	163
8.8.5 Tanque silo de 30.000 Litros	164
8.8.6 Proceso de Reenfriamiento	165
8.8.7 Aplicación en Microsoft Excel	166
9. COTIZACIONES	168

10. EVALUACIÓN ECONOMICA Y FINANCIERA	171
10.1 ANTECEDENTES	171
10.2 ORGANIZACIÓN	172
10.3 VENTAJAS COMPARATIVAS	173
10.4 INFORMACION FINANCIERA	175
10.4.1 Balance general de los años 2000 y 2001	175
10.5 EL PROYECTO	178
10.5.1 Costo del proyecto	178
10.6 VIABILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA	178
10.6.1 Determinación de los flujos esperados	179
10.6.2 Los Flujos de Caja de la Empresa o del proyecto	180
10.6.3 Determinación de la tasa de actualización	183
10.6.4. Valor Actual Neto (VAN)	184
10.6.5. Tasa Interna de Retorno (TIR)	185
10.6.6. Período de Retorno de una inversión (PR) (o payback en inglés)	186
10.7 CÁLCULO DEL VALOR DEL PROYECTO	186
10.7.1 Construcción de los Flujos	187
10.7.2 Tasa de descuento	189
10.7.3 Costo de Capital del Accionista	190
10.7.4 Tasa de Créditos del Sector Financiero	190
10.7.5 Impuestos	191
10.7.6 Utilidad Operacional Proyectada	191

10.7.7 Depreciación	191
10.7.8 Complemento plan de inversión y financiación	192
10.7.9 Elaboración del flujo de caja para el proyecto	192
10.7.10 Amortización del crédito	192
10.7.11 Factibilidad Económica	193
11. RECOMENDACIONES	195
12. CONCLUSIONES	199
BIBLIOGRAFÍA	205
ANEXOS	207

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Medición de nivel por ultrasonido.	14
Figura 2. Relación de pH, pOH y Concentración de H ⁺ y OH ⁻ .	25
Figura 3. Electrodo para la Medición de pH.	26
3 Figura 4. Estándares de Recepción y 4 Almacenamiento de Leche. 5	32
Figura 5. Medidor de PH Automático.	35
Figura 6. Medidor de Flujo Electromagnético.	38
Figura 7. Medidor de Flujo de Masa Coriolis.	40
Figura 8. Sensor de Presión Hidrostática Deltapilos S.	43
Figura 9. Ubicación del instrumento T-Switch.	49
Figura 10. Ubicación del medidor de Flujo Promass 83 I.	53
Figura 11. Ubicación del medidor de nivel Prosonic T FMU 130 en las tinajas receptoras.	56
Figura 12. Ubicación del medidor de nivel Prosonic T FMU 130 en tanques de almacenamiento.	57

Figura 13. Medidor RTD OMNIGRAD TST 14 en los tanques Horizontales.	59
Figura 14. Medidor RTD OMNIGRAD TST 14 en los tanques Verticales.	60
Figura 15. Conexión de la sonda sensora CPS 11 del medidor de pH Mycom CPM 152.	65
Figura 16. Medidor de presión Cerabar M PMP 45	67
Figura 17. Medidor de presión Deltabar S FMD 633.	68
Figura 18. Esquema general de Profibus.	69
Figura 19. Configuración típica de Profibus DP y Profibus PA.	76
6	
7 Figura 20. Diagrama de Bloques del Sistema	102
8	
9 Figura 21. Diagrama de flujo de la lógica A	108
10	
11 Figura 22. Diagrama de flujo de la lógica B	109
Figura 23. Diagrama de flujo de la lógica C	110
Figura 24. Diagrama de flujo de la lógica d	111
Figura 25. Transporte del producto a Pasteurización	112
Figura 26. Llenado de los Tanques 1, 2, 3 y 4	113

11.1

11.2 **Figura 27. Transporte del Producto a Pulverización** 114

Figura 28. Diagrama de mando para energizar las Motobombas y agitadores. 140

Figura 29. Diagrama de potencia de las Motobombas y motores agitadores. 141

Figura 30. Conexión del sistema de control PLC a la red de potencia 143

Figura 31. Diagrama de Mando para Energizar las Electroválvulas 145

Figura 32. Diagrama de mando del interruptor por ausencia de movimiento ZSS como entrada discreta al PLC 146

Figura 33. Diagrama de mando del interruptor por ausencia de flujo T-Switch como entrada discreta al PLC 147

Figura 34. Diagrama de Mando al sistema PLC para reenvío del producto y confirmación del clarificador 148

Figura 35. Disposición de los Elementos de control en el Gabinete 149

Figura 36. Disposición de los elementos de protección en el Gabinete. 149

Figura 37. Topología de bus del sistema automatizado 153

Figura 38. Ubicación del medidor en tanques Silos 155

Figura 39. Ubicación del Instrumento en las Tinas	156
12	
13 Figura 40. Pantalla principal del programa	159
Figura 41. Proceso de llenado de la Tina 1	161
Figura 42. Proceso de llenado de la Tina 2 y Tina 3	162
Figura 43. Pantalla de Llenado de Tanques	163
Figura 44. Llenado de Tanque Silo de Pulverización	164
Figura 45. Proceso de Reenfriamiento	165
Figura 46. Aplicación en Microsoft Excel	166
14	
15 Figura 47. Determinación de las tasas de actualización	184
Figura 48. Correspondencia entre flujos y valor	187
16	
17 Figura 49. Los análisis de viabilidad comercial y técnica	
18 como <i>inputs</i> del análisis económico y financiero	187
Figura 50. Ordeño tecnificado en los centros de acopio	195
18.1.1	
Figura 51. Camión recolector de leche implementado con tecnología de punta	196

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Tablas de la Evaluación Financiera y Económica	208
Anexo B. P&ID Sistema de Recibo y Almacenamiento de Leche Cruda	209
Anexo C. Diagrama de Conexión a la Red de Potencia	210
Anexo D. Data Sheet	211

RESUMEN

Titulo del trabajo

Diseño de Automatización de la Zona de Recibo y Almacenamiento de leche cruda para la Cooperativa de Ganaderos de Cartagena CODEGAN LTDA.

Autores

Antonio Luis Caraballo Montero	Código : 9704001
Johnny Esteban Puente Morelos	Código : 9704024
Leonardo Enrique Restrepo Machacón	Código : 0004353

Objetivo General

Realizar los diseños de las automatizaciones necesarias en los procesos Físicos y Químicos que intervienen en el recibo, manejo, procesamiento y almacenamiento de la leche cruda, mediante el estudio y análisis en la dinámica actual de los procesos, para su optimización, monitoreo y control.

Tipo de Investigación

Descriptiva Experimental

Resultado de la Investigación

- Diagramas de bloques del sistema automatizado.
- Planos del Sistema de Automatización.
- Programa para cargar en el PLC y Software supervisorio.
- Presentación del Software Supervisorio y Aplicación en Microsoft Excel.
- Evaluación Económica y Financiera.

19 Director

Ing. Electricista Enrique Venegas Casadiego.

INTRODUCCIÓN

La Automatización de Procesos Industriales o Automatización consiste en realizar una secuencia lógica de operaciones en un proceso sin la intervención humana. Esta secuencia lógica de operaciones es realizada mediante una serie de dispositivos o periféricos de entrada que envían señales a la unidad de control de procesos, ésta pone en marcha y controla los dispositivos o periféricos de salida, los cuales realizan tareas concretas .

El control automático de procesos consiste en medir el valor de la variable controlada de un sistema, por ejemplo, temperatura de un horno, velocidad de un automóvil, nivel de un tanque y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir o limitar la desviación del valor medido a partir de un valor deseado en un lazo cerrado.

En el entorno industrial de la cooperativa Codegan Ltda. se logró compenetrarse con todos y cada uno de los procesos involucrados en el recibo y almacenamiento de la leche cruda, encontrando y definiendo la problemática actual que presentan, debido al poco avance tecnológico que han sufrido; de esta forma, se planteó diseñar la automatización de sus procesos ya que presentaron una secuencia lógica de operaciones repetitivas y rutinarias llevadas a cabo por los operadores de la planta.

A continuación presentaremos brevemente el orden y el contenido del documento.

El capítulo 1 describe la empresa para la cual se realizó el diseño de automatización. El capítulo 2 describe el proceso de almacenamiento de la leche cruda en la cooperativa Codegan, identificando los subprocesos y la dinámica operacional de la planta. El capítulo 3 identifica las variables involucradas en cada uno de los subprocesos y sus principios de medición. El capítulo 4 describe el sistema estándar empleado para automatizar plantas de la industria láctea, el cual es la base para realizar este diseño. En el capítulo 5 se encuentran los criterios que se tuvieron en cuenta para escoger los instrumentos de medida, de la tecnología de transmisión de las señales y la descripción de su funcionamiento. El capítulo 6 describe como se realizó el P&ID y selección del PLC, incluyendo las secuencias de operaciones a realizar en la planta. El capítulo 7 explica el tipo de plataforma escogida para realizar la simulación del proceso automatizado. En el capítulo 8 se halla todo lo relacionado con el diseño realizado, a saber, diagrama de bloques del sistema, tabla para los contactos, lógicas y flujogramas empleados para elaborar el programa para cargar en el PLC, la secuencia básica de operación, la conexión del sistema a la red de potencia y todo lo relacionado con la plataforma de simulación del proceso. Los capítulos 9 y 10 se refieren a los costos que acarrea implementar este proyecto y la evaluación económica para sufragarlos. Posteriormente en los capítulos 11 y 12 se hallan las recomendaciones y conclusiones que se plantearon para la cooperativa Codegan Ltda.

1. DESCRIPCION GENERAL DE LA EMPRESA

1.1 NOMBRE Y LOCALIZACIÓN

La empresa para la cual se desarrolla el trabajo de Grado es **La Cooperativa de Ganaderos CODEGAN LTDA**, ubicada en el Barrio El Bosque, Avenida Principal, diagonal-21, Transversal-51.

1.2 MISION

Procesar y vender leche y sus derivados lácteos en las mejores condiciones higiénicas, con una calidad optima para satisfacer las necesidades de los consumidores.

1.3 VISION

Seremos una cooperativa reconocida por su producción lechera, carne y productos agrícolas en general, comprometida con el desarrollo humano y social de la región en particular, con proyección nacional e internacional.

1.4 RESEÑA HISTÓRICA

Con el gran interés de proveer a la ciudadanía de Cartagena de un producto tan importante y necesario en la canasta familiar como la leche, en 1951, los ganaderos de la región de Bolívar, Sucre, Córdoba y Atlántico se organizaron y a la vez se unieron para hacer el montaje de una planta pasteurizadora de leche que recibiría como nombre en aquel entonces LECHERIA HIGIENICA S.A. LESA, la cual años mas tarde pasó a manos de CICOLAC (hoy NESTLE), donde accionistas fundadores disminuyen su número de acciones y por ende queda el arbitrio de la planta en manos de esa firma que hasta entonces no contaba con sede en esta región.

En 1966, este acontecimiento impulsa a los ganaderos de la región a organizar una estructura cooperativa del sector solidario que poseyera como propósito el incrementar en óptimas condiciones la calidad de abastecimiento de leche a la población que seria traída de las fincas de los cooperados, ofreciendo así una mayor remuneración por la leche y eliminando ganancias de los intermediarios monopolistas de la leche procesada, quienes imponían a los ganaderos independientes los precios de compra de la leche cruda, controlando precios y plazos de pago (precios bajos, pagados a plazos muy largos).

La Cooperativa de ganaderos CODEGAN, fue fundada el 19 de septiembre de 1966 por 24 socios que suscribieron 6.950 acciones o certificados de aportación a razón de \$80 (ochenta pesos) cada una, para un capital suscrito de \$556.000 (quinientos cincuenta y seis mil pesos). Por resolución #00655 del día 13 de diciembre de 1966 fue concedida su personería jurídica, la cual fue protocolizada en la notaria pública Primera de Cartagena N° 1991 del 20 de diciembre del mismo año.

1.5 POSICIONAMIENTO

El crecimiento de su capacidad de recepción de leche fue rápidamente aumentando con los años, al igual que la infraestructura de distribución. En los años setenta, NESTLE decidió desmontar su planta procesadora de Cartagena, y CODEGAN quedó sola en el mercado del departamento de Bolívar, alcanzando a procesar y vender mas de 40.000 litros de leche líquida. La cooperativa se fortaleció económicamente, llegando a tener mas de 200 cooperados en estos años. Hoy día, se aproxima a los 300 cooperados, grandes, medianos y pequeños ganaderos, con sede propia en el barrio Bosque, a pocos metros del sitio donde fundó LESA años atrás. CODEGAN cuenta con un patrimonio superior a 6.000 millones en 1996, aun cuando no ha innovado cambios tecnológicos en la planta procesadora.

En 1999, los consumidores Bolivarenses y especialmente los Cartageneros recordamos a la leche líquida Codegan como el producto de tradición, calidad y confianza. La empresa se encuentra posicionada en la mente de sus consumidores como la única procesadora láctea del departamento, con la filosofía del sector solidario, sin ánimo de lucro, la cual se enfrenta a diario a nuevos retos de desarrollar planes estratégicos de mercadeo a mediano y largo plazo, que permitan mantenerse como líderes ante la incursión de nuevos competidores multinacionales.

1.6 CUBRIMIENTO

Cubrimos los Municipios de Cartagena, Turbaco, Turbana, Arjona, Santa Catalina, Clemencia, Santa Rosa, San Estanislao, María la Baja, Mahates, San Juan, San Jacinto, El Carmen de Bolívar y Zambrano en el Departamento de Bolívar y San Onofre, Tolú viejo y Tolú en el Departamento de Sucre. Tenemos un cubrimiento de catorce municipios en el departamento de Bolívar y tres municipios más en el departamento de Sucre.

2. DESCRIPCION DEL PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA EN CODEGAN LTDA

2.1 RECIBO DE LECHE CRUDA

El proceso de recibo de leche cruda se inicia una vez se hallen en la planta los camiones transportadores de cántaros de leche, que provienen de las fincas de los Ganaderos Cooperados. Los cántaros son recipientes en aluminio y tienen una capacidad máxima de 40 litros, cada camión trae en promedio 70 cántaros y llegan 16 camiones de 16 rutas diferentes en todo el departamento.

En el área de recibo, existen tres tinas recibidoras del producto, de esta forma se pueden atender 3 camiones al tiempo.

Las tinas denominadas tina 1, tina 2 y tina 3 están construidas en acero inoxidable, las tinas 1 tiene una capacidad máxima de 800 litros, la tina 2 tiene una capacidad de 2.300 litros, y la tina 3 de 750 litros, Por cada tina se encuentran tres personas para realizar la labor de vaciado, uno de ellos es un operador de la empresa encargado de inspeccionar el volumen y la calidad del producto y los otros 2 son empleados del transportador, encargados de vaciar los cantaros y acomodarlos para luego subirlos al vehículo.

Existe un operador por tina recibidora que inspecciona el número de cántaros traídos y a quien pertenecen, para llevar la facturación; además este operador

es el encargado de inspeccionar los instrumentos de medida en el área de procesamiento y determina las acciones de control.

Hay dos inspectores de control de calidad que de acuerdo a un cronograma seleccionan día a día la ruta de inspección de las 16 que existen, esta inspección consiste en tomar muestras del producto de todos los cántaros traídos por esa ruta para su análisis.

Los operarios que se encuentran en las tinas recibidoras son los que aprueban el cántaro una vez realizada la inspección de acidez y volumen. La acidez es medida mediante un alcoholímetro manual con el cual toman una muestra del producto y determinan visualmente si esta ácida por los coágulos que se forman, el volumen es medido introduciendo una regleta graduada.

Las tinas recibidoras de leche cruda tienen un filtro que retiene los sólidos que pueden presentarse en los cántaros; de esta forma los cántaros aprobados por el operador son vaciados a través de este filtro y el producto es depositado dentro de la tina para su extracción mediante una motobomba, este procedimiento puede durar entre 15 y 40 minutos y depende de la cantidad de cántaros traídos por el vehículo.

2.2 MANEJO DE LECHE CRUDA

Este proceso consiste esencialmente en transportar el producto que se encuentra en las tinas recibidoras 1, 2 y 3 e introducirlo por la tubería hacia el área de procesamiento o tratamiento. Las tuberías empleadas para transportar la leche son de 2" de diámetro y en acero inoxidable; la extracción de la leche se realiza mediante motobombas denominadas bomba 1,2 y 3 para las tinas 1,2 y 3 respectivamente. La bomba 1 bombea el producto de la tina 1 hacia las tinas 2 o 3. El destino de éste, depende del nivel en que se encuentren las otras tinas y es

depositado en la tina que se encuentre más vacía, accionando las válvulas adecuadas para cada fin. Las bombas 2 y 3 bombean el producto y lo introducen dentro de las tuberías, las cuales lo transportan hacia los filtros, continuando hacia el clarificador y luego hacia los enfriadores o intercambiadores de calor de placas que se hallan en el área de tratamiento. El determinar hacia donde se dirige es cuestión del operador de la planta y él puede omitir a voluntad el tratamiento que se le realiza a la leche, manipulando las válvulas que se encuentran en las líneas de proceso.

Si el producto es traído en un vehículo tipo cisterna, únicamente se conecta una manguera sanitaria entre la salida del tanque y la motobomba.

2.3 PROCESAMIENTO DE LECHE CRUDA

Este proceso consiste en acondicionar el producto para su almacenamiento, de esta forma a medida que es bombeado desde cada tina, es filtrado para eliminar los residuos sólidos presentes, después es conducido hacia el clarificador en donde se le remueven las bacterias por un tratamiento térmico previo al almacenamiento, de allí es conducido hacia los intercambiadores de placa, que son utilizados para enfriarlo. El producto es enfriado a 4°C mediante la circulación de agua helada proveniente de los bancos de hielo. Estos intercambiadores de placa o enfriadores tienen un rendimiento de 20.000L/h para el caudal de leche y de 60.000L/h para el caudal de agua helada.

El agua helada es producida por un equipo asociado al proceso denominado “Banco de Hielo” el cual es un equipo de refrigeración. Existen 4 bancos de hielo y se utiliza uno por cada enfriador para enfriar la leche, esto se realiza recirculando el agua helada que éste produce hasta que la temperatura supera el límite de seguridad, suceso que determina el cambio de

banco de hielo por uno que se halle en reposo y tenga el agua a temperatura adecuada.

Las variables físicas involucradas en este proceso tales como presión y temperatura son inspeccionadas por el operador de planta y si existe un parámetro fuera de lo normal, el operador es el encargado de tomar las acciones de control que regulen las variables controladas.

2.4 ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA

Este proceso consiste en introducir el producto que sale del área de tratamiento a una temperatura de 4°C, dentro de los tanques termo para su almacenamiento y conservación. Existen 6 tanques termo denominados tanques termo 1, 2, 3, 4, silo y silo de pulverización, el producto puede ser conducido a cualquiera de los tanques dependiendo de los requerimientos de cada uno de los procesos de producción y es realizado con el accionamiento manual de las válvulas existentes en el recorrido. Los tanques son isotérmicos en acero inoxidable, con mirillas en la parte superior y manguera de nivel que indica la capacidad del tanque. Los tanques 1 y 2 tienen una capacidad de 8.000 litros, los tanques 3 y 4 de 12.000 litros, el tanque silo tiene una capacidad de 60.000 litros y el silo de pulverización de 30.000 litros. Debido a la dinámica del procedimiento que realizan los operarios de la zona de recibo del producto, a la infraestructura del sistema de tuberías, los tanques termo 3, 4, silo y silo de pulverización almacenan el producto recibido en el proceso; los tanques termo 1 y 2 se utilizan para almacenar temporalmente el requerido para ser pasteurizado. Estos tanques se encuentran ubicados en un segundo piso a una altura de 3.5 Mts con respecto al suelo y la extracción es por gravedad.

Los tanques termo 3, 4 y silo se encuentran a nivel del suelo y la extracción es realizada colocando una manguera sanitaria entre la línea de salida del tanque

y la bomba 4 de caudal 3,34 L/Seg. Esto con el fin de enviar el producto hacia los tanques termo 1 y 2 o de hacerlo recircular a través de los enfriadores para disminuir la temperatura a 4 °C en caso de que se halla aumentado cuando estuvo almacenado.

El producto que se requiera para ser pasteurizado proviene de los tanques 1 y 2, si se necesita mas de lo almacenado en estos tanques, se debe tomar el que se halla en los tanques 3,4 o silo, ya que la línea de proceso que lo transporta hacia pasteurización solo está conectada en los tanques 1 y 2.

Por ultimo existe un proceso llamado Reconversión el cual consiste en tomar leche pulverizada y hacerla nuevamente líquida mediante la adición de agua potable, una vez hecha líquida esta es bombeada por la bomba 4 hacia cualesquiera de los 2 enfriadores y luego hacia su almacenamiento.

3. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES INVOLUCRADAS EN EL PROCESO

3.1 VARIABLES POR PROCESO

El diseño que se plantea para Codegan Ltda. está contemplado desde el proceso de Recibo de leche hasta su Almacenamiento. Para poder realizar un diseño optimo se deben conocer las variables involucradas en todo el proceso para la correcta selección de los instrumentos que van a manipular dichas variables.

Las variables involucradas por proceso son:

➤ **Recibo de Leche**

- Flujo
- Nivel
- Accionamiento On/Off de Equipos Eléctricos

➤ **Manejo de Leche**

- Flujo
- Ph
- Densidad
- Accionamiento On/Off de Equipos Eléctricos
- Accionamiento On/Off de Válvulas

4. ESTÁNDAR DEL SISTEMA AUTOMÁTICO EN LA INDUSTRIA

19.1.1 LACTEA

Actualmente los sistemas automáticos ya se encuentran estandarizados en procesos industriales tales como alimenticios, automotrices, químicos, etc. Por este motivo se deben analizar los métodos generalizados que están siendo empleados a nivel mundial utilizando tecnología de vanguardia y que además cumplen con las normas y requerimientos de productos alimenticios para el caso de la industria láctea.

Uno de los métodos es el propuesto por Endress + Hauser, el cual nos muestra un estándar de recepción y almacenamiento de leche cruda con la instrumentación necesaria para la medición de las variables involucradas en la planta (la instrumentación se selecciona de acuerdo a las necesidades del diseño); además especifica las medidas de precaución que se deben tener con el producto y también los beneficios y características que poseen los medidores.

Éstas razones hacen que éste estándar represente una base fundamental al momento de seleccionar los instrumentos de medición debido a la confiabilidad que brinda la E+H en materia de la industria láctea.

4.1 RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LECHE

Aproximadamente 500 millones de toneladas de leche son producidas anualmente en el mundo. Muchas de estas, alrededor del 90% es leche de vaca, el resto proviene de oveja, cabra y búfalo.

La leche es recopilada desde productores o puntos de recolección local (Centros de Acopio) por carro tanques equipados con tanques de paredes especiales o isotérmicos para luego ser tratada antes de llegar al consumidor en una lechería convirtiéndose en un producto refinado.

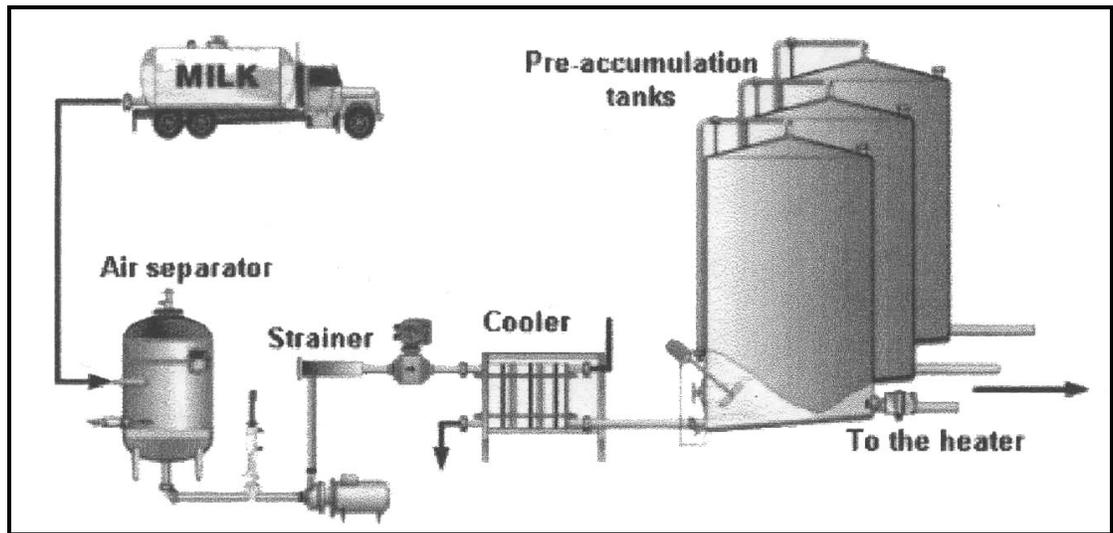
Con el fin de chequear la leche recolectada de infecciones o otras impurezas las medidas son tomadas por valores de pH, conductividad y temperatura en la entrada de la tubería hasta el tanque de la leche.

El vehículo está capacitado con un medidor de flujo electromagnético para registrar la cantidad de leche suministrada. En la lechería, los carro tanques llegan a un punto central de recolección, donde vehículos similares pueden ser descargados simultáneamente.

El proceso de recepción y almacenamiento de leche se puede observar en la figura

4.

Figura 4. Estándares de Recepción y Almacenamiento de Leche



Como primera medida, la leche es pasada del tanque al separador de aire. Un sensor de nivel en el separador de aire asegura que la consecuencia del bombeo sea incapaz de extraer aire. Si el nivel de llenado cayera de este Set-point, entonces se detiene el bombeo. La cantidad de leche bombeada en los tanques de acero es registrada usando un medidor de flujo electromagnético y luego grabada. En el proceso de recepción las medidas de temperatura, pH y conductividad de la entrega del producto son tomadas por razones de seguridad. Los sensores para estos parámetros están directamente en la tubería de recepción y son capaces de resistir limpiezas sobre ellos.

La facilidad para el almacenamiento de la leche cruda consiste en tener tanques verticales de doble pared, la capacidad está en los rangos de 25.000 a 250.000 litros. La capacidad de almacenamiento total está diseñada para ser alrededor de dos veces la cantidad de leche recibida durante la sesión de baja producción. Los niveles en los tanques son monitoreados usando mediciones de nivel hidrostático.

Un sensor de temperatura con Pt-100 monitorea la temperatura de la leche almacenada, normalmente manteniendo ligeramente por debajo de los 5°C.

Si el producto se calienta deliberadamente mas de 5°C entonces se le da paso a través del intercambiador de calor para refrigerarla. La leche además tiene una tendencia a formar espuma o crema a bajas temperaturas. Con el fin de prevenir esto, la leche se mantiene agitada. Este proceso de circulación debe ser llevado con gran cuidado, de otro modo los glóbulos de grasa de la leche pueden dañarse. El agitador no debe ser energizado hasta que este recubierto completamente por la leche. Un diapasón es empleado para el control del agitador. Un segundo diapasón proporciona una protección contra derrame. Si el llenado alcanza este limite, entonces la válvula de llenado es cerrada y el próximo tanque es llenado automáticamente. El enfriamiento previo entre el almacenamiento de la leche y el procesamiento minimiza el crecimiento de microorganismos.

4.2 CONTROL DE PRESIÓN EN TUBERÍAS

Tuberías de acero inoxidable para la calidad del producto alimentan procesos individuales dentro de la planta de la lechería. El producto es bombeado a través de tuberías equipadas con un largo número de válvulas y enrutado a través de intercambiadores de calor, filtros y otros procesamientos de planta como sea necesario. Con el objetivo de garantizar que el producto es transportado con cuidado, la velocidad de flujo dentro de las tuberías no debe exceder de 2.5m/s. Si se llega a superar esta velocidad, la fuerza mecánica

actuando sobre la leche podría ser perjudicial para el producto, debido a la fricción interna y la fricción entre el fluido y las paredes de la tubería.

Como la caída de presión en las tuberías y a través de las válvulas no son siempre constante, los dispositivos de control de presión necesitan ser instalados en el sistema de tuberías.

En general, el control de presión es llevado a cabo por el funcionamiento de la bomba a su velocidad de operación y determinando el set-point de presión. El sensor de presión detecta la actual presión de la bomba y pasa la información al controlador que compara el valor actual con el valor del set-point requerido. La salida del controlador maneja una válvula de control para estabilizar la presión.

4.3 MEDIDA AUTOMÁTICA DE PH DURANTE LA RECEPCIÓN

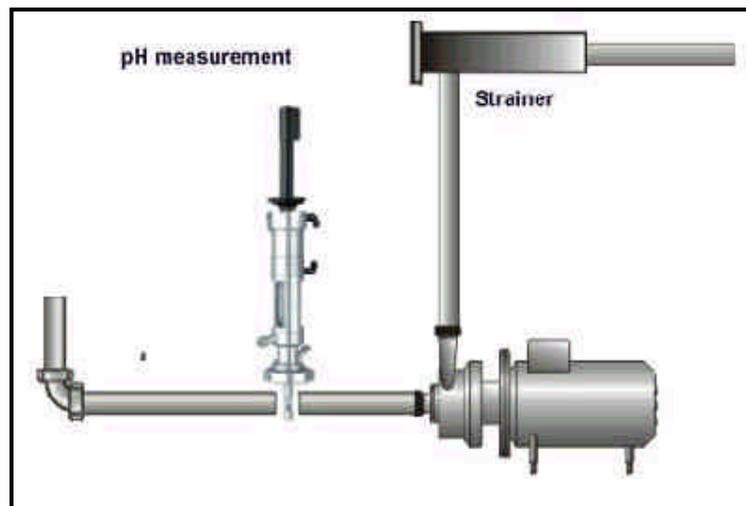
La leche es traída de las fincas o de los centros de acopio hacia la lechería para su procesamiento. Toda clase de recipientes han sido usados, y están en uso alrededor del mundo. Desde cantinas de 2-3 litros hasta tanques de enfriamiento en las fincas de miles de litros de leche.

Cuando las lecherías eran pequeñas, el recibo era confinado (limitado) hacia fincas cercanas. Los microorganismos en la leche podían mantenerse bajo control con un mínimo de refrigeración, ya que las distancias eran cortas y la leche era recogida a diario. Hoy el rumbo es hacia grandes unidades progresivas de lecherías. La demanda esta por incrementar la producción sin

reducción en la calidad del producto final. La leche debe ser traída de muy lejos, esto significa que la recolección de leche es generalmente indispensable. En estos días la recolección usualmente toma lugar cada nuevo día, pero el intervalo puede siempre ser de mínimo 3 o máximo 4 días.

Para obtener una alta calidad de leche es absolutamente necesario medir varios parámetros de calidad durante la recepción de leche. Uno de los mas importantes parámetros es el valor del pH, el cual usualmente está en el rango de 6,5-6,7. Debido al hecho de que hoy la mayoría de leche es entregada por camiones, un medidor automático de pH es absolutamente necesario durante la recepción, a continuación se mostrara en la figura 5 el esquema de este medidor de Ph.

Figura 5. Medidor de PH Automático



Para la medida del valor de pH un actuador automático con armadura tipo CPA 465 es usado para medir el valor en ciclo durante la recepción. Estos ciclos son necesarios para tomar de vuelta el electrodo de pH en un cuarto especial diseñado en forma de z, donde la limpieza, calibración y esterilización toma lugar automáticamente.

La armadura CPA 465 esta especialmente diseñada a partir del ultimo estándar higiénico de acuerdo a la 3-A y EHEDG (European Higienic Design Group). Todo el material usado para la armadura, como el alojamiento en acero inoxidable y la cubierta y el diseño especial de sellos son proveídos de acuerdo a la organización FDA (Food and Drug Administration). Por lo tanto es posible mover el electrodo de pH fuera de la tubería de recepción sin un rompimiento en el proceso de recibo. La armadura puede ser adoptada con varios procesos relevantes de alimentos conectados para montar en tuberías.

Estos sistemas automatizados manejan beneficios severos para cada lechería, tales

como:

- Ahorro de costos durante la recepción debido a la cantidad reducida de mediciones manuales de pH.
- Incrementa el tiempo de vida y precisión de la medida de pH y el sensor de pH, por la limpieza automática, esterilización y calibración de la medida.
- Seguridad higiénica de la medida de acuerdo a las varias certificaciones y aprobaciones de el EHEDG, 3-A y la Organización FDA, garantizando cero contaminación cuando la armadura esta en operación.

Como mencionamos antes la armadura de pH puede ser limpiada automáticamente, esto es debido al uso de un panel de operación llamado **Airtrol**. Este panel permite al control de armadura, limpiar, calibrar y esterilizar el electrodo de pH y programar los pasos de medición durante la recepción de la leche. Debido a la limpieza automatizada y los ciclos de calibración, el

tiempo de vida y precisión de la medida de pH es aumentada significativamente, por lo tanto menos electrodos de pH son necesitados en la lechería.

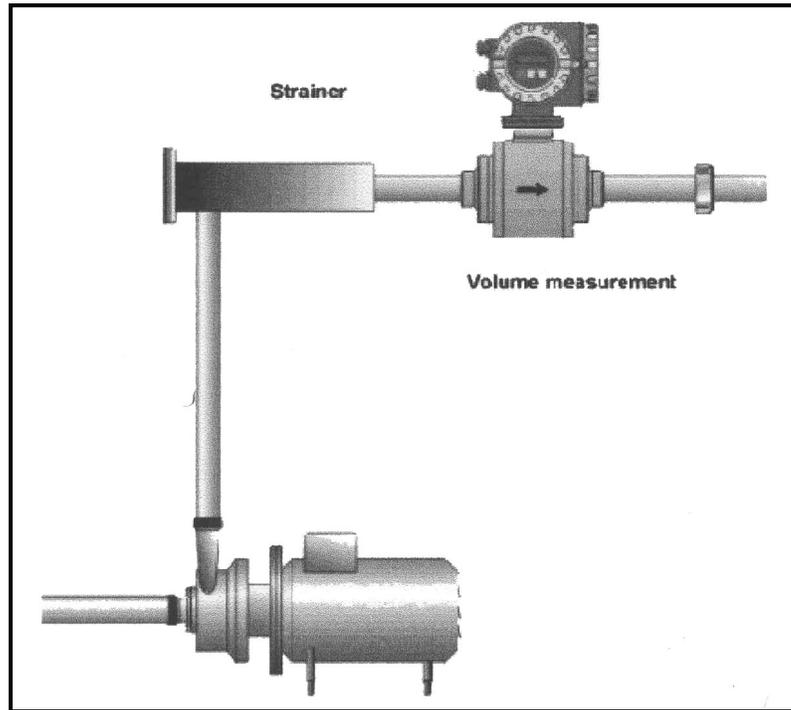
Sistemas automatizados como CPA 465 y Airtrol no solo son usados durante el proceso de recepción, también son usados en tanques de fermentación para la producción de yogurt, donde el valor de pH es reducido.

4.4 MEDICIÓN DEL VOLUMEN EN EL RECIBO DE LECHE CON EL MEDIDOR DE FLUJO ELECTROMAGNÉTICO

Carro tanques de leche llegan a la lechería manejando directo al pasillo de recibo, muchas veces es lo suficientemente grande para acomodar varios vehículos. La leche es medida por volumen o por peso. El método de medición por peso utiliza celdas de carga, las cuales registran la medida de la leche recibida. E+H utiliza el método de medición por volumen, el cual será descrito a continuación.

El método de medición por volumen utiliza un medidor de flujo electromagnético, el cual registra el aire en la leche así como también la leche, por estos los resultados no son siempre confiables. Por este motivo es importante prevenir la entrada de aire con el producto. La medida puede ser perfeccionada adecuando un eliminador de aire antes del medidor de flujo. Este proceso se puede observar en la figura 6.

Figura 6. Medidor de Flujo Electromagnético



Medidas de leche o otros líquidos en la lechería presenta sus propios requerimientos de configuraciones especiales. La higiene es un parámetro importante y las partes del medidor que pueden ser mojadas, deben ser manufacturadas con materiales apropiados que son lisos o planos y fáciles de limpiar. Muchos diseños se concentran en minimizar espacios muertos y el medidor ideal debe soportar limpieza en su sitio (CIP) a temperaturas sobre 150°C, por cualquier solución caliente CIP o SIP. Además no debe tener partes móviles, de esta forma el mantenimiento puede ser reducido. Todos estos puntos son cumplidos por el medidor de flujo electromagnético Promag H que fue especialmente diseñado para aplicaciones higiénicas en la lechería, cumpliendo con las descripciones y recomendaciones de la EHEDG y de la Organización FDA. El medidor ha sido desarrollado para arreglárselas con una variedad de aplicaciones de alta velocidad de ordenes del producto final en el área de llenado y la medición del volumen en la lechería, como en el área de recepción.

Puede ser instalado virtualmente en cualquier posición con un general requerimiento por solo 3-5 diámetros de tubo recto del medidor.

Entre los beneficios y características del medidor de flujo Promag H, tenemos los siguientes.

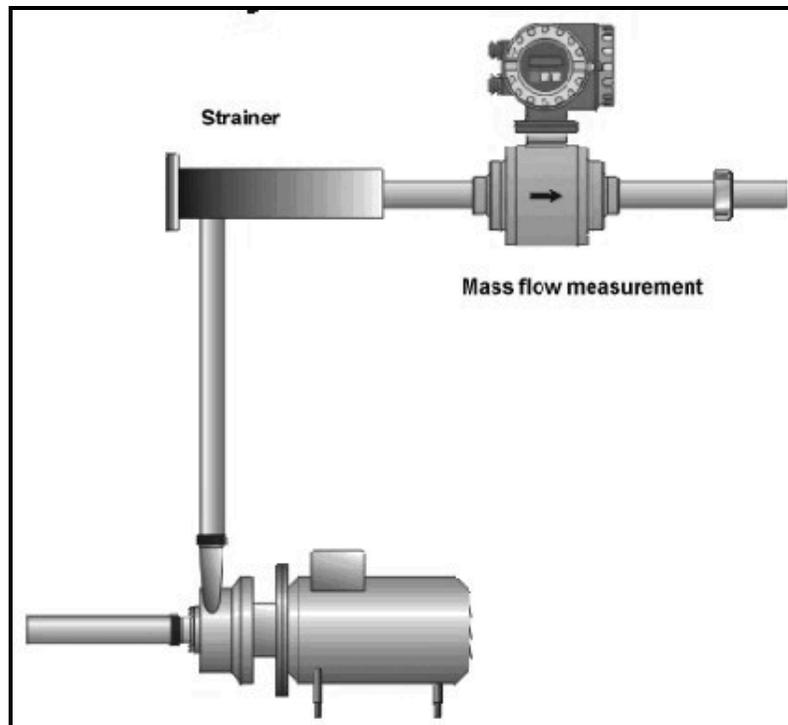
- Cumple con la norma higiénica DIN 11851
- Tri-clamp.
- Amplio rango de temperaturas de fluido: -20°C...+150°C y especificaciones de productos.
- Conductividad mínima necesaria: 5uS/cm
- Diseñado con aprobaciones y certificaciones de la FDA, 3-A y EHEDG.
- **Debido a las resistencia de sus partes internas contra la diferencia de temperatura (ciclos de temperatura ente 4°C y 150°C no tiene influencia negativa) hace posible que sea usado el Promag H en procesos con rápidos cambios en los ciclos de temperatura y como un resultado de estos cambios de temperatura limpia los choques.**

Si se viene un proceso higiénico y aséptico, Promag H es la opción correcta.

4.5 MEDIDA DEL FLUJO DE MASA Y DENSIDAD DEL RECIBO DE LECHE

Diferente a otras técnicas descritas, las cuales son medidores volumétricos, el medidor de flujo de masa Coriolis mide la tasa de flujo directamente en términos de masa, el cual se observa en la figura 7.

Figura 7. Medidor de Flujo de Masa Coriolis



El hecho que la salida del medidor de flujo de masa coriolis esta directamente relacionada con la masa, con indicadores en libras, kilogramos o toneladas, da al medidor una ventaja fundamental en homogenizaciones continuas y monitoreo de procesos, particularmente en situaciones donde el producto final tiene que ser vendido en un peso básico. También una medida de densidad es posible porque la

frecuencia de resonancia de los tubos dentro del medidor es directamente relacionada a la masa del liquido en los tubos. Estas mediciones son muchas veces usadas para controlar la calidad de un producto y también para ser monitoreadas, y por lo tanto, de un punto de medida es posible medir no solo la tasa del flujo de masa sino también la densidad y temperatura. Todas estas posibilidades hacen del medidor de flujo de masa coriolis un dispositivo de medida valioso en la lechería y la industria de alimentos.

El medidor de flujo de masa ofrece una alta precisión, no tiene requerimientos para longitudes de altos y bajas corrientes y es independiente de cambios en

las propiedades del fluido tales como viscosidad, densidad, temperatura, etc. Aunque sigue siendo visto como costoso comparado con medidores de tipo volumétrico, recientes tendencias tienen que mostrar que el medidor va a ser comparable en costo con algunos de las tradicionales técnicas, tales como el medidor de desplazamiento positivo.

Entre los beneficios y puntos de interés de este medidor tenemos:

- Medida directa de la rata de flujo de masa.
- Salidas posibles de densidad y temperatura.
- Medida del contenido de grasa durante la recepción.
- No requiere medidas rectas de longitud.
- Puede medir medios de viscosidad, mas entrada de sólidos.
- Debido su alta precisión en flujo de masa ($\pm 0,1\%$ del valor de la medida) y en densidad ($\pm 0,0012\text{Kg/dm}^3$) ordenando procedimientos y medidas de densidad pueden ser solucionadas en un manera precisa. Este conduce a un producto de alta y reproducible calidad.
- **Cumple con los requerimientos de la lechería y la industria de alimentos. Debido a que no hay lazos en los tubos, ellos pueden drenar hasta la última gota si es instalado verticalmente.**
- Todas las partes que pueden ser mojadas son hechas de EHEDG y FDA aprovechando materiales con procesos higiénicos y conexiones

disponibles en todos los estándares comunes. El sensor puede ser calentado si se requiere.

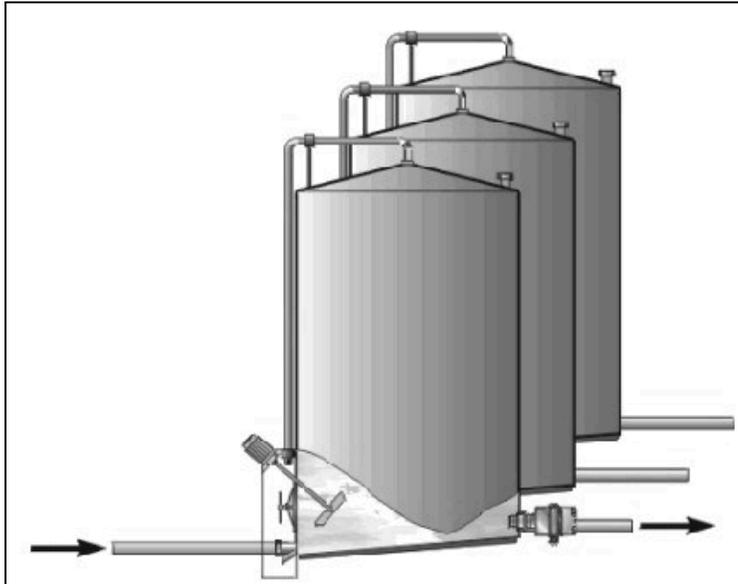
Además dentro de la lechería puede tener aplicaciones en áreas tales como:

- Estandarización de leche y crema.
- Cuantificación en línea de componentes frutales.
- Medida de densidad de leche en procesos de evaporación.
- **Medida de densidad y temperatura de fluido es con el objetivo de calcular otros parámetros tales como flujo volumétrico o contenido de sólidos.**

4.6 MEDIDA DE NIVEL EN TANQUES SILO

La leche no tratada (toda la leche) es almacenada en grandes tanques verticales (Tanques silo) que tienen capacidades de cerca de 25.000 litros hasta 150.000 litros. Normalmente, los rangos de las capacidades van desde 50.000 a 100.000 litros. Los tanques silo pequeños son frecuente mente localizados dentro, mientras que los grandes tanques son puestos afuera para reducir costos de edificación. Afuera los tanques silo son construidos con paredes dobles, con aislamiento entre paredes. El interior de los tanques es de acero inoxidable, pulido en el interior, y la pared exterior es usualmente de material soldado con lamina. Cada tanque de almacenamiento en la lechería tiene que ser monitoreado por el nivel, usualmente hecho con sensores de presión hidrostática, cada medida de presión hidrostática es representada por la cabeza del liquido en el tanque, estos sensores se pueden observar junto con los tanques en la figura 8.

Figura 8. Sensor de Presión Hidrostática Deltapilos S



El sensor de presión hidrostática Deltapilos S está especialmente diseñado para medidas continuas de nivel de líquidos en la industria alimenticia. Juntos, con el transmisor apropiado, ellos pueden ser usados para determinar nivel, volumen, presión diferencial, producto del peso y la densidad. EL Deltapilot S tiene varias características y beneficios, los cuales lo hacen el sensor ideal para la lechería tales como:

- Un nueva célula de medida “Contite” la cual es hermética y libre de condensación y es por lo tanto de alto respeto para el almacenamiento de tanques en la cervecería donde la condensación está siempre presente.
- Excelente linealidad (mejor que 0,2% del valor de medida) y un bajo coeficiente de temperatura (mejor que 0,1%/10K), necesarias para medidas con alta precisión, tales como medidas de nivel en tanques de almacenamiento.

- Toda clase de relevantes (aplicables) procesos alimenticios con conexiones y alojamiento (tales como hacer inoxidable) están disponibles.
- Diseñados de acuerdo a los nuevos estándares higiénicos proveídos por 3-A, FDA y EHEDG.
- Tiene una variedad de electrónica inteligente dentro, tales como INTENSOR, Protocolo HART o PROFIBUS PA, y puede por lo tanto ser implementado en casi todos los sistemas de automatización existentes y los nuevos.

5. SELECCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO

5.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Existen muchos tipos de entornos industriales, tales como la industria química, la industria farmacéutica, la industria de procesos de hidrocarburos, industria de gasoductos, la industria cosmética y la industria de los alimentos entre muchas otras.

Teniendo en cuenta que para escoger los instrumentos de medición de las variables físicas y químicas para automatizar los procesos, es importante conocer que tipo de industria es la cooperativa Codegan y que proveedores ofrecen los instrumentos apropiados para esta industria en particular.

La Cooperativa Codegan es una industria de lácteos y en la zona de recibo y almacenamiento, la leche es tratada para ser preservada mientras espera para ser pasteurizada, pulverizada o utilizada para elaborar un derivado. Para este fin se requieren instrumentos de tipo sanitario, especializados en lácteos, certificados por los organismos internacionales para la higiene, a saber, Administración de Alimentos y Drogas (FDA), Equipo de Grupo de Diseño Higienico Europeo(EHEDG) y 3-A Administración de estándar Sanitarios de Norteamérica.

Esencialmente estos instrumentos se deben seleccionar por las siguientes características:

- **Diseño Antiséptico.**
- **Aplicabilidad de limpieza en el lugar de la instalación (CIP) por sus siglas en ingles “Cleaning In Place”.**
- **Material robusto en Acero inoxidable para limpieza con soda cáustica.**
- **Protocolo de comunicación Profibus PA.**
- **Alta precisión en la medida.**
- **Medición sin contacto con el producto.**
- **Costo.**

Los instrumentos del fabricante Endress+Hauser (E+H) cumplen estas características mencionadas ya que este proveedor tiene una línea especializada para la industria lactea, y desarrollo los estándares para realizar la automatización en este tipo de industria.

De esta forma y partiendo del estándar para la industria lactea realizado por el fabricante, se analizó la zona de recibo y almacenamiento de la Cooperativa Codegan y se utilizaron los instrumentos de acuerdo a las necesidades de la planta que cubre este diseño.

5.2 INSTRUMENTOS SELECCIONADOS

5.2.1 Interruptor de flujo para líquidos

Este instrumento se utiliza para detectar la ausencia del producto en la tubería que interconecta a cada una de las tinas (1,2 y 3) con sus respectivas bombas, para la protección de las mismas de la absorción de aire.

El fabricante Endress+Hauser tiene dos tipos de interruptores para realizar la protección de las bombas y son los siguientes:

- Interruptor para líquidos T-Switch
- Interruptor conductivo FTW 360 para protección de bombas.

La tabla 1 ilustra las características principales de cada uno de estos para su selección.

20 Tabla 1. Características de los interruptores de flujo T-Switch y FTW 360

Instrumento	Conductividad del Líquido	Temperatura de operación	Temperatura max. de limpieza	Material
T-Switch	-	(-10 a +80 C)	100 C por 1/2 h	Acero Inox
FTW 360	10uS	(-20 a +100 C)	130 C por 1/2 h	Aluminio

Instrumento	Características eléctricas				Tipo	Consumo
	Relé		Alimentación	Time delay		
	Max A AC	Max V AC				
T-Switch	0.5 A	120 V	18...30v AC/DC	0.5...20s	Ind Lactea	<3W
FTW 360	6 A.	253 V	19...253v AC/DC	0.5...20s	General.	<3.5W

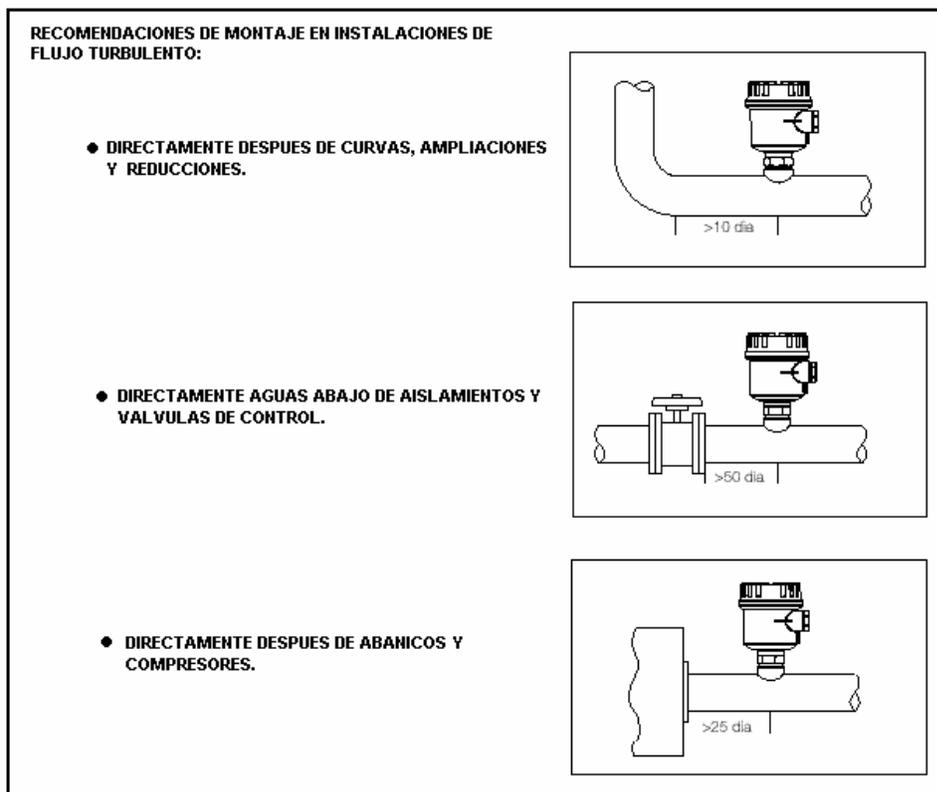
De la tabla 1 Podemos extraer que el interruptor T-Switch esta diseñado para operar sin que el fluido sea conductivo, además está construido específicamente para la industria lactea ya que su sistema de detección no es mecánico y su construcción es en acero inoxidable. Para más información acerca del instrumento diríjase al Anexo C de este documento.

Este instrumento brinda las siguientes características gracias a su construcción:

- Mecanismo simple para líquidos y gases.
- Amplio rango dinámico.
- Sin partes móviles, reducción de mantenimiento.
- Simple y puntual para instalar.
- Amplia selección de conexión de procesos.
- Incorpora un algoritmo FUZZY de control que permite un ajuste manual de la sensibilidad en la medición.

Los interruptores de flujo **t-switch** son ubicados como ilustra la figura 9.

Figura 9. Ubicación del instrumento T-Switch



5.2.2 Medidor de flujo másico

Los medidores de flujo másico son utilizados para determinar la densidad de la leche y la concentración de agua que pueda presentar durante el bombeo para su almacenamiento. Debe ser ubicado en posición vertical en la tubería y en el mismo sentido del flujo.

El fabricante Endress+Hauser tiene seis tipos de transmisores de flujo másico para ser conectados a cuatro tipos de sensores, a saber, tipo A, I, M, y F. La tabla 2 muestra las características de estos instrumentos para determinar el más adecuado para el diseño.

21 Tabla 2. Características de los instrumentos medidores de flujo másico

Transmisor	Sensor	Diámetro Nominal (DN)	Rango de medida Flujo masico (m)	Temperatura de operación	Alimentación	Consumo	Falla en fuente de alimentación	Material	Vibración permisible	Operación remota	Precisión del instrumento en la medida				variables que mide			
											Flujo masico	Volumen	Densidad	Temperatura				
Promass 40	Tipo E	8	0...2000Kg/h	(-20...+60 C)	85...260Vac 20...65 Vac	<15 W	si	Sanitario	10...150Hz	4...20mA HART	0.5%	0.7%	-	-	Volumen del Fluido Masa del Fluido.			
		15	0...6500Kg/h															
		25	0...18000Kg/h															
		40	0...45000Kg/h															
Promass 60	A	1.....4	0.....450Kg/h	(-50...+200 C)	85...260Vac 20...65 Vac	<15 W	si	Sanitario	10...150Hz	4...20mA HART	0.15%	0.25%	-	-	Volumen del Fluido Masa del Fluido.			
		8.....50	0...70000Kg/h															
		M	8.....80													0...180 Ton/h	(-50...+150 C)	16... Vdc
		F	8.....100													0...350 Ton/h		
Promass 63	A	1.....4	0.....450Kg/h	(-50...+200 C)	85...260Vac 20...65 Vac	<15 W	si	Sanitario	10...150Hz	4...20mA HART	0.10%	0.25%	-	-	Volumen del Fluido Masa del Fluido.			
		8.....50	0...70000Kg/h															
		M	8.....80													0...180 Ton/h	(-50...+150 C)	16... Vdc
		F	8.....100													0...350 Ton/h		
Promass 64	A	1.....4	0.....450Kg/h	(-50...+200 C)	85...260Vac 20...65 Vac	<15 W	si	Sanitario	10...150Hz	-	0.10%	0.25%	(+ - 0.02 g/cc)	0.5%	Volumen del fluido Masa del Fluido.			
		M	8.....80													0...180 Ton/h		
		F	8.....100													0...350 Ton/h		
Promass 80/83	A	1	0.....20Kg/h	(-50...+200 C)	85...260Vac 20...65 Vac	<15 W	si	Sanitario	10...150Hz	4...20mA HART	0.15% 80	0.25%	(+ - 0.02 g/cc)	0.5%	Volumen, Temperatura, Densidad y masa del fluido			
		4	0.....450Kg/h													16... Vdc	Profibus PA	0.10% 83
Promass 80/83	I	8	0...2000Kg/h	(-50...+150 C)	85...260Vac 20...65 Vac	<15 W	si	Sanitario	10...150Hz	4...20mA HART	0.20% 80	0.50%	(+ - 0.02 g/cc)	0.5%	Volumen, Temperatura, Densidad y masa del fluido Concentracion del fluido			
		15	0...6500Kg/h															
		25	0...18000Kg/h													16... Vdc		
		40	0...45000Kg/h															
Promass 80/83	M	8	0...2000Kg/h	(-50...+150 C)	85...260Vac 20...65 Vac	<15 W	si	Sanitario	10...150Hz	4...20mA HART	0.15% 80	0.25%	(+ - 0.02 g/cc)	0.5%	Volumen, Temperatura, Densidad y masa del fluido Concentracion del fluido			
		15	0...6500Kg/h															
		25	0...18000Kg/h													16... Vdc		
		40	0...45000Kg/h															
		50	0...70000Kg/h															
80	0...180000Kg/h																	
Promass 80/83	F	8	0...2000Kg/h	(-50...+200 C)	85...260Vac 20...65 Vac	<15 W	si	Sanitario	10...150Hz	4...20mA HART	0.15% 80	0.20% 80	(+ - 0.02 g/cc)	0.5%	Volumen, Temperatura, Densidad y masa del fluido Concentracion del fluido			
		15	0...6500Kg/h															
		25	0...18000Kg/h													16... Vdc		
		40	0...45000Kg/h															
		50	0...70000Kg/h															
80	0...180000Kg/h																	
Promass 80/83	F	100	0...350000Kg/h	(-50...+200 C)	85...260Vac 20...65 Vac	<15 W	si	Sanitario	10...150Hz	4...20mA HART	0.10% 83	0.15% 83	(+ - 0.02 g/cc)	0.5%	Densidad y masa del fluido Concentracion del fluido			
		50	0...70000Kg/h															

Para seleccionar correctamente el instrumento las características más importantes para su selección son: El rango de medida del instrumento, las variables de medición, la precisión y la operación remota.

El flujo másico mínimo que es bombeado por las tuberías de la zona de recibo y almacenamiento es de 10.290 Kg/h, se necesita medir temperatura, densidad y concentración de fluidos, el instrumento debe proporcionar una salida Profibus PA.

De la tabla 2 los instrumentos Promass 40 y 60 no cumplen con la operación remota y tampoco con las variables que mide. El instrumento Promass 63 no cumple con las variables a medir. El Promass 64 no cumple con el rango de medida del flujo másico y tampoco con la operación remota ya que esta diseñado para visualización en campo.

De los instrumentos Promass 80 y 83, el que está diseñado para realizar cálculos de la concentración de fluidos es la serie 83 y se debe equipar con un sensor tipo I con diámetro nominal DN25 para manejar un caudal de 18.000Kg/h. Este es el instrumento escogido porque cumple las características requeridas para el diseño. Para más información acerca del instrumento seleccionado diríjase al Anexo C de este documento.

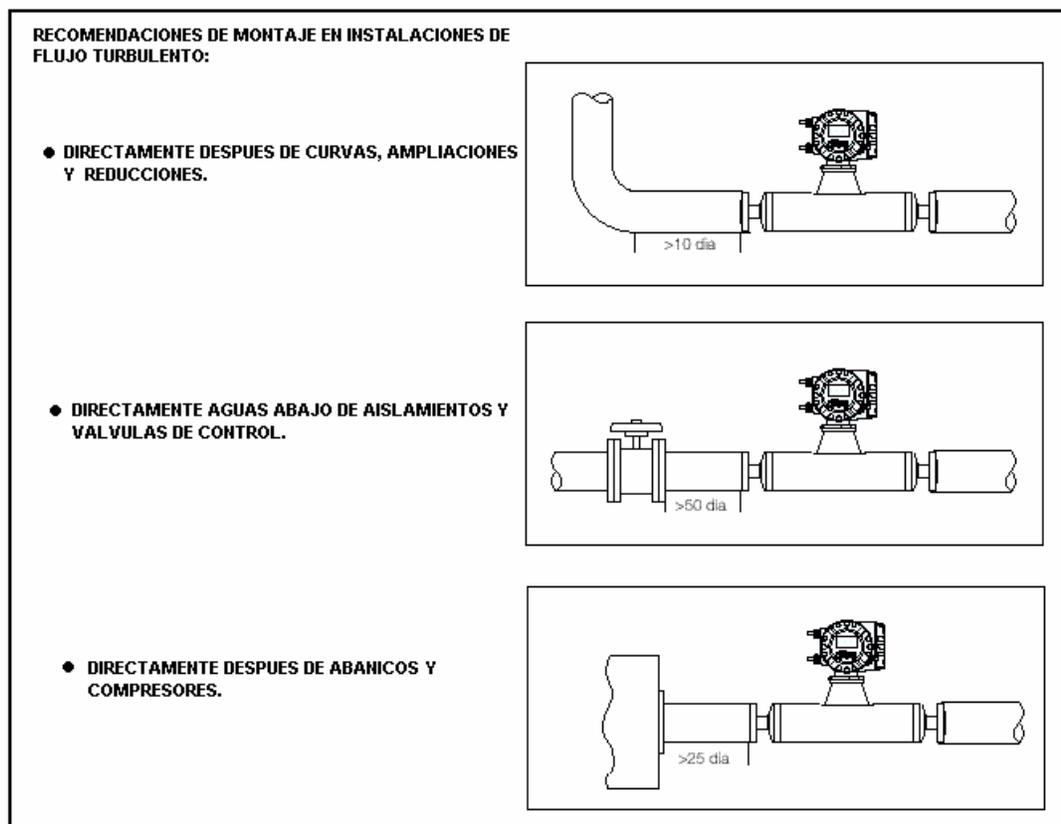
Este tipo de medidor presenta un sistema de tubo simple con medición derecha o recta, fácil de limpiar e higiénico. Presenta poca disminución de la fuerza de los fluidos, conveniente para aplicaciones en las cuales el fluido tiene que ser manipulado con el máximo cuidado posible sin reducción de la fuerza del fluido o en aplicaciones donde la pérdida de presión es importante.

Este instrumento presenta las siguientes características gracias a su construcción:

- Sistema balanceado de tubo simple.
- **Inmunidad a las altas vibraciones.**
- Diámetros Nominales DN 8...50.
- Diseño compacto, ocupa un espacio reducido.
- La medición es independiente de las propiedades del fluido.
- Diseño Higiénico en concordancia de las mas recientes normas.
- Calidad del producto garantizado, Convenientes para limpieza CIP/SIP.
- Construcción robusta (aluminio y acero inoxidable) protección IP 67
- Interfase para integración dentro de todos los mejores procesos de sistemas.
- Control: HART, PROFIBUS-PA/DP, foundation field bus.
- Aprobado por: ATEX, FM, CSA.
- Sistema de medición simultanea multifuncional de flujo (flujo másico y densidad).
- Menús de programación fácil para configurar directamente en el área de instalación.
- Puede configurarse para hacer calculo de una variable Ej. Concentración del Fluido.

Los medidores de flujo másico se instalan como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Ubicación del medidor de Flujo Promass 83 I



5.2.3 Medidor de nivel ultrasónico

Para llevar a cabo las mediciones de nivel es indispensable que el principio de medición del instrumento sea sin contacto, de esta manera se mantendrá libre de impurezas al producto cuando se instale el medidor.

Este instrumento será utilizado para la medición del nivel en las tinas receptoras del producto, con el cual obtendremos un nivel de espera para energizar las bombas que realizan la succión, además será utilizado en los tanques de almacenamiento de la leche cruda.

El fabricante Endress + Hauser proporciona seis tipos de instrumentos para realizar la medición sin contacto con el producto; las características a tener en cuenta para la selección del más adecuado se describen en la tabla 3.

En esta tabla se encuentran tres tipos de instrumentos útiles para la industria láctea o de tipo sanitario, son el Micropilot FMR 131 y el Micropilot M cuyo principio de medida es la emisión de pulsos de microondas; y el **Prosonic T FMU 130/131** que funciona con la emisión de pulsos ultrasónicos. Este último es el seleccionado, ya que no requiere que el producto sea conductivo, mientras que los otros dos requieren que el fluido tenga una constante de conductividad comprendida entre 4mS y 10ms, mientras que la leche tiene una constante de conductividad en el límite de este rango que es de 4mS lo que podría ocasionar lecturas erróneas en la medida. Otra característica que excluye al instrumento Micropilot FMR131 es su operación remota, debido a que no presenta comunicación vía Profibus-PA. Para más información acerca del instrumento seleccionado diríjase al Anexo C de este documento.

Se requiere que las sondas sensoras del instrumento Prosonic T sean la FMU 130 para la medición del nivel en las tinas receptoras del producto y en los tanques de almacenamiento horizontales, debido a que su alcance en aplicaciones para líquidos es hasta 5mts y la sonda FMU 131 para los tanques Silos ya que su alcance es hasta 8mts.

Tabla 3. Características de los instrumentos de medida de nivel sin contacto

Instrumento	Principio de medida	Precisión	Aplicacion	Rango de medida	Rango de Medida Temp	Alimentacion	Frecuencia de operación	Operación remota	Blocking distance	Conductividad del producto	Tipo
Micropilot FMR 130	Medición con pulsos de microondas	(+ - 5mm)	Medicion en Tanques con By-pass de la tuberia.	0.....18m	(-20..+70 C)	38.....58Vac 90.....138Vac 184.....250Vac 18.....30Vdc	5.8...6.3 Ghz	4...20mA Rs-485 (Op)	-	>1.4mS/cm	Uso Industrial
Micropilot FMR 130/10	Medición con pulsos de microondas	(+ - 2mm)	Medicion directa en Tanques.	0.....20m Clase D	(-40..+150 C)	38.....58Vac 90.....138Vac 184.....250Vac 18.....30Vdc	5.8...6.3 Ghz	4...20mA Rs-485 (Op)	-	>10mS/cm	Uso Industrial
Micropilot FMR 131	Medición con pulsos de microondas	(+ - 10mm) Clase C/D	Medicion directa en Tanques.	0.....10m Clase C 0.....15m Clase D	(-40..+150 C)	38.....58Vac 90.....138Vac 184.....250Vac 18.....30Vdc	5.8...6.3 Ghz	4...20mA Rs-485 (Op)	-	4...10ms Clase C >10mS/cm Clase D	Uso Sanitario
Micropilot M	Medición con pulsos de microondas	(+ - 10mm)	Medicion directa en Tanques.	0.....5m Clase C 0.....7m Clase D	(-40..+80 C)	38.....58Vac 90.....138Vac 184.....250Vac 18.....30Vdc	6...26 Ghz	4...20mA Profibus PA FFB	5.08 cm	4...10ms Clase C >10mS/cm Clase D	Uso Sanitario
Sensores FDU 80/80F	Medición con pulsos de Ultrasonido	-	Medicion directa en Tanques.	0.....5m	(-40..+60 C)	-	58 Khz	-	0.3m	-	Uso Industrial
FDU 81/81F				0...10m	(-40..+95 C)		44Khz		0.5m		
FDU 82				0...20m	(-40..+60 C)		29Khz		0.8m		
FDU 83				0.....>25	(-40..+80 C)		30Khz		1.0m		
Transmisor Prosonic P FMU 801	-	0.2%	-	-	-	19...26Vac 38...55Vac 90...132Vac 180...253Vac 20...30Vac	-	4...20mA Rs-485 (Op)	-	-	Uso Industrial
Prosonic T FMU 130 FMU 131 FMU 230 FMU 231	Medición con pulsos de Ultrasonido	0.25%	Medicion directa en Tanques.	0.25...5m 0.4...8m 0.25...5m 0.4...8m	(-40..+80 C)	180...250Vac 90...127Vac 18...36Vdc 12...36Vdc	70Khz 50Khz 70Khz 50Khz	Profibus PA Profibus PA 4...20mA 4...20mA	0.25m	-	uso Sanitario

Este instrumento presenta las siguientes características y beneficios:

- Conexión de hilos desde G 1^{1/2} o 1^{1/2} NPT o pestaña 4" o DN 100.
- Carcaza totalmente rotativa.
- Visualizador de LEDs visibles a través de la carcasa para un monitoreo rápido del estado operacional.

EL instrumento quedara ubicado en las tinas como se muestra en la figura 11, y en los tanques de almacenamiento como se muestra en la figura 12.

Figura 11. Ubicación del medidor de nivel Prosonic T FMU 130 en las tinas receptoras

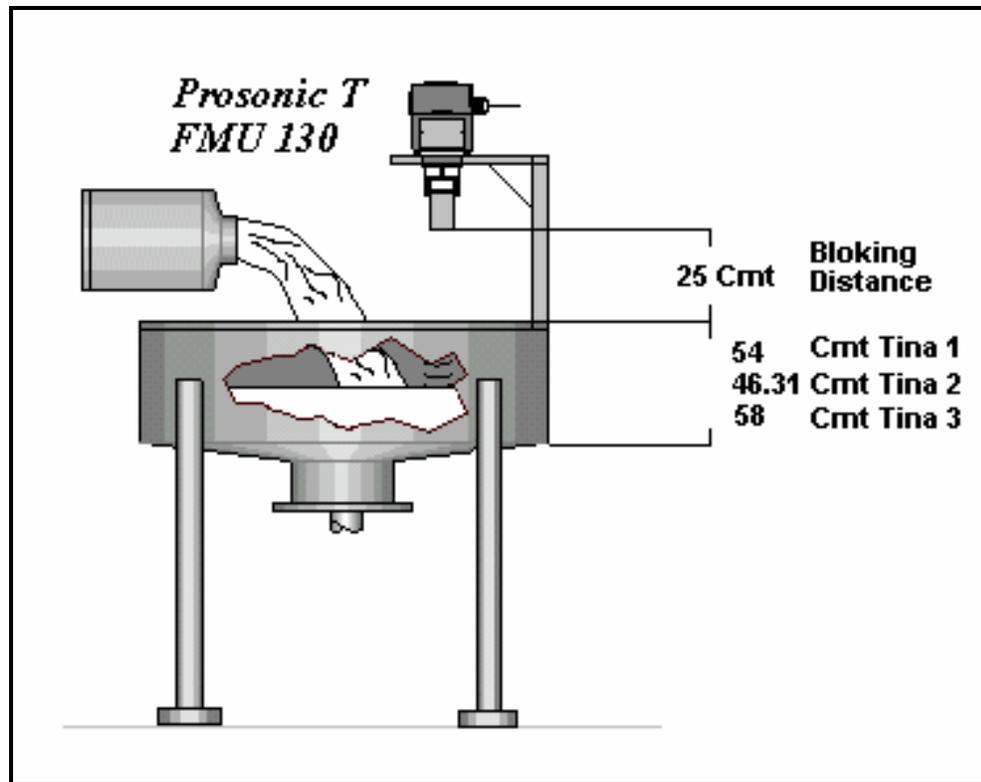
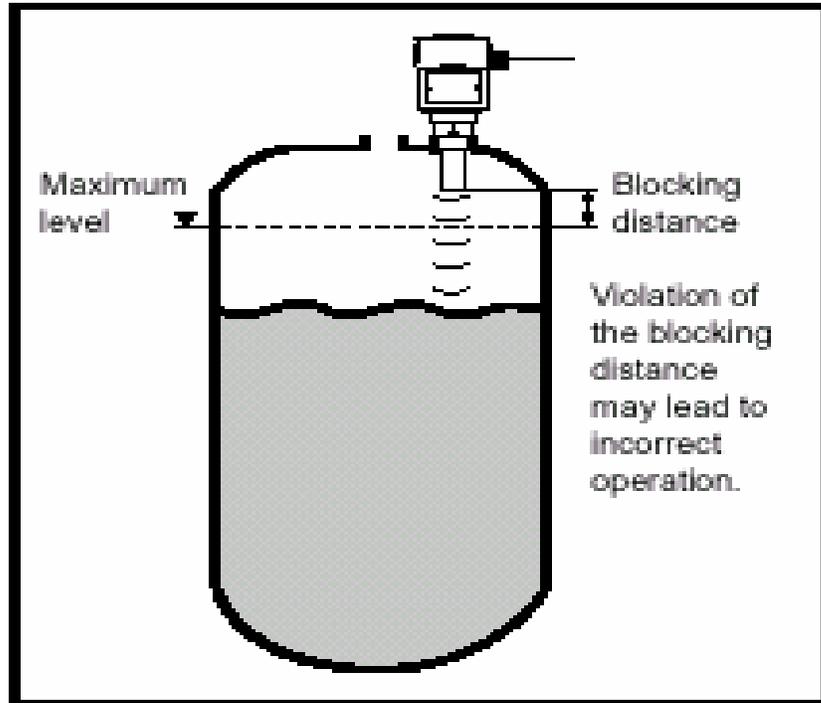


Figura 12. Ubicación del medidor de nivel Prosonic T FMU 131 en tanques de almacenamiento



5.2.4 Medidor de temperatura

Para la medición de la temperatura en los tanques y en las líneas de proceso se requiere de un termómetro que sea para procesos alimenticios y de tipo sanitario esencialmente para la industria láctea.

El criterio de selección de este instrumento depende del principio de medición que posea. La tabla 4 ilustra una comparación de las características que diferencian los sensores de temperatura basados en RTD o en Termocupla.

Tabla 4. Características de los medidores basados en RTD o en Termocupla

CARACTERÍSTICAS	RTD	TERMOCUPLA
Rango nominal	-200 a +850 ⁰ C	-250 a +2200 ⁰ C

Rango de operación Industrial.	-200 a +600 ⁰ C	-200 a +1400 ⁰ C
Precisión	ALTA	MEDIA
Linealidad	BUENA	REGULAR
Repeteabilidad	MUY BUENA	REGULAR
Sensibilidad de la señal	MEDIA	BAJA
Zona sensible	AREA	PUNTUAL
Estabilidad a largo Tiempo	BUENA	REGULAR
Respuesta en el tiempo	MEDIA	MEDIA A ALTA
Efecto Conductivo	MEDIA Se requieren 3 o 4 conductores de cobre para compensar la conductividad de los cables	ALTO Se requieren 2 alambres especiales para una baja transmisión del nivel de la señal.
Calentamiento propio	MUY BAJO	--
Ínter cambiabilidad	MUY BUENA	BUENA

De la tabla 4 extraemos los datos importantes como lo son: El rango de aplicación industrial, la precisión, la linealidad, la zona sensible, la estabilidad a largo tiempo, la respuesta en el tiempo y la ínter cambiabilidad. Estos datos sugieren que se escoja un sensor basado en RTD.

El fabricante Endress+Hauser tiene una amplia línea de sensores basados en RTD con aplicaciones específicas, de esta forma se escoge el termómetro **RTD OMNIGRAD TST 14** porque está diseñado para la industria láctea y de alimentos.

Este instrumento posee un rango de medida de -50 a $+400^{\circ}$ C lo cual sirve para la medición de la temperatura a monitorear cuyo rango va desde 0 a $+5^{\circ}$ C.

Este instrumento está especialmente diseñado para aplicaciones en áreas donde se presentan ambientes esterilizados y donde son necesarias conexiones específicas. El instrumento estará ubicado en la parte inferior de los tanques de almacenamiento a una distancia con respecto al fondo del tanque de 15 cm, lo cual se puede observar en las figuras 13 y 14. Además este instrumento está diseñado para comunicación via Profibus PA. Para más información acerca del instrumento seleccionado diríjase al Anexo C de este documento.

21.1

21.2 *Figura 13. Medidor RTD OMNIGRAD TST 14 en los tanques Horizontales*

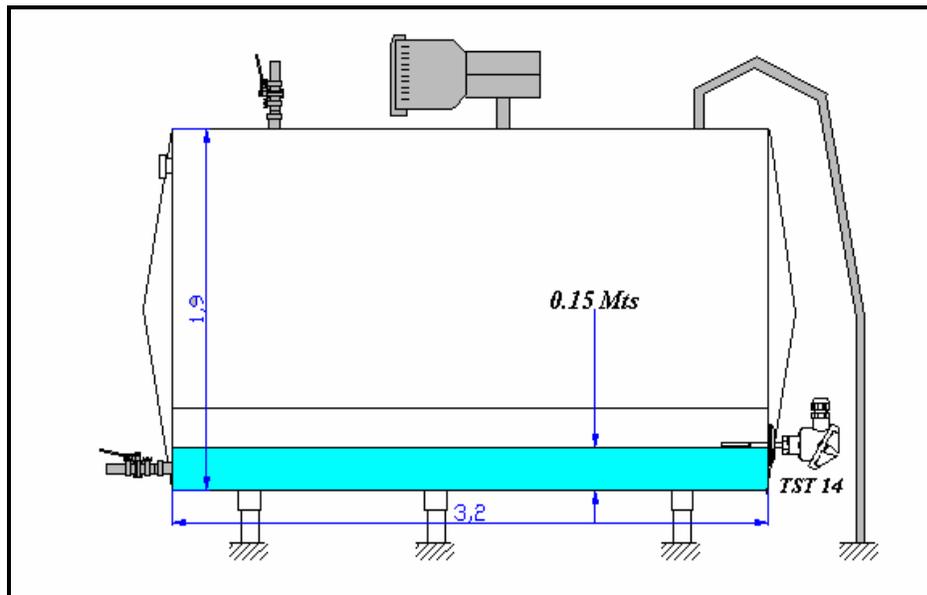
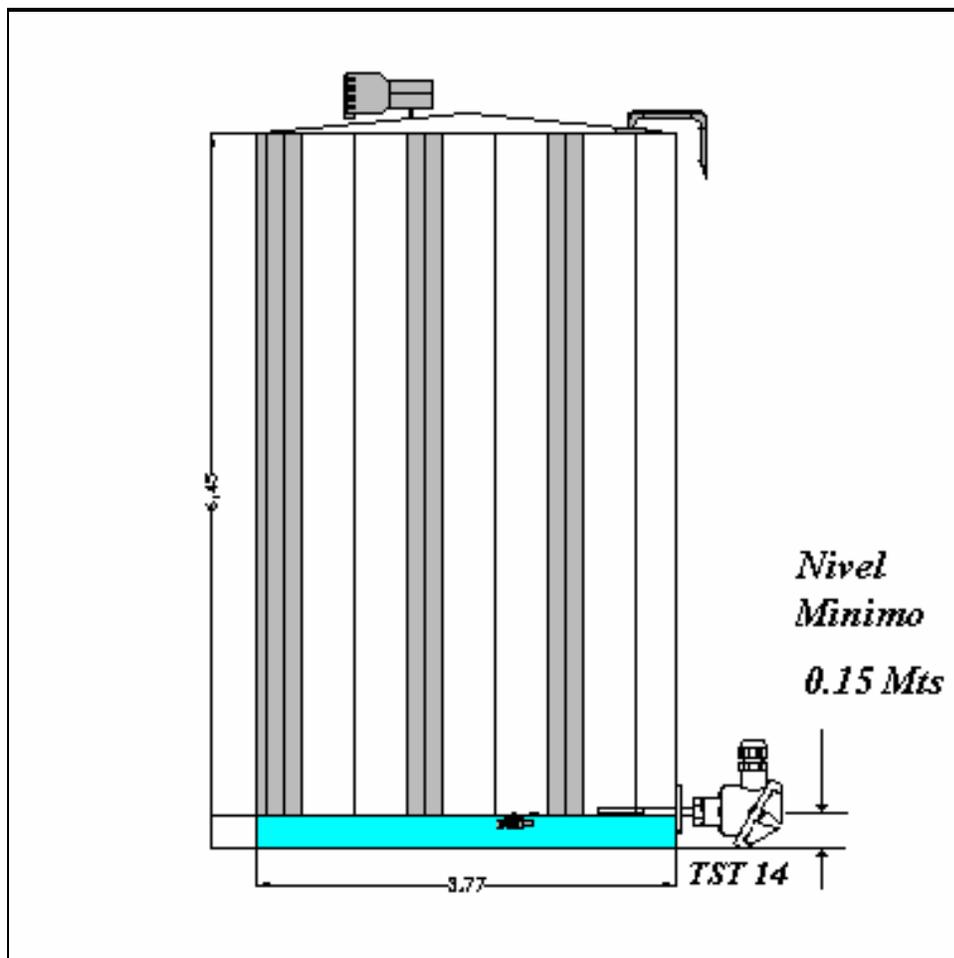


Figura 14. Medidor RTD OMNIGRAD TST 14 en los tanques verticales



5.2.5 Medidor de Ph.

Para la medición del valor de PH se debe escoger la sonda sensora inicialmente. El fabricante ofrece los electrodos CPS 11 y CPS 41 para muchas aplicaciones como se encuentra en la tabla 5.

Tabla 5. Aplicaciones de las sondas sensoras para medición de Ph

APLICACIÓN	SENSOR	ENCAPSULADO RECOMENDADO
------------	--------	-------------------------

Estaciones Receptoras de leche	CPS 11	Vaso Estándar Ph
Producción de proteínas	“	Vaso esterilizable Ph
Producción de mermeladas	“	Vaso para proceso Ph
Industria del chocolate	“	Vaso esterilizable Ph
Cervecerías	CPS 41	Vaso esterilizable Ph
Mantequilla y yogurt	“	Vaso esterilizable Ph
Almidón y producción de proteínas	“	Vaso para proceso Ph
Industria del azúcar	“	Vaso para proceso Ph
Producción de antibióticos	“	Vaso esterilizable Ph
Producción de aminoácidos	“	Vaso esterilizable Ph
Producción de insulina.	“	Vaso esterilizable Ph

La tabla 5 claramente indica el electrodo requerido para aplicaciones en estaciones receptoras de leche. Este tipo de electrodo presenta un rango de medida desde 0 a 14 valor de Ph, esta diseñado para trabajar con temperaturas comprendidas entre -15 a $+130^{\circ}\text{C}$, además se consigue con un sensor de temperatura integrado Pt-100 para compensación de la medida.

El fabricante provee cuatro tipos de transmisores para ser acoplados a la sonda sensora CPS 11 escogida anteriormente, las características de estos transmisores se encuentran en la tabla 6.

Transmisor	Aplicacion	Comunicación remota	Rango de medida Ph	Rango de medida Temperatura	Desviacion de la medida Ph	Desviacion de la medida Temp.
Liquisis CPM 221	Aguas residuales Descontaminación y tratamiento de aguas	0/4...20mA	0....14	-	0.75% del rango	(+ - 0.1 C)
Liquisis CPM 252	Aguas Cloacales Residuos de electroplateado Monitorea de aguas y tratamiento	0/4...20mA	0....14	-	0.75% del rango	-
Liquisis CPM 223/253	Tratamiento de aguas Neutralización Electroplateado	Hart Profibus PA	0....14	(-20 a +150 C)	0.75% del rango	(+ - 0.1 C)
Mycom CPM 152	Industria quimica Industria alimenticia Industria farmaceutica Tratamiento de aguas	Hart Profibus PA	(-2 a +16)	(-20 a +150 C)	0.2% del rango	(+ - 0.1 C)

Tabla 6. Características de los transmisores de valor de Ph

Se utilizará el Transmisor **Mycom CPM 152** mas ensamblaje **CPA 450** mas sonda sensora **CPS 11** y cable de medición **COK 7**. Se escoge este medidor ya que presenta una precisión más alta que sus otros similares y además está diseñado para la industria de alimentos. Este sistema de medición es utilizado para tener una lectura continua del valor de pH del producto que se está almacenando.

Este tipo de medidor es frecuentemente utilizado en procesos industriales tales como:

- Industria química.
- Industria alimenticia.
- Industria farmaceutica.
- Tratamientos de Aguas.
- Monitoreo de Aguas.

Este medidor presenta las siguientes características y beneficios:

- Transmisor de medida en campo o colocado en panel.
- Aplicaciones Universales, valor de PH y mediciones ORP (mV o %) vía software
- Manipulaciones Simples, Estructura del menú lógicamente acondicionada con texto plano en 6 lenguas.

- Extensa visualización en 2 líneas indicadoras del valor de medida y temperatura al mismo tiempo.
- Ultrasimple calibración.

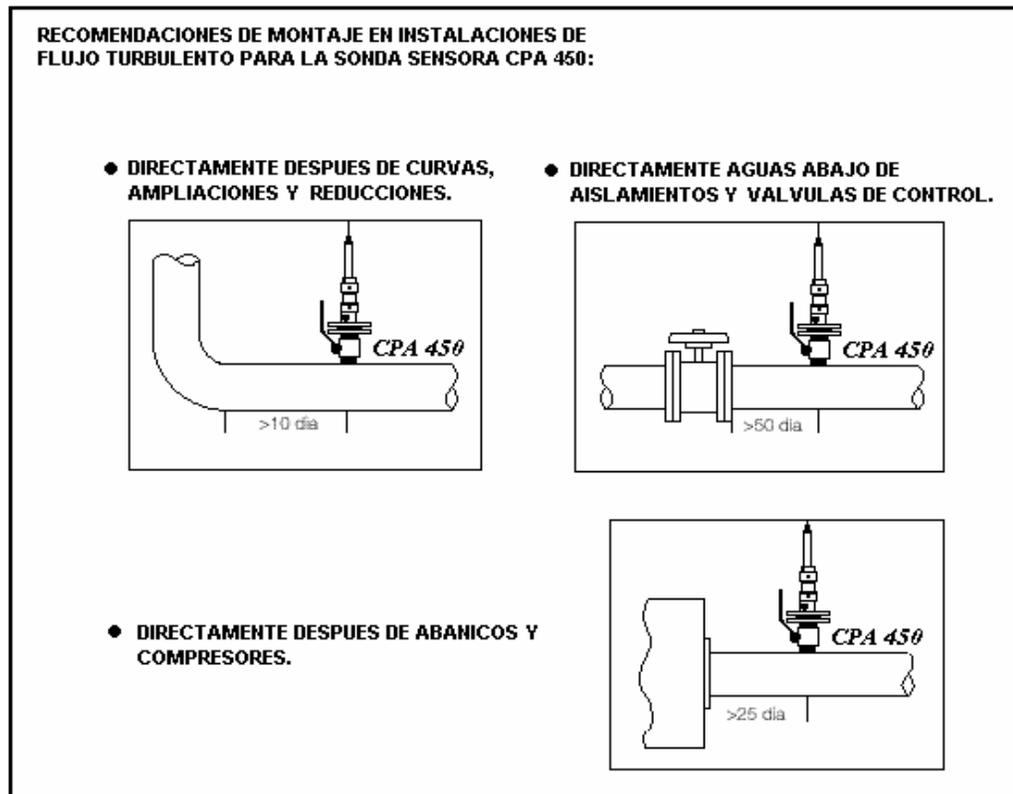
Operación segura:

- Protección indicadora de sobre voltaje de acuerdo a la norma EN 61000-4-5.
- Acceso directo para control manual.
- Inspección de la viabilidad de la calibración.
- Configuración de alarma definidos por el usuario para alarmas por contacto y errores.

El transmisor **Mycom CPM 152** va colocado en campo o en tablero con acceso al operador, la sonda sensora **CPS 11** va colocada en la línea de flujo en posición vertical junto con el ensamblaje **CPA 450** que la soporta. El cable **CPK 7** comunica a la sonda sensora con el transmisor. Para más información acerca del instrumento seleccionado diríjase al Anexo C de este documento.

La figura 15 muestra la instalación de los componentes en campo.

Figura 15. Conexión de la sonda sensora CPS 11 del medidor de pH Mycom CPM 152



5.2.6 Medidor de presión

Para llevar a cabo la medida de presión en las tuberías de los procesos tanto para la tubería que transporta agua y para la que transporta la leche en los intercambiadores de calor o enfriadores, se necesita un transductor de presión manométrica y uno de presión diferencial respectivamente. La tabla 7 muestra las características de los tipos de medidores que el fabricante ofrece para su selección.

Tabla 7. Características de los transductores de Presión manométrica y diferencial

Transmisor	Sensor	Rango de medida	precisión	Temperatura de operación	Comunicación remota	Material de la carcaza	Aplicación	Tipo de sensor	Variable medida	
Cerabar M	PMC 41	0.15...600psi	0.2%	(-40 a +100 C)	4...20mA	Polyester	Prop. Gen.	Ceramico	Presión absoluta o manometrica	
	PMC 45	0.15...600psi		(-40 a +125 C)	HART	Acero Inox	Higienico	Ceramico Alta pureza		
	PMP 41	1.5...6000psi		(-40 a +100 C)	Profibus PA	Polyester	Prop. Gen.	Metalico		
	PMP 45	1.5...6000psi		(-40 a +125 C)		Acero Inox	Higienico	Metalico		
Cerabar S	PMC 631	0.3...580 psi	0.2%	(-40 a +100 C)	4...20mA	Polyester	Prop. Gen.	Ceramico	Presión absoluta o manometrica	
	PMP 635	1.4...5800psi			HART			Metalico		
	PMC 731	0.3...580 psi			Profibus PA			Ceramico		
	PMP 731	1.4...5800psi						Metalico		
Cerabar T	PMC 131	0...580psi	0.5%	(-50 a + 125 C)	4...20mA	aluminio	Prop. Gen.	Ceramico	Presión absoluta o manometrica	
	PMP 131	0...6000psi	0.5%	(-25 a + 75 C)	4...20mA	aluminio	Prop. Gen.	Metalico		
Deltabar S	PMD 230	0.4...43psi	0.1%	(-40 a + 85 C)	4...20mA	aluminio	Med.Nivel P diff	Ceramico	Presión Diferencial	
	PMD 235	0.15...580psi		(-40 a + 120 C)				aluminio		Metalico
	FMD 230	0.4...43psi		(-40 a + 85 C)				Polyester		Ceramico
	FMD 630	0.15...580psi		(-40 a + 350 C)				Polyester		Metalico
	FMD 633	0.15...580psi		(-40 a + 350 C)				Acero Inox		Metalico

El rango de la presión diferencial en el enfriador es de 45Psi en la entrada y de 12Psi a la salida en la línea del producto. Para el caso de la línea de agua la presión manométrica de salida es de 9Psi. Es indispensable que los transductores sean de tipo higiénico en acero inoxidable. De la tabla 7 se escogen el transductor de presión manométrica Cerabar M PMC 45 y el transductor de presión diferencial Deltabar S FMD 633. Este instrumento detecta las variaciones de presión presentes en la salida de los enfriadores y de los filtros de la planta.

Los medidores de presión manométrica y diferencial se conectan como lo indican las figuras 16 y 17 respectivamente.

Figura 16. Medidor de presión Cerabar M PMC 45

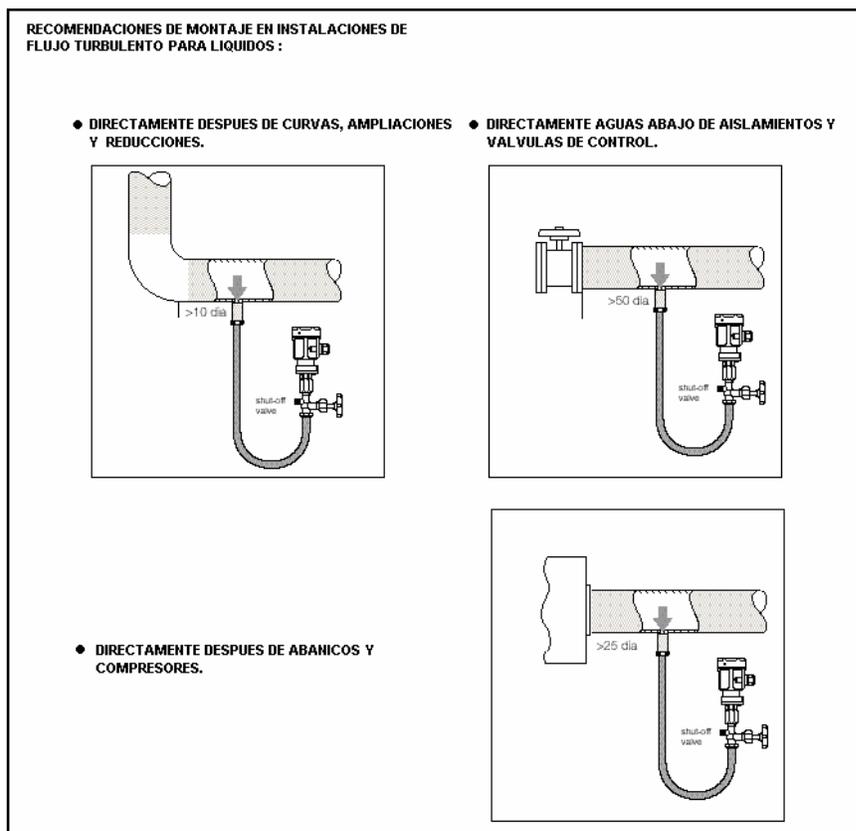
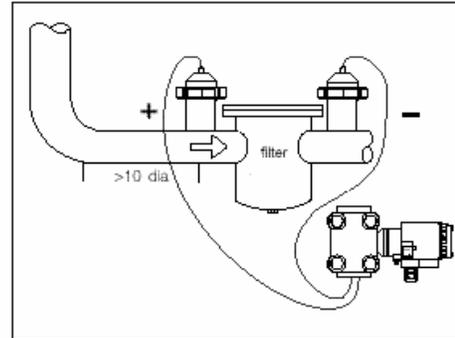


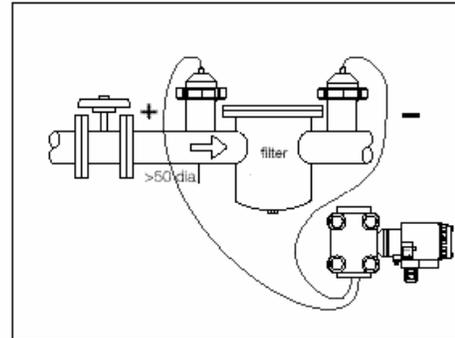
Figura 17. Medidor de presión Deltabar S FMD 633

RECOMENDACIONES DE MONTAJE EN INSTALACIONES DE FLUJO TURBULENTO:

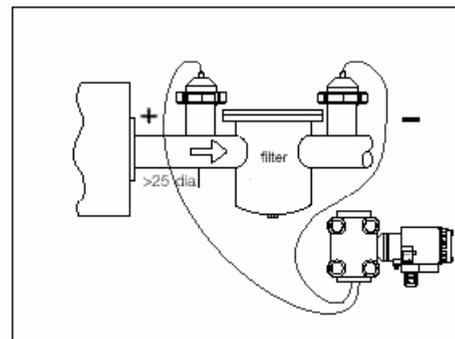
- **DIRECTAMENTE DESPUES DE CURVAS, AMPLIACIONES Y REDUCCIONES.**



- **DIRECTAMENTE ABAJO DE AISLAMIENTOS Y VALVULAS DE CONTROL.**



- **DIRECTAMENTE DESPUES DE ABANICOS Y COMPRESORES.**

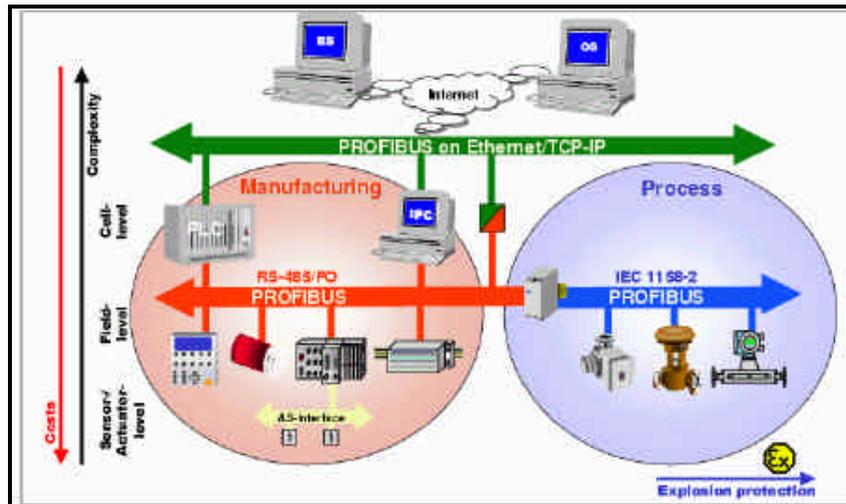


5.3 PROFIBUS (PROCESS FIELD BUS)

El PROFIBUS es el bus de campo con más éxito, el cual se utiliza en una gran gama de aplicaciones. Esta tecnología ya frecuentemente sometida

a pruebas, se ha acreditado en muchos campos, como son la automatización de producción y procesos.

21.3 Figura 18. Esquema general de Profibus



Los principales puntos de descripción del bus son:

- Modelo OSI que se aplica a los buses de campo.
- Topología y arquitectura de un bus de campo.
- Componentes.
- Instalación y cableado.
- Datos de transmisión.
- Tramas de datos.
- Opciones de interconexión con otros sistemas.

Profibus es un bus industrial abierto, este es un bus que define todas las características de una red de comunicación serie industrial. Se utiliza

como medio de intercambio de información y dispositivos distribuidos en campo. En síntesis el uso más habitual de Profibus es a la hora de interconectar distintos dispositivos de distintos fabricantes sin unas especiales exigencias, pudiendo ser utilizado para aplicaciones donde el tiempo del bus sea crítico y con complejos objetivos de comunicación.

Las características principales de Profibus son las siguientes:

- Comunicación abierta. Profibus está controlado por un comité de estandarización, por lo tanto permite la comunicación entre equipos de diferentes marcas sin la necesidad de una pasarela de protocolo.
- Transmisión digital. La comunicación bidireccional entre sistemas de control de procesos y dispositivos de campo es soportada a través de par trenzado, de forma habitual.
- Exactitud, gracias al reconocimiento de comandos y mensajes, Profibus es un sistema de comunicación altamente seguro puesto que los mensajes defectuosos son repetidos hasta que la confirmación de recepción es enviada.
- Multi-funcional, Profibus se adapta a todas las tareas de automatización, permitiendo el intercambio de datos entre controladores como entre elementos de campo.

- Capacidad de diagnóstico. El estándar Profibus define múltiples formas de diagnósticos entre el sistema de control de procesos y los dispositivos de campo.
- Expansión del sistema. Un equipo adicional puede ser incorporado en cualquier momento al bus sin necesidad de reformar la estructura existente, incluso sin enturbiar la comunicación existente.
- Bajo costo. Reduce cableado y simplifica en consecuencia los planos.

Los tres perfiles compatibles que ofrece Profibus son:

- Profibus-DP (Periféricos descentralizados). Diseñado para la comunicación entre sistemas de control automático y entradas y salidas distribuidas o remotas en campo. Ofrece la funcionalidad de intercambiar datos de forma rápida y cíclica. Su principal ventaja es que es plug and play, en cuanto a que se permite la identificación de los dispositivos.
- Profibus-PA (Automatización de procesos). Permite que tanto sensores como actuadores sean conectados en una línea de bus. Su aplicación está definida en procesos situados en áreas de seguridad intrínseca, denominadas Ex, y está regido según el estándar internacional IEC 1158-2. especialmente indicado para las actividades petroleras, químicas y alimenticias.

- Profibus-FMS (Especificación de los mensajes en el bus de campo). Se trata de una serie de tareas de comunicación, de propósito general, en el nivel de comunicaciones de célula. Es el más alto nivel de PROFIBUS y permite la coordinación de gran cantidad de aplicaciones de comunicación: buses de ordenadores industriales, robots. En FMS se realiza la comunicación entre los dispositivos principales.

5.3.1 Profibus-DP

El Profibus DP es el más utilizado en la interconexión de los posibles perfiles Profibus. Está optimizado en velocidad, eficiencia y bajo costo de conexión, orientado especialmente para la comunicación entre sistemas automáticos y los periféricos distribuidos en el nivel de campo.

El intercambio de datos es principalmente cíclico, utilizándose determinadas funciones de comunicación. Profibus DP también ofrece servicio en comunicaciones acíclicas más complejas para la parametrización, la monitorización y el manejo de alarmas en los dispositivos de campos inteligentes.

Como funciones básicas del bus de campo Profibus DP encontramos el controlador central o también maestro, el cual cíclicamente lee la información de las entradas de los esclavos y acíclicamente actualiza la información de salida de los esclavos. El tiempo de ciclo del bus debe ser

menor que el tiempo de ciclo programa del sistema central de automatización. A parte de la transmisión cíclica de datos de los esclavos, Profibus DP proporciona otras poderosas funciones para el diagnóstico y para poner en servicio activo los dispositivos, dentro de éstas, son de gran importancia las de acceso al bus, comunicación, estados de operación, sincronización, funciones de protección y tipos de dispositivos.

Las características generales del Profibus DP son de gran importancia de las cuales se pueden destacar las siguientes:

- Velocidad. Profibus DP requiere sólo de 1 ms a 12 Mbit/s para transmitir 512 bits de datos de entrada y 512 bits de datos de salida entre 32 estaciones distribuidas. En Profibus DP los datos de E/S son transmitidos usando el servicio de SRD de la capa dos.
- Diagnóstico de funciones. Las extensas funciones de diagnóstico posibilitan una rápida localización de errores. Los mensajes de diagnóstico son transmitidos en el bus y recopilados por el maestro.

Profibus DP proporciona seguridad y exactitud en la comunicación con efectivas funciones de protección contra errores de parametrización de la transmisión entre equipos. Para lograr esto, los mecanismos de monitorización deben ser implementados en el DP maestro. El intervalo de monitorización del sistema es un parámetro definible en la configuración del sistema.

La extensión de las funciones del Profibus DP hace posible transmitir de forma acíclica funciones de lectura y de escritura, alarmas entre maestros y esclavos, de manera paralela o independiente a la transmisión cíclica de los datos de la comunicación. Con esas extendidas funciones, DP conoce los requerimientos e incluso los dispositivos más complejos que frecuente tienen que ser parametrizados durante el funcionamiento. Hoy en día las funciones extendidas de DP son principalmente utilizadas en operaciones on-line en los dispositivos de Profibus-PA.

Para direccionar los datos, Profibus asume que los esclavos están contruidos como bloques, o pueden ser estructurados internamente en unidades de funciones lógicas también llamadas módulos. Este modelo es también usado en las funciones básicas DP para la transmisión cíclica de datos, donde cada módulo tiene un constante número de bytes de E/S que pueden ser transmitidos en una posición fija del datagrama.

Conociendo la gran importancia que presenta el sistema de Profibus DP hemos tomado para nuestro diseño la implementación de este sistema de transmisión, el cual se establecerá desde las salidas y entradas del PLC hasta la interfaz que lo unirá al siguiente sistema de transmisión y este será el Profibus PA.

5.3.2 Profibus PA

Profibus PA es un bus de campo abierto basado en los estándares EN 50 170, DIN 19245 y IEC 1158-2, está especialmente diseñado para automatización de procesos. Permite que sensores y actuadores puedan ser conectados a un bus común en áreas intrínsecas de seguridad. Permite comunicación de datos y transporte de energía sobre el mismo bus empleando tecnología de dos cables, acorde con la norma internacional IEC 1158-2. Profibus PA son dispositivos formados en lazos de gran potencia y a su vez sensores de información los cuales son transmitidos como señal digital, actualmente es catalogado como el bus con más futuro en el campo de los procesos industriales.

Profibus PA. Es la técnica de bus de campo que sustituye el cableado usual en forma de estrella entre la periferia y el sistema de automatización central por una simple línea de dos conductores retorcidos. Esta técnica se utiliza ya con éxito en la industria de fabricación. Con una participación en el mercado de aprox. 40% de enlaces bus, Profibus-PA es una solución de seguridad intrínseca, que permite conectar por segmento hasta 10 aparatos de campo con un alcance máximo de 1900 m. La energía auxiliar se suministra en forma de corriente continua sobre la línea de datos. Con Profibus-PA se dispone por primera vez de un acoplamiento bus de seguridad intrínseca así como que los dispositivos de campo sean alimentados sobre el mismo bus, esta tecnología es un protocolo síncrono orientado a bit con continuas transmisiones "current-free". La transmisión se basa en los siguientes principios:

- Cada segmento solo tiene una fuente de alimentación.
- No se alimenta el bus cuando una estación está transmitiendo.
- Todos los dispositivos de campo consumen una corriente básica constante en estado de reposo.
- El instrumento de campo actúa como un sumidero de corriente pasivo.
- La línea de terminación pasiva se coloca a ambos lados del bus principal.
- Se permiten redes en estrella, en árbol y lineales.
- Para incrementar la fidelidad, se pueden emplear segmentos de bus redundantes.

Para la modulación se necesita una corriente básica de al menos 10 mA por cada estación para alimentar el instrumento. Las señales de comunicación se generan modulando la corriente básica a ± 9 mA. a el dispositivo que va a transmitir.

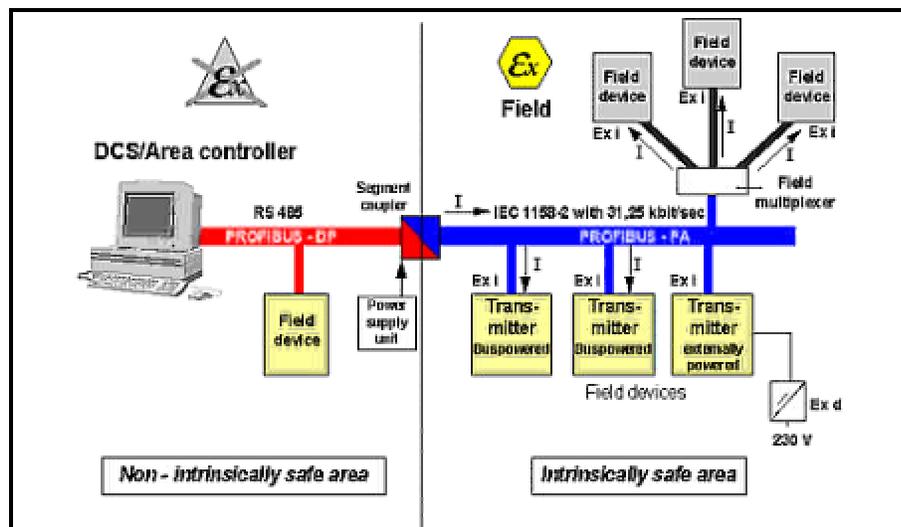
El perfil Profibus PA ha sido desarrollado en cerrada cooperación con usuarios de procesos industriales, con las siguientes características:

- Perfil de aplicaciones estándar para procesos de automatización que permite la intercambiabilidad del dispositivo de campo con otros de distinto fabricante.
- Se pueden añadir y desconectar estaciones del bus incluso en áreas peligrosas sin influenciar a otras estaciones.

- El bus suministra alimentación para los transductores de señal usando la tecnología de dos cables acuerdo con el estándar IEC 1158-2.
- Este bus es usado también en áreas potencialmente explosivas.

La topología con estructura de bus lineal permite la conexión de puntos a lo largo del bus de campo similar a la instalación de circuitos de alimentación. El cable del bus puede retornar a través de los dispositivos de campo. Las ramas para la conexión de uno o más aparatos de campo es también posible comparándose esta estructura en árbol a la instalación clásica. A continuación en la figura 19 se muestra la configuración típica en procesos de automatización.

Figura 19. Configuración típica de Profibus DP y Profibus PA



El cable maestro multinúcleo se reemplaza por los dos cables de bus. El distribuidor de campo se sigue empleando para conectar los dispositivos de campo y para alojar las resistencias terminadoras del bus. Cuando se

usa una estructura en árbol todos los instrumentos conectados a un segmento se cablean en paralelo en el distribuidor de campo.

En la tabla 8 se muestra la especificación del cable referencia para el IEC 1158-2 en Profibus PA.

Tabla 8. Especificación del cable referencia para el Profibus PA

Cable	par trenzado apantallado
Área del conductor (nominal)	0.8 mm ² (AWG 18)
Resistencia de bucle	44 Ohmios/km
Impedancia a 31.25 Khz.	100 Ohmios ±20%
Atenuación a 39 Khz.	3 dB/km
Asimetría capacitiva	2 nF/km

La combinación de ambas estructuras permite la optimización del bus y ajustarse a los requisitos del sistema existente. Dos cables apantallados se emplean como medio de transmisión recomendándose emplear el cable especificado en la tabla anterior.

Los dos extremos del bus principal están equipados con un terminador de línea pasivo que consiste de un elemento RC en serie con R=100 Ohmios y C=1 µF. Cuando una estación se conecta con sus polos invertidos, no afecta al funcionamiento de la red, no obstante se recomienda que los equipos tengan un reconocimiento de polaridad automático operando entonces éste correctamente sin importar como se haya conectado la entrada a las señales de datos.

También se puede decir que los dispositivos de diferentes fabricantes pueden comunicarse sin necesidad de adaptaciones mediante interfaces especiales y puede ser empleado tanto para transmisiones de datos de alta velocidad y tiempos críticos, como para tareas intensivas de comunicación compleja.

Profibus PA emplea un protocolo de acceso al bus uniforme que está implementado por el nivel 2 del modelo OSI. También incluye la seguridad de los datos y el manejo de los protocolos de transmisión y telegramas.

La técnica de Profibus PA se ha seleccionado en éste diseño, para ser la línea de transmisión que alimentara cada uno de los sensores y actuadores ubicados en el campo.

En éste diseño se ha querido resaltar el por qué se utilizó la tecnología de Profibus DP y PA frente a otras tecnologías, como es el caso de 4 - 20mA, y para tener una idea mas clara, a continuación se mostrará las ventajas de Profibus DP/PA frente a la técnica de 4 - 20mA.

- El proceso de instalación se reduce drásticamente.
- Ajuste automático del cero y del span durante la inicialización.
- Se mejora el control de los equipos instalados en campo debido al uso de datos internos y a su autodiagnosic.
- Mantenimiento desde sala de control.
- Se facilita la configuración incluso en funcionamiento.
- En caso de fallo de tensión no se pierde la configuración porque todos los parámetros quedan memorizados en una EPROM.

➤ 6. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL PLC

6.1 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN Y TUBERÍAS (P&ID)

Para identificar el funcionamiento del sistema, por ejemplo, sentidos de flujos, equipos utilizados en proceso e instrumentos de medida, se elaboró la proyección de las tuberías, instrumentos y equipos obteniendo como resultado el P&ID de la planta, esto se realizó debido a que en la Cooperativa Codegan no se encontraron estos planos.

El diagrama de instrumentación del sistema automatizado consiste en la representación de la planta de recibo y almacenamiento de la leche cruda en la Cooperativa Codegan Ltda.

En este diagrama se muestran los sentidos de los flujos del producto y los equipos involucrados en el proceso, además se encuentra la ubicación de los instrumentos de medida que se requieren para la operación automática.

Este diagrama de Instrumentación y tuberías se encuentra en el anexo de planos del sistema automatizado.

6.2 DINÁMICA OPERACIONAL DE LA PLANTA

A continuación se detalla la interrelación de los equipos y el proceso secuencial involucrado en la operación de la planta.

6.2.1 Transporte del producto desde las tinas hacia los enfriadores

Nº	ACCION	ABRIR	CERRAR	LINEAS
1.1	Transporte del producto de la tina #1 hacia la tina # 2.	Ev -1.1	Ev -1.3	A.
1.2	Transporte del producto de la tina #1 hacia la tina # 3.	Ev -1.3	Ev -1.1	A, A1.
1.3	Transporte del producto de la tina #2 hacia el Enf. # 2 con el clarificador en operación.	Ev -1.2 Ev -1.4 Ev -1.6 VM-3-4-5-6 Ev -1.13 Ev -1.13.1 Ev -1.13.2	Ev -1.E2 Ev -1.5 Ev -1.14 Ev -1.7	B, B2, B2-2
1.4	Transporte del producto de la tina #2 hacia el Enf. # 1 con el clarificador en operación.	Ev -1.2 Ev -1.4 Ev -1.6 VM-3-4-5-6 Ev -1.13 Ev -1.14	Ev -1.8 Ev -1.10 Ev -1.E1 Ev -1.13.1 Ev -1.7.1 Ev -1.9 Ev -1.7 Ev -1.5	B, B2, B2-1, C, C2.
1.5	Transporte del producto de la tina #2 hacia el Enf. # 2 sin el clarificador en operación. • Falla en el clarificador. (bomba #2 ppal.)	Ev -1.2 Ev -1.4 Ev -1.7 Ev -1.7.1 Ev -1.8 Ev -1.9 Ev -1.9.1 Ev -1.E2	Ev -1.5 Ev -1.10 Ev -1.6	B, B1, C, C1, D1-1.
1.6	Transporte del producto de la tina #2 hacia el Enf. # 1 sin el clarificador en operación. • Falla en el clarificador. (bomba #2 ppal.)	Ev -1.2 Ev -1.4 Ev -1.7 Ev -1.7.1 Ev -1.8 Ev -1.10 Ev -1.E1	Ev -1.5 Ev -1.9 Ev -1.6	B, B1, C, C2.
1.7	Transporte del	Ev -1.11	Ev -1.11.2	D, D1, D1-1.

	<i>producto de la tina #3 hacia el Enf. # 2</i> Falla del enf.#1.	Ev -1.11.1 Ev -1.12 Ev -1.9.1 Ev -1.E2		
1.8	<i>Transporte del producto de la tina # 3 al Enf. #1.</i> • Operación normal	Ev -1.11 Ev -1.11.1 Ev -1.11.2 Ev -1.E1	Ev -1.12	D.
1.9	<i>Transporte del producto de la tina # 2 al Enf. #2 con el clarificador en operación y de la tina # 3 hacia el enfriador # 1.</i> • Operación básica (bomba 2 ppal.)	Ev -1.2 Ev -1.E1 Ev -1.4 Ev -1.6 VM-3-4-5-6 Ev -1.13 Ev -1.13.1 Ev -1.13.2 Ev -1.E2 Ev -1.11 Ev -1.11.1 Ev -1.11.2	Ev -1.5 Ev -1.7 Ev -1.14 Ev -1.12	B, B2, B2-2, D.
1.10	<i>Transporte del producto de la tina # 2 al Enf. #1 con el clarificador en operación y de la tina # 3 hacia el enfriador # 1.</i> • Falla en Enf. #2.	Ev -1.2 Ev -1.4 Ev -1.6 VM-3-4-5-6 Ev -1.13 Ev -1.14 Ev -1.10 Ev -1.8 Ev -1.E1 Ev -1.11 Ev -1.11.1 Ev -1.11.2	Ev -1.5 Ev -1.7 Ev -1.9 Ev -1.7.1 Ev -1.13.1 Ev -1.12	B, B2, B2-1, C, C2, D.
1.11	<i>Transporte del producto de la tina # 2 al Enf. #2 sin el clarificador en operación y de la tina # 3 hacia el enfriador # 1.</i> <i>Falla en el clarificador en operación básica.</i>	Ev -1.2 Ev -1.4 Ev -1.7 Ev -1.7.1 Ev -1.8 Ev -1.9 Ev -1.9.1 Ev -1.E2 Ev -1.11 Ev -1.11.1 Ev -1.11.2	Ev -1.5 Ev -1.10 Ev -1.6 Ev -1.12	B, B1, C, C1, D1-1, D.
1.12	<i>Transporte del producto de la tina # 2 al Enf. #1 con el clarificador en operación y de la tina # 3 hacia el enfriador # 2.</i> Es realizable pero utiliza trayectos más largos con igual fin.	Ev -1.2 Ev -1.11.1 Ev -1.4 Ev -1.12 Ev -1.6 Ev -1.9.1 VM-3-4-5-6 Ev -1.E2 Ev -1.13 Ev -1.14 Ev -1.8 Ev -1.10 Ev -1.E1	Ev -1.5 Ev -1.7 Ev -1.7.1 Ev -1.13.1 Ev -1.9 Ev -1.11.2	B, B2, B2-1, C, C2, D, D1, D1-1.

		Ev -1.11		
1.13	<p><i>Transporte del producto de la tina</i></p> <p><i># 2 hacia Enf. 2 con el clarificador en operación y tina #3 hacia Enf.# 2</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Falla en Enf. # 1 	Ev -1.2 Ev -1.12 Ev -1.4 Ev -1.9.1 Ev -1.6 VM-3-4-5-6 Ev -1.13 Ev -1.13.1 Ev -1.13.2 Ev -1.E2 Ev -1.11 Ev -1.11.1	Ev -1.5 Ev -1.7 Ev -1.14 Ev -1.11.2	B, B2, D1, D1-1.
1.14	<p><i>Transporte del producto de la tina</i></p> <p><i># 2 hacia Enf. 2 sin el clarificador en operación y tina #3 hacia Enf.# 2</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Falla en clarificador y en el Enf. # 1. 	Ev -1.2 Ev -1.11.1 Ev -1.4 Ev -1.12 Ev -1.7 Ev -1.9.1 Ev -1.7.1 Ev -1.E2 Ev -1.8 Ev -1.9 Ev -1.9.1 Ev -1.E2 Ev -1.11	Ev -1.5 Ev -1.10 Ev -1.6 Ev -1.11.2	B, B1, C, C1, D1-1, D, D1
1.15	<p><i>Transporte del producto de la tina</i></p> <p><i># 2 hacia Enf. #1 sin el clarificador en operación y tina #3 hacia Enf.# 1</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Falla en clarificador y en el Enf. # 2. 	Ev -1.2 Ev -1.4 Ev -1.7 Ev -1.7.1 Ev -1.8 Ev -1.10 Ev -1.E1 Ev -1.11 Ev -1.11.1 Ev -1.11.2	Ev -1.6 Ev -1.9 Ev -1.12	B, B1, C, C2, D,
1.16	<p><i>Transporte del producto de la tina # 2 hacia Enf. #1 sin el clarificador en operación y tina #3 hacia Enf.# 2</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Es realizable pero utiliza trayectos más largos con igual fin. Falla en el clarificador. 	Ev -1.2 Ev -1.4 VM-3-4-5-6 Ev -1.6 Ev -1.13 Ev -1.14 Ev -1.8 Ev -1.10 Ev -1.E1 Ev -1.11 Ev -1.11.1 Ev -1.12 Ev -1.9.1 Ev -1.E2	Ev -1.13.1 Ev -1.7.1 Ev -1.7 Ev -1.5 Ev -1.9 Ev -1.11.2	B, B1, C, C2, D, D1, D1-1.
1.17	<p>Falla en la bomba principal. (bomba #2)</p>	Ev -1.5	Ev -1.4	

6.2.2 Transporte del producto des de los enfriadores # 1 y 2 hacia los tanques # 1-2-3-4 y los tanques silos de 60.000lt. y 30.000ts

21.4 N°	ACCION	ABRIR	CERRAR	LINEAS
2.1	<i>Transporte del producto del Enf. #2 hacia el silo de 60.000 Lt.</i>	Ev. -1.16	Ev-1.16.1	E, E1.
2.2	<i>Transporte del producto d el Enf. #2 Hacia el Tk. # 1</i>	Ev. -1.16.1 Ev. -1.18 Ev -1.19 Ev -1.21 Ev -1.25	Ev -1.16 Ev -1.17 Ev -1.20 Ev -1.22	E, E2, E4, G, G2.
2.3	<i>Transporte del producto del Enf. #2 Hacia el Tk. # 2</i>	Ev -1.16.1 Ev -1.18 Ev -1.19 Ev -1.22 Ev -1.23	Ev -1.16 Ev -1.17 Ev -1.20 Ev -1.21 Ev -1.24	E, E2, E4, G, G1.
2.4	<i>Transporte del producto del Enf. #2 Hacia el Tk. # 3</i>	Ev -1.16.1 Ev -1.18 Ev -1.20 Ev -1.31 Ev -1.32	Ev -1.16 Ev -1.17 Ev -1.19 Ev -1.28 Ev -1.30	E, E2, E4, H, H1.
2.5	<i>Transporte del producto del Enf. #2 Hacia el Tk. # 4</i>	Ev -1.16.1 Ev -1.18 Ev -1.20 Ev -1.30	Ev -1.16 Ev -1.17 Ev -1.19 Ev -1.28 Ev -1.31	E, E2, E4, H.
2.6	<i>Transporte del producto del Enf. #2 hacia el silo de 30.000 Lt litros</i>	Ev -1.16.1 Ev -1.17 Ev -1.43	Ev -1.16 Ev -1.18 VM-9	E, E2, E3
2.7	<i>Transporte del producto del Enf. #1 hacia el silo de 60.000 Lt.</i>	Ev -1.15	Ev -1.15.1	F, F1
2.8	<i>Transporte del producto del Enf. #1 Hacia el Tk. # 1</i>	Ev -1.15.1 Ev -1.26 Ev -1.24 Ev -1.25	Ev -1.15 Ev -1.27 Ev -1.23 Ev -1.22	F, F2, I, I1
2.9	<i>Transporte del producto del Enf. #1 Hacia el Tk. # 2</i>	Ev -1.15.1 Ev -1.26 Ev -1.23	Ev -1.15 Ev -1.27 Ev -1.22 Ev -1.24	F, F2, I
2.10	<i>Transporte del producto del Enf. #1 Hacia el Tk. # 3</i>	Ev -1.15.1 Ev -1.27 Ev -1.29 Ev -1.32	Ev -1.15 Ev -1.26 Ev -1.28 Ev -1.31	F, F2, J, J2

2.11	Transporte del producto del Enf. #1 hacia el Tk. # 4	Ev -1.15.1 Ev -1.27 Ev -1.28 Ev -1.30	Ev -1.15 Ev -1.26 Ev -1.29 Ev -1.31	F, F2, J, J1
2.12	Transporte del producto desde Enf #2 y Enf #1 hacia Tk. silo de 60.000 Lt.	Ev -1.15 Ev -1.16	Ev -1.15.1 Ev -1.16.1	E, E1, F, F1
2.13	Transporte del producto desde Enf #2 hacia Tk. #2 y Enf #1 hacia Tk.#1.	No se puede conflictos	realizar en los	21.5 por 21.6 flujos
2.14	Transporte del producto desde Enf #2 hacia Tk. #3 y Enf #1 hacia Tk.#4	No se puede conflictos	realizar en los	21.7 por 21.8 flujos

6.2.3 Movimientos entre tanques

21.9 N	ACCION	ABRIR	CERRAR	LINEAS
3.1	Transporte del producto desde silo de 60.000Lt. hacia el Tk. #1	Ev -1.S1 Ev -1.36 Ev -1.19 Ev -1.21	Ev -1.25 Ev -1.37 Ev -1.38 Ev -1.20 Ev -1.22	K, K3, G, G2.
3.2	Transporte del producto desde silo de 60.000Lt. hacia el Tk. #2	Ev -1.S1 Ev -1.37 Ev -1.26 Ev -1.23	Ev -1.36 Ev -1.38 Ev -1.27 Ev -1.24 Ev -1.22	K, K2, I.
3.3	Transporte del producto desde silo de 60.000Lt. hacia el Tk. #3	Ev -1.S1 Ev -1.37 Ev -1.27 Ev -1.29 Ev -1.32	Ev -1.36 Ev -1.38 Ev -1.26 Ev -1.28 Ev -1.31	K, K2, J, J2.
3.4	Transporte del producto desde silo de 60.000Lt. hacia el Tk. #4	Ev -1.S1 Ev -1.36 Ev -1.20 Ev -1.30	Ev -1.37 Ev -1.38 Ev -1.19 Ev -1.31 Ev -1.28	K, K3, H.

3.5	<i>Transporte del producto desde Tk. #1 hacia Tk.#3</i>	Ev - 3.1 Ev -1.41 Ev -1.38 Ev -1.37	Ev -1.27 Ev -1.29 Ev -1.32	VM-12 Ev -1.42 Ev -1.36 Ev -1.26 Ev -1.28	L, K1, K2, J, J2	
3.6	<i>Transporte del producto desde Tk. #1 hacia Tk.#4</i>	Ev -3.1 Ev -1.41 Ev -1.38 Ev -1.36	Ev - 1.20 Ev - 1.30	VM-12 Ev -1.42 Ev -1.37 Ev -1.19	Ev- 1.31 Ev-1.28	L, K1, K3, H
3.7	<i>Transporte del producto desde Tk. #2 hacia Tk.#3</i>	Ev - 3.2 Ev -1.39 Ev -1.38 Ev -1.37 Ev -1.27	Ev -1.29 Ev -1.32	VM-13 Ev -1.40 Ev -1.36 Ev -1.26 Ev -1.28	L, K1, K2, J, J2	
3.8	<i>Transporte del producto desde Tk. #2 hacia Tk.#4</i>	Ev - 3.2 Ev -1.39 Ev -1.38 Ev -1.36 Ev -1.20 Ev -1.30		VM-13 Ev -1.40 Ev -1.37 Ev -1.19 Ev -1.31 Ev- 1.28	L, K1, K3, H	
3.9	<i>Transporte del producto desde Tk. #1 hacia zona de pasteurización.</i>	Ev -3.1 Ev -1.42		VM-12 Ev -1.41	Línea directa hacia la zona de pasteurización.	
3.10	<i>Transporte del producto desde Tk. #2 hacia zona de pasteurización.</i>	Ev -3.2 Ev -1.40		VM-13 Ev -1.39	Línea directa hacia la zona de pasteurización	
3.11	<i>Transporte del producto desde Tk #3 hacia Tk. #1</i>	Ev -3.3 Ev -1.35 Ev - 1.34 Ev - 2.1(ab) Ev -1.9.1 Ev -1.E2 Ev -1.16.1 Ev -1.18	Ev -1.19 Ev -1.21 Ev -1.25	VM-11 Ev -3.4 Ev -1.33 VM-7 Ev -1.16 Ev -1.17 Ev -1.20 Ev -1.22	Línea de reenfriamiento D1-1, E, E2, E4, G, G2.	
3.12	<i>Transporte del producto desde Tk #3 hacia Tk. #2</i>	Ev -3.3 Ev -1.35 Ev -1.34 Ev -2.1(a-b) Ev -1.9.1 Ev -1.E2 Ev -1.16.1 Ev -1.18 Ev -1.19	Ev -1.22 Ev -1.23	VM-11 Ev -3.4 Ev -1.33 VM-7 Ev -1.16 Ev -1.17 Ev -1.20 Ev -1.21 Ev -1.24	Línea de reenfriamiento D1-1, E, E2, E4, G, G1.	
3.13	<i>Transporte del producto desde Tk #4 hacia Tk. #1</i>	Ev -3.4 Ev -1.34 Ev -2.1(a-b) Ev -1.9.1 Ev -1.E2 Ev -1.16.1 Ev -1.18 Ev -1.19	Ev -1.21 Ev -1.25	Ev -1.35 Ev -1.33 VM-7 Ev -1.16 Ev -1.17 Ev -1.20 Ev -1.22 Ev -1.24	Línea de reenfriamiento D1-1, E, E2, E4, G, G2.	

3.14	<i>Transporte del producto desde Tk #4 hacia Tk. #2</i>	Ev -3.4 Ev -1.34 Ev -2.1(a-b) Ev -1.9.1 Ev -1.E2 Ev -1.16.1 Ev -1.18 Ev -1.19	Ev -1.22 Ev -1.23	Ev -1.35 Ev -1.33 VM-7 Ev -1.16 Ev -1.17 Ev -1.20 Ev -1.21 Ev -1.24	Línea de reenfriamiento D1-1, E, E2, E4, G, G1.
3.15	<i>Transporte del producto desde Tk. #3 hacia pasteurización.</i>	Se deben realizar 3.11 o 3.12 y luego	Las acciones 3.9 o 3.10		
3.16	<i>Transporte del producto desde Tk. #4 hacia la línea de pasteurización.</i>	Se deben realizar 3.13 o 3.14 y luego	Las acciones 3.9 o 3.10		
3.17	<i>Transporte del producto desde silo de 60.000 Lt. hacia pasteurización.</i>	Se deben realizar 3.1 o 3.2 y luego	Las acciones 3.9 o 3.10		
3.18	<i>Transporte del producto desde Tk. #1 hacia la línea de pulverización.</i>	Se deben realizar	Las acciones	4.2 y luego 2.6	
3.19	<i>Transporte del producto desde Tk. #2 hacia la línea de pulverización.</i>	Se deben realizar	Las acciones	4.3 y luego 2.6	
3.20	<i>Transporte del producto desde Tk. #3 hacia la línea de pulverización.</i>	Se deben realizar	Las acciones	4.4 y luego 2.6	
3.21	<i>Transporte del producto desde Tk. #4 hacia la línea de pulverización.</i>	Se deben realizar	Las acciones	4.5 y luego 2.6	

6.2.4 Reenfriamiento del producto

21.10 N	22 ACCION	ABRIR	CERRAR	LINEAS	
4.1	22.1.1 Reenfriamiento	Ev -S1 Ev -1.38 Ev -1.33	Ev -1.9.1 Ev -1.E2 Ev -1.16	Ev -1.36 Ev -1.37 Ev -1.34	K, K1, Línea Reenfriamiento, D1-1, E, E1

	o del producto del silo de 60.000 Lt por el Enfriador # 2.	Ev -2.1	VM-7	
4.2	<i>Reenfriamiento del producto del Tk. #1 por el Enfriador # 2.</i>	Ev -3.1 Ev -1.41 Ev -1.33 Ev -2.1 Ev -1.9.1 Ev -1.E2 22.1.1.1 Se debe realizar	VM-12 Ev -1.42 Ev -1.39 Ev -1.38 Ev -1.34 VM-7 22.1.1.2 L a acción 2.2	L, Línea de Reenfriamiento
4.3	<i>Reenfriamiento del producto del Tk. #2 por el Enfriador # 2.</i>	Ev -3.2 Ev -1.39 Ev -1.33 Ev -2.1 Ev -1.9.1 Ev -1.E2 22.1.1.3 Se debe realizar	VM-13 Ev -1.40 Ev -1.38 Ev -1.34 VM-7 22.1.1.4 L a acción 2.3	L, Línea de Reenfriamiento.
4.4	<i>Reenfriamiento del producto del Tk. #3 por el Enfriador # 2.</i>	Ev -3.3 Ev -1.35 Ev -1.34 Ev -2.1 Ev -1.9.1 Ev -1.E2 22.1.1.5 Se debe realizar	VM-11 Ev -3.4 Ev -1.38 Ev -1.33 VM-7 22.1.1.6 L a acción 2.4	Línea de Reenfriamiento.
4.5	<i>Reenfriamiento del producto del Tk. #4 por el Enfriador # 2.</i>	Ev -3.4 Ev -1.34 Ev -2.1 Ev -1.9.1 Ev -1.E2	VM-11 Ev -3.3 Ev -1.35 VM-7	Línea de Reenfriamiento.

		22.1.1.7 Se debe realizar	22.1.1.8 L a acción 2.5	
--	--	----------------------------------	--------------------------------	--

22.2

22.36.3 DIMENSIONAMIENTO

22.4 Con los instrumentos colocados en el diagrama de instrumentación y tuberías P&ID se determinan cuales son las señales de entrada analógicas y digitales, asimismo las señales de salida digitales como sigue a continuación.

22.56.3.1 Entradas análogas

LT1 : Transmisor de Nivel de la Tina 1

LT2 : Transmisor de Nivel de la Tina 2

LT3 : Transmisor de Nivel de la Tina 3

PT2 : Transmisor de Presión de los Filtros Desaireadores de la Tina 2

PT3 : Transmisor de Presión del filtro de la Tina 3.

PTE1 : Transmisor de Presión del Enfriador 1 línea del producto.

TTE1 : Transmisor de Temperatura del Enfriador 1 línea del producto.

PTH1 : Transmisor de Presión del Enfriador 1 línea de agua.

PTE2 : Transmisor de Presión del Enfriador 2 línea del producto.

TTE2 : Transmisor de temperatura del Enfriador 2 línea del producto.

PTH2 : Transmisor de Presión del Enfriador 2 línea de agua.

LTS1 : **Transmisor de Nivel del Tanque Silo de 60.000L.**

TTS1 : Transmisor de Temperatura del Tanque Silo de 60.000L.

LTTK1: Transmisor de Nivel del Tanque 1.

TTTK1: Transmisor de Temperatura del Tanque 1.

LTTK2: Transmisor de Nivel del Tanque 2.

TTTK2: Transmisor de Temperatura del Tanque 2.

LTTK3: Transmisor de Nivel del Tanque 3

TTTK3: Transmisor de Temperatura del Tanque 3

LTTK4: Transmisor de Nivel del Tanque 4

TTTK4: Transmisor de Temperatura del Tanque 4

TTS2: Transmisor de Temperatura del Tanque Pulverización

LTS2: Transmisor de Nivel del Tanque Pulverización

ATT2: Transmisor de Ph de la tina 2

ATE1: Transmisor de Flujo masico del Enfriador 1

ATT3: Transmisor de Ph de la tina 3

ATE2: Transmisor de Flujo masico del Enfriador 2

22.6 Total entradas análogas = 27

6.3.2 Entradas digitales

FS1 : Sensor de Flujo de la Tina 1.

FS2 : Sensor de Flujo de la Tina 2.

FS3 : Sensor de Flujo de la Tina 3.

MSB1 : Sensor de Movimiento de Bomba 1.

MSB2 : Sensor de Movimiento de Bomba 2.

MSB3 : Sensor de Movimiento de Bomba 3.

MSB4 : Sensor de Movimiento de Bomba 4.

MSB5 : Sensor de Movimiento de Bomba 5.

MSB6 : Sensor de Movimiento de Bomba 6.

MSMT1 : Sensor de Movimiento del Motor agitador del T.K. 1.

MSMT2 : Sensor de Movimiento del Motor agitador del T.K. 2.

MSMT3 : Sensor de Movimiento del Motor agitador del T.K. 3.

MSMT4 : Sensor de Movimiento del Motor agitador del T.K. 4.

MSMT5 : Sensor de Movimiento del Motor agitador del T.K. 5.

MSMT6 : Sensor de Movimiento del Motor agitador del T.K. 6.

EMDPa : Estación de mando a distancia de pasterización.

EMDPu : Estación de mando a distancia de pulverización.

EMDCI : Estación de mando a distancia del clarificador.

22.7 Total entradas digitales = 18

22.86.3.3 Salidas digitales

- SSR-B1on** : Encendido y apagado de la Bomba 1.
- SSR-B2on** : Encendido y apagado de la Bomba 2.
- SSR-B3on** : Encendido y apagado de la Bomba 3.
- SSR-B4on** : Encendido y apagado de la Bomba 4.
- SSR-B5on** : Encendido y apagado de la Bomba 5.
- SSR-B6on** : Encendido y apagado de la Bomba 6.
- SSR-MTK1on** : Encendido y apagado del Motor agitador de T.K. 1.
- SSR-MTK2on** : Encendido y apagado del Motor agitador de T.K. 2.
- SSR-MTK3on** : Encendido y apagado del Motor agitador de T.K. 3.
- SSR-MTK4on** : Encendido y apagado del Motor agitador de T.K. 4.
- SSR-MS1on** : Encendido y apagado del Motor agitador del Silo de
60.000 Litros.
- SSR-MS2on** : Encendido y apagado del Motor agitador del Silo de
30.000 Litros.
- EV1.1** : Electroválvula 1.1
- EV1.2** : Electroválvula 1.2
- EV1.3** : Electroválvula 1.3
- EV1.4** : Electroválvula 1.4
- EV1.5** : Electroválvula 1.5
- EV1.6** : Electroválvula 1.6
- EV1.7** : Electroválvula 1.7
- EV1.7.1** : Electroválvula 1.7.1

EV1.8 : Electroválvula 1.8
EV1.9 : Electroválvula 1.9
EV1.9.1 : Electroválvula 1.9.1
EV1.10 : Electroválvula 1.10
EV1.11 : Electroválvula 1.11
EV1.11.1 : Electroválvula 1.11.1
EV1.11.2 : Electroválvula 1.11.2
EV1.E1 : Electroválvula del Enfriador 1
EV1.12 : Electroválvula 1.12
EV1.13 : Electroválvula 1.13
EV1.13.1 : Electroválvula 1.13.1
EV1.13.2 : Electroválvula 1.13.2
EV1.E2 : Electroválvula del Enfriador 2.
EV1.14 : Electroválvula 1.14
EV2.1 : Electroválvula 2.1
EV1.15 : Electroválvula 1.15
EV1.15.1 : Electroválvula 1.15.1
EV1.16 : Electroválvula 1.16
EV1.16.1 : Electroválvula 1.16.1
EV1.17 : Electroválvula 1.17
EV1.18 : Electroválvula 1.18
EV1.19 : Electroválvula 1.19
EV1.20 : Electroválvula 1.20

EV1.21 : Electroválvula 1.21
EV1.22 : Electroválvula 1.22
EV1.23 : Electroválvula 1.23
EV1.24 : Electroválvula 1.24
EV1.25 : Electroválvula 1.25
EV1.26 : Electroválvula 1.26
EV1.27 : Electroválvula 1.27
EV1.28 : Electroválvula 1.28
EV1.29 : Electroválvula 1.29
EV1.30 : Electroválvula 1.30
EV1.31 : Electroválvula 1.31
EV1.32 : Electroválvula 1.32
EV1.33 : Electroválvula 1.33
EV1.34 : Electroválvula 1.34
EV1.35 : Electroválvula 1.35
EV1.36 : Electroválvula 1.36
EV1.37 : Electroválvula 1.37
EV1.38 : Electroválvula 1.38
EV1.39 : Electroválvula 1.39
EV1.40 : Electroválvula 1.40
EV1.41 : Electroválvula 1.41
EV1.42 : Electroválvula 1.42
EV1.43 : Electroválvula 1.43

- EVS1** : Electroválvula Tanque silo de 60.000L para salida de P.
- EVS2** : Electroválvula Tanque silo de 30.000L para salida de P
- EV3.1** : Electroválvula 3.1 de salida del producto del Tanque 1.
- EV3.2** : Electroválvula 3.2 de salida del producto del Tanque 2.
- EV3.3** : Electroválvula 3.3 de salida del producto del Tanque 3.
- EV3.4** : Electroválvula 3.4 de salida del producto del Tanque 4.

Total salidas digitales = 72

6.4 SELECCIÓN DEL PLC

Formando parte de los sistemas de automatización, Siemens ha desarrollado una variedad de Controladores Lógicos Programables llamados Simatic disponibles en series s7-200, s7-300 y s7-400, diferenciándose en características específicas que se deben destacar, para proveer soluciones en aplicaciones de baja, mediana y alta necesidad.

Cada uno de los autómatas ha sido diseñado a la medida de un campo de trabajo específico en el que puede desplegar toda sus cualidades. Además su modalidad le permite adaptarse a cualquier tarea en particular.

Se puede comparar los tres Simatic de la siguiente manera:

- S7-200, compacto rápido y económico.

- S7-300, destinado a aplicaciones de entrada de gama modular, rápido, versátil y potente.
- S7-400, superdotado, para las gamas medias y alta, modular, rápido, robusto y fuerte en comunicaciones.

Por estar el Simatic S7-200 constituido en una familia de autómatas destinados a prestar grandes soluciones con la mejor probada relación costo beneficio del mercado y además por tener posibilidades de expansión en señales digitales hasta 168 y analógicas hasta 35 en todas las físicas (transistor, relé, tensión corriente, termocupla, rtd) es el seleccionado para el desarrollo de la aplicación ya que cumple con los requerimientos del dimensionamiento del proceso y nos brinda otros beneficios que se encuentran en las hojas de especificaciones.

7. SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE MONITOREO

Actualmente las empresas quieren tener un estricto control de los procesos involucrados en sus plantas de producción, es por esto que la supervisión ha cumplido un papel muy importante en este campo, permitiéndole así a las compañías, seguridad, ahorro y desarrollo en su campo de operación.

El software de monitoreo que se va a seleccionar debe cumplir con los requerimientos del diseño tales como; garantizar el control sobre los usuarios que operan el sistema, con el objetivo de saber en el momento que ocurra alguna falla quien fue el responsable de ésta, además se debe poder ampliar las terminales en la planta sin traer costos adicionales de licencias, a menos que sea necesario, también se deben poder llevar estadísticas de la leche recibida y de la producción ya sea en su misma plataforma o exportando datos a otras plataformas, dar las respectivas señales de alarmas para prevención de desastres y cumplir con las normas higiénicas de visualización para el caso de la industria alimenticia.

En el ámbito mundial existen una variedad de software de supervisión tales como Labview, Scada e Intouch, los cuales debido a sus características,

cumplen con los criterios de diseño antes mencionados, por tal motivo, se tuvieron en cuenta para analizar cuál de las tres es la más apropiada para realizar la visualización de la planta.

Entre éstas tres plataformas de programación para realizar visualizaciones se escogió InTouch perteneciente a Wonderware Factory Suite para el desarrollo de la aplicación en CODEGAN LTDA debido a que marcó diferencia en los servicios de terminales y los servicios de usuarios y contraseñas los cuales son primordiales para la seguridad del programa y la ampliación de puntos de visualización en la empresa.

Las características de este software de supervisión se describen a continuación.

7.1 INTOUCH VISUALIZACION DE PROCESOS

7.1.1 Posicionamiento del Producto

InTouch es el líder mundial en HMI (Interfaz hombre-maquina) con el 22% del mercado. Esta en uso en miles de aplicaciones de automatización con mas de 180.000 instalaciones alrededor del mundo.

El software ofrece una vista integrada de todos sus recursos de información y control y permite a ingenieros, supervisores, gerentes y operadores ver e interactuar con las tareas de toda una operación a través de representaciones gráficas de sus procesos de producción.

7.1.2 Aplicaciones

Los sistemas InTouch están produciendo excelentes resultados, los usuarios reportan bajos costos en esquemas, ciclos de vida y perfeccionando la producción en calidad. Componentes de ampliación tales como formulas ayudan a los usuarios satisfactoriamente en una variedad de reportes requeridos en la industria.

Sus aplicaciones cubren al mundo en una variedad de mercados tales como el procesamiento de alimentos, los semiconductores, aceite y gas, industria automotriz, química, farmacéutica, transporte y más.

7.1.3 Características y Beneficios

El software está comprendido de varios componentes que mejoran la visualización, diseño y presentación de la aplicación tales como las herramientas de extensibilidad, que contienen:

- Wizards para crear objetos gráficos o secuencias de comandos preconfigurados.
- Instrucciones para crear algoritmos complejos e incorporarlos directamente en el lenguaje de instrucciones del programa.
- API (Extensión de bases de datos de InTouch), que permite a los usuarios ofrecer acceso a aplicaciones externas a la base de datos del software.

Además cuenta con reportes de alarma, registro histórico de eventos y análisis de herramientas de trabajo, las cuales permiten que los cambios de datos se mantengan por tantos valores como se requiera. Estos registros de datos pueden ser instantáneamente recuperados e

inspeccionados o exportados como archivos compatibles de Microsoft Excel. Reportes estándar pueden ser generados automáticamente incluyendo texto y datos gráficos como se requiera.

Las características generales del Software son:

- Interfase grafica orientada a objetos.
- Capacidad completa de animación.
- Reporte en tiempo real. Registro histórico y alarmas de eventos.
- Soporta todos los productos de ASI (Sistemas Automatizados Inc.) incluyendo versiones antiguas.
- Totalmente personalizable para ajustarse a la aplicación.
- Puede integrar información de Controles ASI con cientos de otros sistemas.
- Capacidad completa de red usando protocolos estándares de red (Servidor DDE).

7.1.4 Requerimientos de Sistema Operativo y de Hardware

InTouch y el servidor DDE(Servidor de intercambio dinámico de datos) corren en los sistemas operativos Windows 95/SP1, 98 SE, NT 4.0 y Windows 2000 de Microsoft. Necesita PC's con memoria RAM mínima de 32MB y las aplicaciones que usen fotos a colores deben correr en PC's que tienen tarjetas aceleradoras de gráficos que ofrecen por lo menos una paleta de colores de 24 bits. Se recomiendan para NT y Windows 2000,

un procesador Pentium de 300Mhz o mayor, 128M de RAM y 1GB de disco duro libre.

El servidor DDE le permite a los programas de aplicación Windows que corren en un computador personal, tener acceso a información de la red ASI. Es importante saber que los software ASI están escritos en ambientes cGMP(current Good Manufacturies Practices) que son las normas actuales de las buenas prácticas para la elaboración de alimentos.

7.1.5 InTocuh versión 7.1

Esta versión ofrece la visualización de un sistema de información de fabricación centrado en los operadores y en la planta. Abarca varios componentes que realizan visualización, acceso a datos, extensibilidad a componentes o sistemas externos, historial, manejo de eventos, registro de alarmas, preparación de informes y herramientas de análisis.

Igualmente ofrece varias ventajas para desarrollar rápidamente aplicaciones industriales poderosas. InTouch está ahora habilitado por Internet, es decir las aplicaciones tienen la habilidad de conectarse con el piso de fábrica a través de una conexión estándar con Internet. Las aplicaciones existentes pueden ejecutarse sin modificaciones o usted puede diseñar aplicaciones específicas de Internet.

Además, el entorno de desarrollo de aplicaciones de la red (NAD/Network Application Development) permite el desarrollo de sistemas para uso en

grandes redes basadas en PC. La legendaria facilidad de uso y poder de InTouch reduce dramáticamente el costo y tiempo asociados a la implementación y mantenimiento de sistemas HMI/ interfaz de operador. Los usuarios reportan la disminución de los costos de los ciclos de vida útil, proyectos y una mejor producción, tanto en calidad como en cantidad.

Esta versión también cuenta con Servicios de terminales, aplicando la tecnología de “Clientes Ligero” que produce HMI en tiempo real en cualquier parte de la empresa. Los servicios de terminales permite instalar InTouch una vez en un servidor central, para luego ejecutarlo muchas veces.

Sólo hay que conectar las computadoras del cliente a una sesión de terminales de InTouch 7.1 que resida en el servidor. Una sesión de terminales de InTouch 7.1 es un InTouch virtual con toda la funcionalidad disponible en la computadora del cliente. El cliente "ligero" podría ser una terminal de computadora personal o un dispositivo de terminal incorporado que corre cualquier variedad de sistema operativo. Los usuarios a nivel de empresa podrán obtener acceso, visualizar e interactuar con información HMI (de interfaz hombre -máquina) en tiempo real de InTouch 7.1 de Wonderware, sin necesidad de una instalación completa de InTouch residente en su computadora local.

Servicios de terminales para InTouch 7.1 es una de las ofertas iniciales de productos de la nueva estrategia de Tecnología Avanzada de Clientes (ACT/Advanced Client Technology) que incluye una serie de nuevas tecnologías de acceso y herramientas de software de clientes múltiples, que soportan protocolos estándares de tecnología, permitiéndole a los clientes tener estaciones de trabajo que corran en plataformas Linux/XE, Windows 3.11/95/98 y Windows NT o 2000. Los beneficios esenciales de este tipo de despliegue incluyen el mantenimiento centralizado y la

gestión de sistemas operativos y/o aplicaciones; con lo cual disminuye mucho el costo total de titularidad.

7.1.6 Reducción de costos gracias a Servicios de terminales

La habilidad de implementar un modelo de computación ligera permitirá a las corporaciones realizar ahorros económicos significativos por un período de tiempo prolongado debido a la habilidad de instalar, mantener y actualizar centralmente sus aplicaciones InTouch en un solo lugar, y sólo una vez y luego proveer la interfaz de "cliente ligero" en el piso de la planta. Como consecuencia de ello, se requiere de menos ingenieros de aplicaciones para implementar y mantener sistemas HMI; con lo cual la estructura de servicios de terminales resulta sumamente atractiva.

Al momento de escoger el software de monitoreo se deben analizar y comparar las características de otros, y decidir cual de ellos es el que cumple con los requerimientos de diseño actuales y para futuras aplicaciones. Por estas razones se comparó el InTouch con el Sistema Scada y el Labview también potentes en la visualización y automatización de procesos.

8. DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION

8.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

Este diagrama de bloques se muestra en la figura 20 e ilustra el funcionamiento general de la zona de recibo y almacenamiento de leche cruda.

8.2 DESCRIPCIÓN DE LAS LÓGICAS DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

A continuación se realizará la descripción de cada una de las lógicas utilizadas en nuestro Diseño de Automatización de la zona de Recibo y Almacenamiento de leche cruda en la Cooperativa de Ganaderos Codegan Ltda.

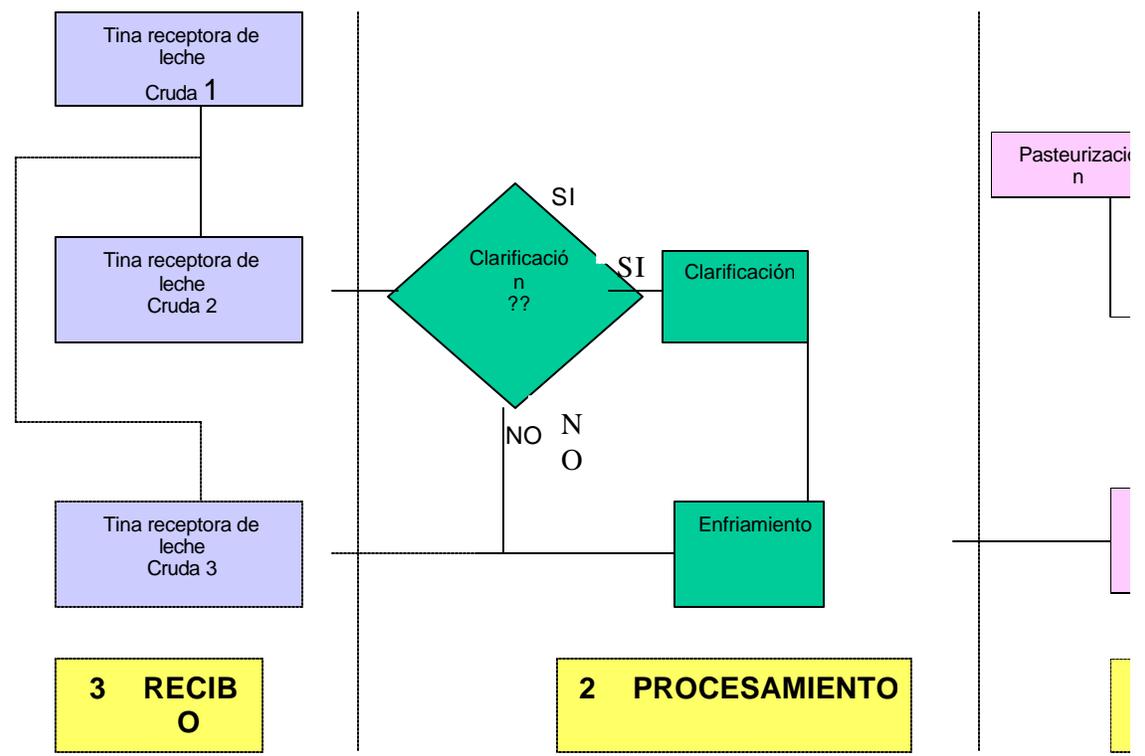
Estas lógicas se realizaron de acuerdo a la tabla de acciones y al diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID) descritos en el capítulo 6 de este documento y se emplearon para definir el programa que ejecuta el sistema de control PLC.

8.2.1 Descripción de la Lógica A

Esta lógica pertenece a la tina 1 y se encarga de:

- **Accionar y proteger el funcionamiento de la Bomba 1.**

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE RECIBO Y ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA EN CODEGAN LTDA.



- Depositar el producto en la Tina 2 o 3 según las condiciones existentes.
- Accionar las válvulas necesarias para el transporte del producto.

Una vez la tina 1 esté al 30% de la altura total, equivalente a 16.2 cm, se accionará la Bomba 1 por primer vez y dependiendo del flujo detectado en la tubería a la salida de la tina se activará el Sistema de Protección de Bombas, el cual consiste en encender, apagar o dejar en operación la bomba.

La leche será depositada en la tina 2, en caso de que la tina no tenga el nivel suficiente para recibir el producto de la tina 1, será enviado a la tina 3; si se presenta el hecho de que ninguna de las dos tinas pueda recibirlo, entonces la bomba será apagada y se esperará un tiempo programado hasta que alguna de las dos tinas disminuya su nivel.

8.2.2 Descripción de la Lógica B

Esta lógica maneja una de las partes vitales del sistema “La tina 2”. La cual presenta un sistema de bombas redundantes, la bomba principal (Bomba 2) y bomba secundaria (Bomba 3), en caso de que una falle se energiza la otra mientras se repara la principal. Además tiene al Enfriador 2 como equipo asociado.

Esta lógica es la encargada de:

- Accionar y proteger el funcionamiento de las Bombas 2 o 3 dependiendo de cual de las dos se encuentre en operación.
- Llevar el producto de la tina 2 hacia el Clarificador y el Enfriador 2.
- Tomar las medidas correctivas en caso de alguna falla en las Bombas, los filtros desaireadores, el Clarificador o el Enfriador 2.
- Accionar las válvulas necesarias para el transporte del producto.

Una vez el nivel de la tina 2 llegue al 30% de la altura total, equivalente a 13.4 cm, se accionará la bomba principal. Dependiendo del flujo presente en la tubería se activará el Sistema de Protección de Bombas.

El producto puede ser enviado por dos líneas, la Línea B2 hacia el clarificador, siguiendo al Enfriador 2 y Línea B1 directo al Enfriador 1 o el Enfriador 2 sin pasar por el Clarificador. Al detectar el correcto funcionamiento del Clarificador, el producto se envía por la Línea B2 y después al Enfriador 2, en caso contrario se envía por la Línea B1 y se dirige hacia el Enfriador 2 o 1 dependiendo de cual este funcionando. En caso de que el producto se halle enviado por la línea del Clarificador (Línea B2) y este empiece a funcionar mal, el producto se envía por la línea B1, llevándola al enfriador 2 y dejara de ser enviada por la línea B2 hasta que se solucione la falla.

Antes del clarificador hay unos filtros desaireadores los cuales limpian el producto de impurezas, a medida que se va ensuciando el filtro, se

detecta una caída de presión a la salida, originándose una señal de alarma, en caso de que la caída de presión sea considerable, se desvía el producto por al otra línea mientras los filtros son limpiados. Una vez los filtros estén limpios el proceso vuelve a la normalidad.

Las fallas en los enfriadores se presentan por la caída de presión o por el aumento de la temperatura (superior a 4°C) en la línea del producto, produciéndose una señal de alarma para tomar las medidas correctivas dependiendo del caso. Si es una caída de presión se cambia de enfriador y si es aumento de la temperatura se cambia el banco de hielo asociado al enfriador.

8.2.3 Descripción de la Lógica C

Esta lógica pertenece a la tina 3 y es encargada de:

- Accionar y proteger el funcionamiento de la Bomba 4.
- Llevar el producto de la tina 3 hacia el Enfriador 1 (enfriador asociado).
- Tomar las medidas correctivas en caso de falla del Enfriador 1 o el filtro desaireador.
- Accionar las válvulas necesarias para el transporte del producto

Cuando la tina alcanza el 30% de la altura total equivalente a 17.4 cm, se energiza la bomba por primer vez y el producto es llevado al Enfriador 1. De acuerdo al flujo presente en la tubería, se activará el Sistema de Protección de Bombas.

En caso de falla del enfriador por caída de presión, la leche es enviada hacia el enfriador 2. Si la temperatura aumenta se da la señal de alarma para cambiar el banco de hielo asociado al enfriador 1.

Además detecta la caída de presión a la salida del filtro, el cual nos indica que este se encuentra obstruido, ocasionando una señal de alarma, en caso de que la caída de presión sea considerable, se apaga la bomba para proceder a la limpieza del filtro. Una vez este limpio el proceso se reanuda.

8.2.4 Descripción de la Lógica D

Esta lógica pertenece a los tanques de almacenamiento y es la encargada de:

- Llenar los tanques con el producto que proviene de las líneas de los enfriadores, ya sea con una línea o con las dos al tiempo.
- Manejar el producto entre tanques.
- Accionar las bombas involucradas en los procesos de reenfriamiento y los agitadores de los tanques.
- Enviar el producto hacia los procesos de pasteurización y pulverización.

La lógica puede ser configurada para que se llene el tanque que se desee en cualquier orden y a cualquier nivel. Además se puede pasar leche entre tanques.

Los agitadores de los tanques se energizan una vez el nivel del tanque supere la altura de las paletas de éstos aprox. 20cm.

Para reenfriamiento se elige el tanque (1,2,3 o 4) y se pasa a través de la línea de reenfriamiento, se acciona la Bomba 5 y se pasa a través del enfriador 2 y se regresa a su respectivo tanque. Si en el momento de que se está reenfriando leche, es requerida en pulverización, se puede enviar hacia éste destino y no se dirige al tanque de donde provenía el producto. Para reenfriar la leche del tanque silo de 60.000L se acciona la válvula EV-S2, se energiza la Bomba 5 y se deposita nuevamente en el silo.

Para enviar leche a pasteurización se usan los tanques 1 y 2 y para pulverización los tanques 3 y 4 pasando primero por reenfriamiento, esta operación se puede hacer al tiempo.

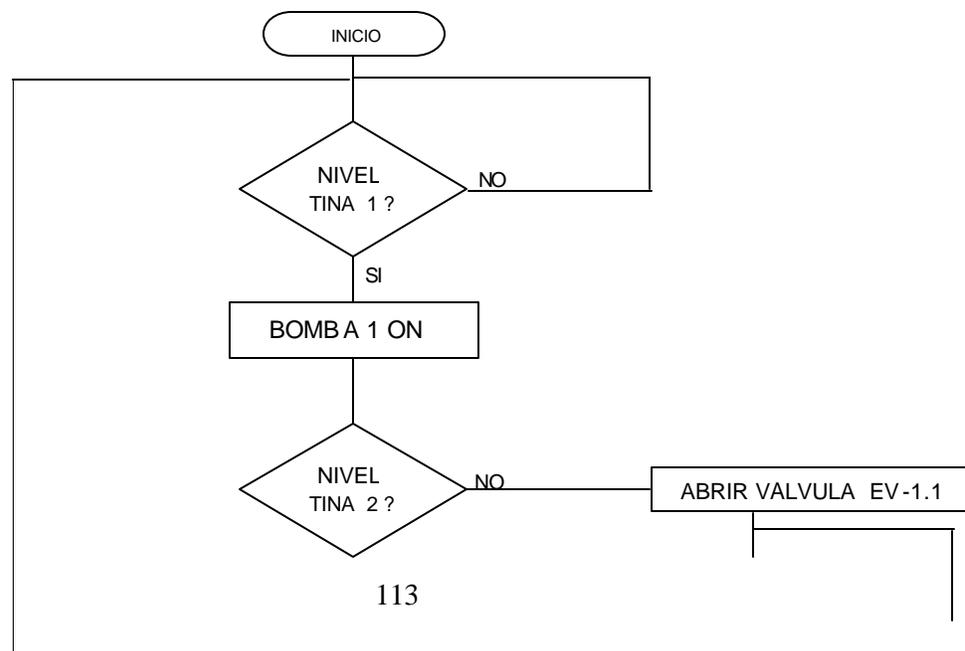
En caso de que necesiten mas producto en pasteurización y los tanques 1 y 2 no contengan, se lleva del tanque silo de 60.000 L a reenfriamiento y depositarlo en los tanques 1 y 2 para luego llevarla a pasteurización.

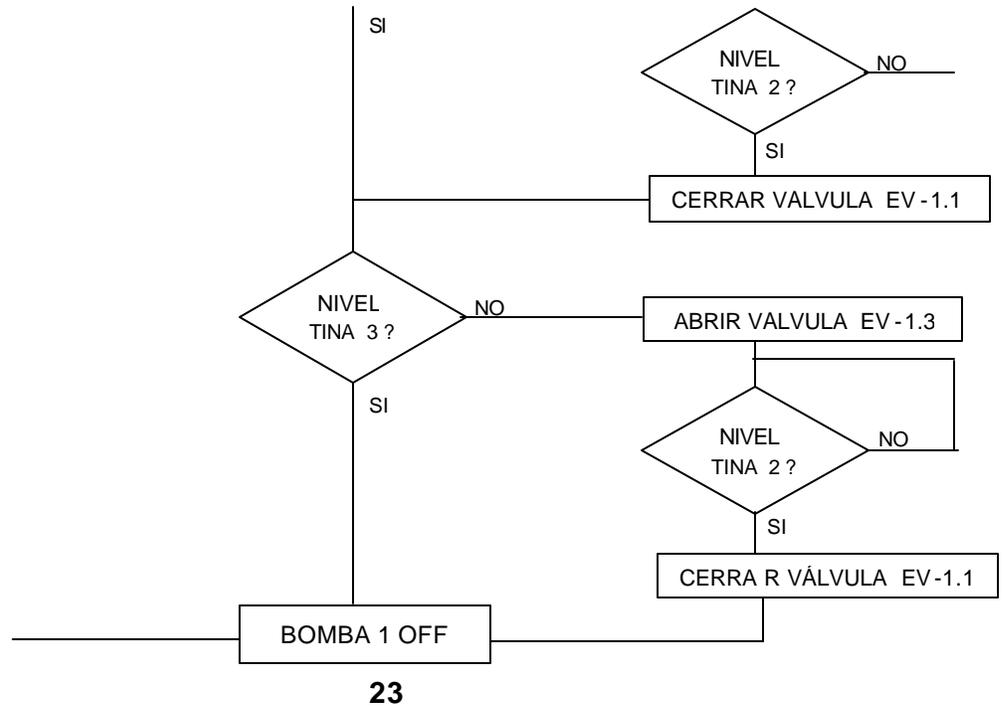
Si se necesita más producto en pulverización y los tanques 3 o 4 no contienen, se envía del tanque silo de 60.000L hacia reenfrimiento y después a la línea de pulverización.

8.3 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LAS LÓGICAS DEL SISTEMA

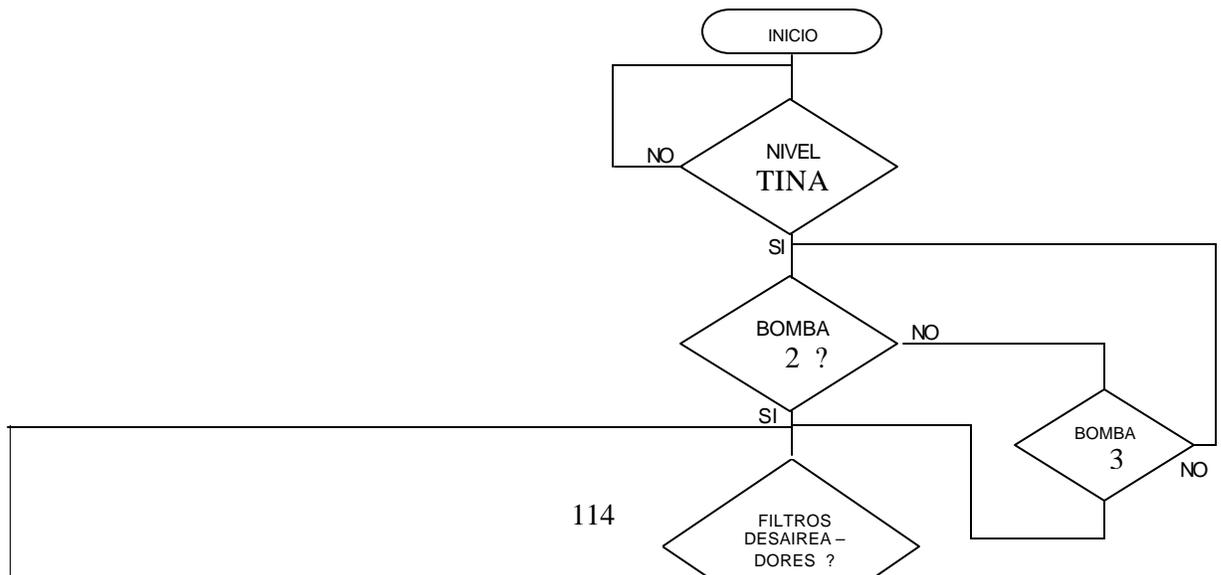
El diagrama de flujo del funcionamiento del sistema describe la secuencia de operación que realizará el sistema de control PLC en cada uno de los procesos de recibo y almacenamiento de la leche cruda. Este diagrama se subdivide en las cuatro lógicas existentes descritas en el subcapítulo anterior las cuales se utilizaron para la elaboración del programa que ejecutará el PLC, tal y como lo muestran las figuras 21-27.

22.9 Figura 21. Diagrama de flujo de la lógica A





23.1 Figura 22. Diagrama de flujo de la lógica B



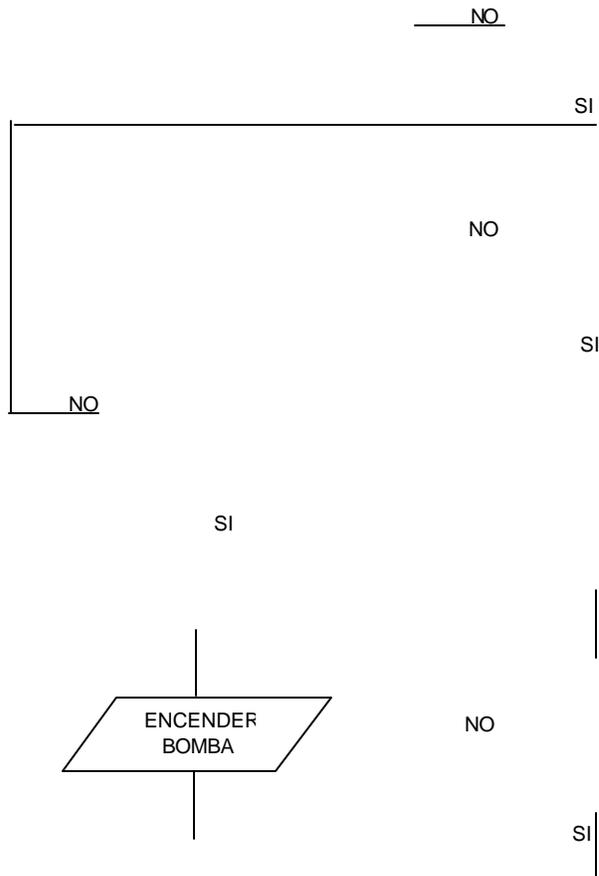
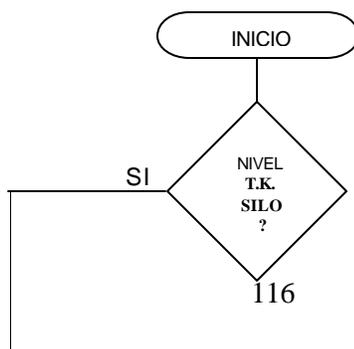
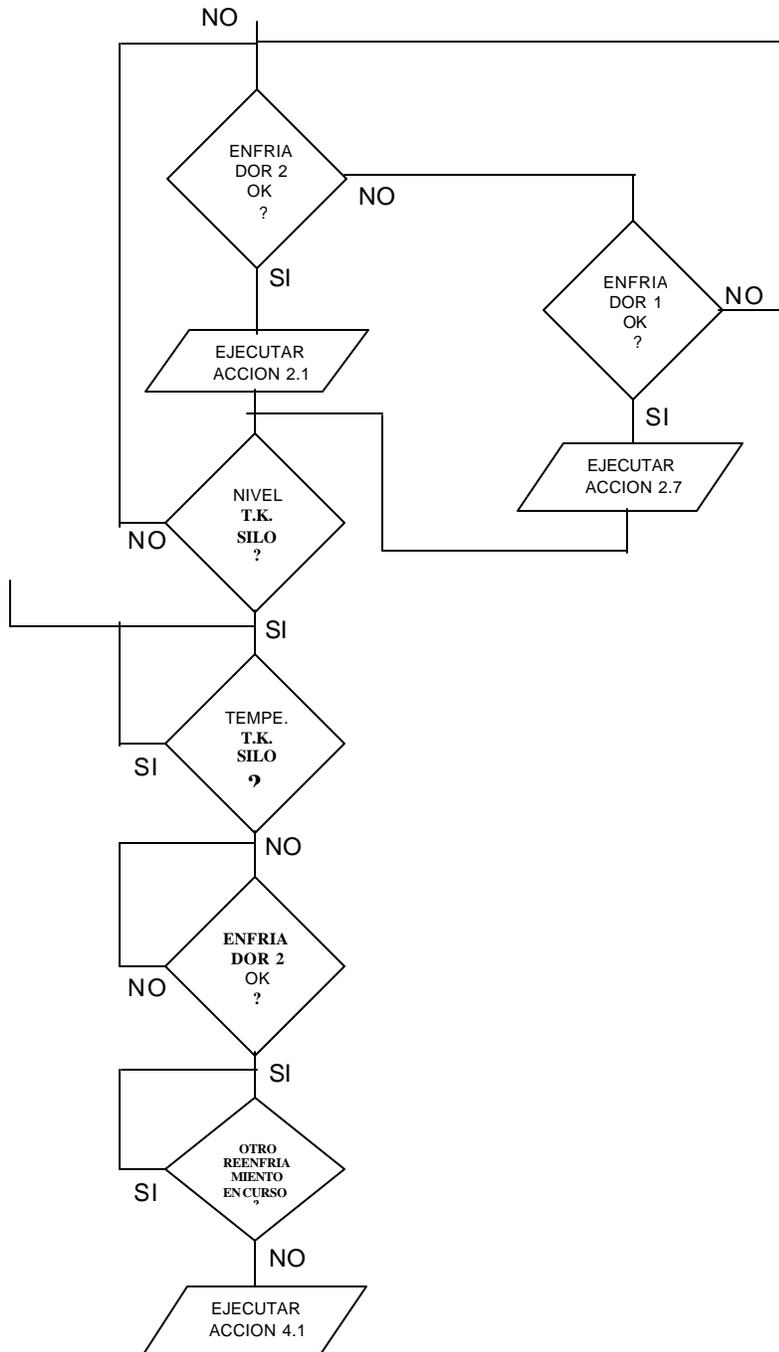


Figura 24. Diagrama para llenar el T.K. Silo y Reenfriar su contenido





8.4 SECUENCIA BÁSICA DE OPERACIÓN

El sistema automático está diseñado para realizar cualquier dinámica posible entre los equipos involucrados en los procesos de recibo, transporte, procesamiento y almacenamiento de la leche cruda. Esto es, desde las tinas receptoras del producto hasta los tanques de almacenamiento. Sin embargo, existe una rutina básica la cual es la mejor opción para manipular el producto y consiste en:

- El producto depositado en la tina 1 será trasladado hacia la tina 2; por medio de la bomba 1, si la tina 2 está al 90% de su capacidad será desviado hacia la tina 3. Si ambas tinas están al 90% de sus capacidades el producto será retenido hasta que la tina 2 este en capacidad de recibirlo.
- El producto depositado en la tina 2 será trasladado hacia el clarificador por medio de la bomba 2 a través de los filtros desaireadores, de allí hacia el enfriador 2. El producto se almacena en el silo de 60.000L.
- El producto depositado en la tina 3 será trasladado hacia el enfriador 1 a través del filtro desaireador por medio de la bomba 4. El producto se almacena en los tanques 1,2,3 y 4.
- Cuando se requiere producto en pasteurización, se traslada inicialmente el almacenado en el tanque1 luego el del tanque 2, si se requiere más, se traslada el producto del tanque silo de 60.000 Litros hacia el tanque 1, luego hacia el tanque 2, y de allí a pasteurización nuevamente.
- Cuando se requiera producto en pulverización, se traslada inicialmente el almacenado en el tanque 3, hacia el tanque silo de 30.000 Litros, luego el del tanque 4. Se debe enfriar el producto a través del enfriador 2 antes de llegar a su destino. Si es requerido más producto, se traslada del tanque silo de 60.000L al enfriador 2 y de allí al silo de 30.000 Litros.

Las operaciones de movimiento entre tanques realizadas cuando se traslada producto del tanque Silo de 60.000L. Hacia cualquier tanque 1,2,3,4 o Silo de 30.000L; es a voluntad del operador que solicita más producto al sistema a través de las estaciones de mando. El sistema reconoce de donde proviene la señal y realiza la acción de control trasladando el producto hacia el tanque requerido.

8.5 PROGRAMA PARA CARGAR EN EL PLC

El programa para cargar en el PLC Siemens Simatic S7-200 que se muestra a continuación está realizado en el lenguaje AWL el cual proporciona una secuencia lógica de comandos basados en una estructura de tareas o Networks que hacen fácil su comprensión y elaboración; ya que solo basta definir las entradas y salidas del proceso y configurar la estructura del programa en función a las lógicas que se requieren en el diseño.

```
ORGANIZATION_BLOCK PRINCIPAL:OB1
  TITLE=Comentario de UOP
  BEGIN
    Network 1
    // LÓGICA A: Indicación del 30% de la tina 1
    LDW>= AIW0, +9600
    =      M0.0

    Network 2
    // Indicación de vaciado completo de la tina 1
    LDW> AIW0, +0
    =      M0.1

    Network 3
    // Indicación de lleno de la tina 2
    LDW< AIW2, +32000
    =      M0.2

    Network 4
    // Indicación de lleno de la tina 3
    LDW< AIW4, +32000
    =      M0.3
```

```

Network 5
// Temporizador para el sistema de protección de la bomba 1
LD    M0.0
TON   T37, +1
TON   T38, +30
A     T37
AN    T38
=     M0.4

```

```

Network 6
// Lógica de la bomba 1
LDN   I0.3
A     M0.1
LD    M0.0
O     I0.3
ALD
LD    M0.2
O     M0.3
ALD

```

```

LD    I0.0
O     M0.4
ALD
=     M0.5

```

```

Network 7
// on/off bomba 1
LD    M0.5
LPS
EU
S     Q0.0, 1
LPP
ED
R     Q0.0, 1

```

```

Network 8
// Llenado de la tina 2
LD    M0.2
A     Q0.0
=     Q1.5

```

```

Network 9
// Llenado de la tina 3
LDN   Q1.5
A     Q0.0
A     M0.3
=     Q1.7

```

```

Network 10
// LÓGICA B: Indicación del 30% de la tina 2
LDW>= AIW2, +9600
=     M0.6

```

```

Network 11
// Indicación de vaciado de la tina 2
LDW> AIW2, +0
= M0.7

Net work 12
// Indicación de caída de presión en los filtros desaireadores de la tina 2
LDW>= AIW6, +22400
= M1.0

Network 13
// Indicador de caída de presión del enfriador 2 en la línea del producto
LDW<= AIW10, +22400
= M1.1

Network 14
// Indicador de aumento de temperatura del enfriador 1 en la línea del producto
LDW>= AIW12, +25000
= M1.2

Network 15
// Indicador de caída de presión del enfriador 1 en la línea de agua
LDW<= AIW14, +22400
= M1.3

Network 16
// Indicador de caída de presión del enfriador 2 en la línea del producto
LDW<= AIW16, +22400
= M1.4

Network 17
// Indicador de aumento de temperatura del enfriador 2 en la línea del producto
LDW>= AIW18, +25000
= M1.5

Network 18
// Indicador de caída de presión del enfriador 2 en la línea de agua
LDW<= AIW20, +22400
= M1.6

Network 19
// Temporizador para el sistema de protección de las bombas 2 y 3
LD M0.6
TON T39, +1
TON T40, +30
A T39
AN T40
= M1.7

Network 20
// Indicador de falla en el enfriador 1
LDN M1.7
A M1.1
LDN M1.7
A M1.2

```

```

        OLD
O      M1.3
=      M2.0

Network 21
// Indicador de falla en el enfriador 2
LDN   M1.7
A      M1.4
LDN   M1.7
A      M1.5
        OLD
O      M1.6
=      M2.1

Network 22
// Lógica de la bomba 2
LD     M0.7
AN     I0.4
AN     Q0.2
LD     I0.1
O      M1.7
        ALD
LD     M0.6
O      Q0.1
        ALD
LDN   M2.0
ON     M2.1
        ALD
=      M2.2

Network 23
// on/off de la bomba 2
LD     M2.2
        LPS
        EU
S      Q0.1, 1
        LPP
        ED
R      Q0.1, 1

Network 24
// Lógica de la bomba 3
LD     M0.7
AN     I0.5
AN     Q0.1
LD     I0.1
O      M1.7
        ALD
LD     M0.6
O      Q0.2
        ALD
LDN   M2.0
ON     M2.1
        ALD
=      M2.3

```

Network 25
// on/off bomba 3
LD M2.3
LPS
EU
S Q0.2, 1
LPP
ED
R Q0.2, 1

Network 26
// Control electroválvula 1.4
LD Q0.1
LD Q2.2
O Q2.3
ALD
= Q2.0

Network 27
// Control electroválvula 1.5
LD Q0.2
LD Q2.2
O Q2.3
ALD
= Q2.1

Network 28
// Funcionamiento normal
LD Q0.1
O Q0.2
LD M1.0
O M1.7
ALD
AN I0.6
AN M2.1
AN I2.0
= M2.4

Network 29
// Control electrtoválvula 1.2
LD Q0.1
O Q0.2
LD Q2.2
O Q2.3
ALD
= Q1.6

Network 30
// Falla repentina en el clarificador
LD I0.6
LPS
EU
S M2.5, 1
LPP

ED
R M2.5, 1

Network 31
// Control EV1.6
LD M2.4
LDN I2.0
A M2.5
OLD
= Q2.2

Network 32
// Hacia el enfriador 1
LD Q0.1
O Q0.2
LD I2.0
LD I2.0
A I0.6
OLD
ALD
AN M2.0
LDN M2.1
LD M2.1
AN M2.0
OLD
ALD
= M2.6

Network 33
// Hacia el enfriador 2
LD Q0.1
O Q0.2
LD I2.0
LD I2.0
A I0.6
OLD
ALD
AN M2.1
A M2.0
= M2.7

Network 34
// Control EV1.7
LD M2.6
O M2.7
= Q2.3

Network 35
// Control EV1.7.1
LD Q2.3
= Q2.4

Network 36
// Control EV1.8
LD Q2.3

O M2.5
= Q2.5

Network 37
// Control EV1.9
LD M2.7
= Q2.6

Network 38
// Control EV1.9.1
LD M2.7
O M3.7
O Q0.5
= Q2.7

Network 39
// Control EV1.10
LD M2.6
O M2.5
AN M2.0
= Q3.0

Network 40
// Control EV1.E1
LD M2.5
O M2.6
AN M2.0
O M3.6
= Q3.4

Network 41
// Control EV1.13
LD Q2.2
= Q3.6

Network 42
// Control EV1.13.1
LD M2.4
= Q3.7

Network 43
// Control EV1.13.2
LD Q3.7
= Q4.0

Network 44
// Control EV1.E2
LD M2.4
O M2.7
O M3.7
O Q0.5
= Q4.1

Network 45
// Control EV1.14

```

LD M2.5
AN I2.0
= Q4.2

Network 46
// Control clarificador
LD M2.4
= Q0.3

Network 47
// LOGICA C: Indicación de la tina 3 al 30% ded su capacidad
LDW>= AIW4, +9600
= M3.1

Network 48
// Indicación de vaciado de la tina 3
LDW> AIW4, +0
= M3.2

Network 49
// Indicador de caída de presión del filtro de la tina 3
LDW>= AIW8, +22400
= M3.3

Network 50
// Temporizador del sistema de protección de la bomba 4
LD M3.1
TON T41, +1
TON T42, +30
A T41
AN T42
= M3.4

Network 51
// Control de la bomba 4
LD M3.2
AN I2.1
AN I0.7
LDN M2.0
ON M2.1
ALD
LD I0.3
O M3.4
ALD
LD M3.1
O Q2.4
ALD
LD M3.3
O M3.4
ALD
= M3.5

Network 52
// on/off bomba 4
LD M3.5
LPS

```

EU
S Q0.4, 1
LPP
ED
R Q0.4, 1

Network 53
// Hacia el enfriador 1
LD Q0.4
AN M2.0
LDN M2.1
LD M2.1
AN M2.0
OLD
ALD
= M3.6

Network 54
// Hacia el enfriador 2
LD Q0.4
AN M2.1
A M2.0
= M3.7

Network 55
// Control EV1.12
LD M3.7
= Q3.5

Network 56
// Control EV1.11-1.11.1
LD M3.6
O M3.7
= Q3.1
= Q3.2

Network 57
// Control EV1.11.2
LD M3.6
= Q3.3

Network 58
// LÓGICA D Indicación de nivel a la altura de las paletas del tanque silo de 60000 L
LDW>= AIW22, +2000
= M4.0

Network 59
// Indicador de nivel alto del tanque silo de 60000 L
LDW>= AIW22, +30000
= M4.1

Network 60
// Indicación de aumento de temperatura en el tanque silo de 60000 L
LDW>= AIW24, +28000

= M4.2

Network 61

// Llenado del tanque silo de 60000 L desde el enfriador 2

LD Q0.1

O Q0.2

O Q0.4

LD M1.4

LDN M1.4

A M3.0

OLD

ALD

AN M4.1

AN M2.1

= M3.0

Network 62

// Llenado del tanque silo de 60000 L del enfriador 1 cuando el enfriador 2 esta fuera de servicio

LD Q0.1

O Q0.2

O Q0.4

A M2.1

AN M4.1

= Q4.4

Network 63

// on/off del agitador del tanque silo de 60000 L

LD M4.0

AN I1.2

= Q0.7

Network 64

// Reenfriamiento del tanque silo

LD M4.0

A M4.2

LD M1.4

LDN M1.4

A M4.3

OLD

ALD

= M4.3

Network 65

// Indicación de nivel a la altura de las paletas del tanque 1

LDW>= AIW26, +2000

= M4.4

Network 66

// Indicación de nivel alto del tanque 1

LDW>= AIW26, +30000

= M4.5

Network 67

// Indicación de nivel a la altura de las paletas del tanque 2

LDW>= AIW30, +2000

```

=      M4.6

Network 68
// Indicación de nivel alto del tanque 2
LDW>= AIW30, +30000
=      M4.7

Network 69
// Indicación de nivel a la altura de las paletas del tanque 3
LDW>= AIW34, +2000
=      M5.0

Network 70
// Indicación de nivel alto del tanque 3
LDW>= AIW34, +30000
=      M5.1

Network 71
// Indicación de nivel a la altura de las paletas del tanque 4
LDW>= AIW38, +2000
=      M5.2

Network 72
// Indicación de nivel alto del tanque 4
LDW>= AIW38, +30000
=      M5.3

Network 73
// Llenado del tanque 1
LDN  M2.0
AN  M4.5
=  M5.4

Network 74
// Llenado del tanque 1 desde el enfriador 2 (falla en el enfriador 1)
LD  M1.4
LDN M1.4
A  M5.5
OLD
A  M2.0
AN  M2.1
AN  M4.5
=  M5.5

Network 75
// on/off del agitador del tanque 1
LD  M4.4
AN  I1.3
=  Q1.0

Network 76
// Llenado del tanque 2
LDN  M2.0
AN  M4.7
=  M5.6

```

```
Network 77
// Llenado del tanque 2 desde el enfriador 2 (falla en el enfriador 1)
LD M1.4
LDN M1.4
A M5.7
OLD
A M2.0
AN M2.1
AN M4.7
= M5.7
```

```
Network 78
// on/off del agitador del tanque 2
LD M4.6
AN I1.4
= Q1.1
```

```
Network 79
// Llenado del tanque 3
LDN M2.0
A M4.5
A M4.7
AN M5.1
= M6.0
```

```
Network 80
// Llenado del tanque 3 desde el enfriador 2 (falla en el enfriador 1)
LD M1.4
LDN M1.4
A M6.1
OLD
A M2.0
AN M2.1
A M4.5
A M4.7
AN M5.1
= M6.1
```

```
Network 81
// on/off agitador del tanque 3
LD M5.0
AN I1.5
= Q1.2
```

```
Network 82
// Llenado del tanque 4
LDN M2.0
A M4.5
A M4.7
AN M5.3
= M6.2
```

```
Network 83
// Llenado del tanque 4 desde el enfriador 2 (falla en el enfriador 1)
```

LDN M2.1
AN M5.3
LD M1.4
LDN M1.4
A M6.3

OLD
ALD
A M2.0
A M4.5
A M4.7
= M6.3

Network 84

// on/off agitador del tanque 4

LD M4.6
AN I1.6
= Q1.3

Network 85

// Transporte de leche del tanque 1 a pasteurización

LD M4.4
A I2.2
= M6.4

Network 86

// Transporte de leche del tanque silo de 60000 L al tanque 1

LD I2.2
LDN M4.4
LD M4.4
AN M4.5
OLD
ALD
A M4.0
= M6.5

Network 87

// Transporte de leche del tanque 2 a pasteurización

LD M4.6
A I2.2
= M6.6

Network 88

// Transporte de leche del tanque silo de 60000 L al tanque 2

LD I2.2
LDN M4.6
LD M4.6
AN M4.7
OLD
ALD
A M4.0
= M6.7

Network 89

// Indicación de aumento de temperatura en el tanque 1

LDW>= AIW28, +28000

```

= M7.0

Network 90
// Indicación de aumento de temperatura en el tanque 2
LDW>= AIW32, +28000
= M7.1

Network 91
// Indicación de aumento de temperatura en el tanque 3
LDW>= AIW36, +28000
= M7.2

Network 92
// Indicación de aumento de temperatura en el tanque4
LDW>= AIW40, +28000
= M7.3
Network 93
// Indicador de nivel máximo del tanque silo de pulverización
LDW>= AIW42, +30000
= M7.4

Network 94
// Indicación de nivel en el silo de pulverización a la altura de las paletas
LDW>= AIW42, +2000
= M8.6

Network 95
// on/off agitador del silo de pulverización
LDN I1.7
A M8.6
= Q1.4

Network 96
// Transporte de la leche del tanque 3 hacia pulverización
LD I2.3
A M5.0
AN M7.2
LD M1.4
LDN M1.4
A M7.5
OLD
ALD
AN M7.4
= M7.5

Network 97
// Llenado del tanque 3 del silo de 60000 L
LD I2.3
LDN M5.0
LD M5.0
AN M5.1
OLD
ALD
A M4.0
AN M7.4

```

= M7.6

Network 98

// Transporte de la leche del tanque 4 hacia pulverización

LD I2.3

A M5.2

AN M7.3

LD M1.4

LDN M1.4

A M7.7

OLD

ALD

AN M7.4

= M7.7

Network 99

// Llenado del tanque 3 del silo de 60000 L

LD I2.3

LDN M5.2

LD M5.2

AN M5.3

OLD

ALD

A M4.0

AN M7.4

= M8.0

Network 100

// Envío de leche del tanque silo de 60000 L a pulverizado

LD I2.3

A M7.6

A M8.0

AN M7.4

LD M1.4

LDN M1.4

A M8.5

OLD

ALD

= M8.5

Network 101

// Reenfriar leche del tanque 3 e inmediatamente enviarla a pulverización

LD M5.0

A I2.3

A M7.2

AN M7.4

LD M1.4

LDN M1.4

A M8.1

OLD

ALD

= M8.1

Network 102

// Reenfriar leche del tanque 4 e inmediatamente enviarla a pulverización

LD M5.2
A I2.3
A M7.3
AN M7.4
LD M1.4
LDN M1.4
A M8.2
OLD
ALD
= M8.2

Network 103
// Reenfriar leche del tanque 3

LD M5.0
AN I2.3
A M7.2
LD M1.4
LDN M1.4
A M8.3
OLD
ALD
= M8.3

Network 104
// Reenfriar leche del tanque 4

LD M5.2
AN I2.3
A M7.3
LD M1.4
LDN M1.4
A M8.4
OLD
ALD
= M8.4

Network 105
// on/off bomba 5

LDN I1.0
LD M4.3
O M7.5
O M7.7
O M8.1
O M8.2
O M8.3
O M8.4
O M8.5
ALD
= Q0.5

Network 106
// on/off bomba 6

LDN I1.1
LD M7.6
O M8.0
O M6.5

```
O    M6.7
  ALD
  =   Q0.6
```

```
Network 107
// Control EV2.1
LD   Q0.5
  =   Q4.3
```

```
Network 108
// Control EV1.15.1
LD   M5.4
O    M5.6
O    M6.0
O    M6.2
  =   Q4.5
```

```
Network 109
// Control EV1.16.1
LD   M5.5
O    M5.7
O    M6.1
O    M6.3
O    M7.5
O    M8.5
O    M8.1
O    M8.2
O    M8.3
O    M8.4
  =   Q4.7
```

```
Network 110
// Control EV1.17
LD   M7.5
O    M7.7
O    M8.5
O    M8.1
O    M8.2
  =   Q5.0
  =   Q8.2
```

```
Network 111
// Control EV1.18
LD   M5.5
O    M5.7
O    M6.1
O    M6.3
O    M8.3
O    M8.4
  =   Q5.1
```

```
Network 112
// Control EV1.19
LD   M5.5
O    M5.7
O    M6.5
```

O M6.7
= Q5.2

Network 113
// Control EV1.20
LD M6.1
O M6.3
O M8.0
O M8.3
O M8.4
= Q5.3

Network 114
// Control EV1.21
LD M5.5
O M6.5
= Q5.4

Network 115
// Control EV1.22
LD M5.7
= Q5.5

Network 116
// Control EV1.23
LD M5.6
O M5.7
O M6.7
= Q5.6

Network 117
// Control EV1.24
LD M5.4
= Q5.7

Network 118
// Control EV1.25
LD M5.4
O M5.5
O M6.5
= Q6.0

Network 119
// Control EV1.26
LD M5.4
O M5.6
O M6.7
= Q6.1

Network 120
// Control EV1.27
LD M6.0
O M6.2

O M7.6
= Q6.2

Network 121
// Control EV1.28

LD M6.2
= Q6.3

Network 122
// Control EV1.29

LD M6.0
O M7.6
= Q6.4

Network 123
// Control EV1.30

LD M6.2
O M6.3
O M8.0
O M8.4
= Q6.5

Network 124
// Control EV1.31

LD M6.1
O M8.3
= Q6.6

Network 125
// Control EV1.32

LD M6.0
O M6.1
O M7.6
O M8.3
= Q6.7

Network 126
// Control EV1.34

LD M8.3
O M8.4
O M7.5
O M7.7
O M8.1
O M8.2
= Q7.1

Network 127
// Control EV1.35

LD M8.3
O M7.5
O M8.1
= Q7.2

Network 128
// Control EV1.36

LD M6.5

O M8.0
= Q7.3

Network 129
// Control EV1.37
LD M6.7
O M7.6
= Q7.4

Network 130
// Control EV1.38
LD M6.4
O M6.6
= Q7.5

Network 131
// Control EV1.40
LD M6.6
= Q7.7

Network 132
// Control EV1.42
LD M6.4
= Q8.1

Network 133
// Control EVS1
LD M6.5
O M6.7
O M7.6
O M8.0
= Q8.3

Network 134
// Control EVS2
LD M4.3
O M8.5
= Q8.4

Network 135
// Control EV3.1
LD M6.4
= Q8.5

Network 136
// Control EV3.2
LD M6.6
= Q8.6

Network 137
// Control EV3.3
LD M7.5
O M8.1
O M8.3
= Q8.7

```

Network 138
// Control EV3.4
LD M7.7
O M8.2
O M8.4
= M9.0
END_ORGANIZATION_BLOCK

```

8.5.1 Tabla de contactos del sistema de control (PLC)

Para la elaboración de la tabla de contactos que controlará el programa del PLC, se asignan las direcciones de memoria de la CPU 226 y los módulos de ampliación requeridos. La tabla 9 muestra dicha asignación:

Tabla 9. Asignaciones de Memoria

POSICIÓN DE MEMORIA	DESCRIPCIÓN
I 0.0	Sensor de Flujo de la Tina 1.
I 0.1	Sensor de Flujo de la Tina 2.
I 0.2	Sensor de Flujo de la Tina 3.
I 0.3	Sensor de Movimiento de Bomba 1
I 0.4	Sensor de Movimiento de Bomba 2.
I 0.5	Sensor de Movimiento de Bomba 3.
I 0.6	Relé de estación mando a distancia clarificador
I 0.7	Sensor de Movimiento de Bomba 4.
I 1.0	Sensor de Movimiento de Bomba 5.
I 1.1	Sensor de Movimiento de Bomba 6.
I 1.2	Sensor de Movimiento del Motor agitador del S1.
I 1.3	Sensor de Movimiento del Motor agitador del T.K. 1.
I 1.4	Sensor de Movimiento del Motor agitador del T.K. 2.
I 1.5	Sensor de Movimiento del Motor agitador del T.K. 3.
I 1.6	Sensor de Movimiento del Motor agitador del T.K. 4.
I 1.7	Sensor de Movimiento del Motor agitador del S2.
I 2.0	Interruptor de los filtros desaireadores 2
I 2.1	Interruptor de los filtros desaireadores 1
I 2.2	Relé de estación mando a distancia de TK 1.
I 2.3	Relé de estación mando a distancia Silo de 30.000 L.

Q 0.0	Encendido de la Bomba 1.
Q 0.1	Encendido de la Bomba 2.
Q 0.2	Encendido de la Bomba 3.
Q 0.3	Confirmación del Clarificador
Q 0.4	Encendido de la Bomba 4.
Q 0.5	Encendido de la Bomba 5.
Q 0.6	Encendido de la Bomba 6.
Q 0.7	Encendido del Motor agitador del Silo de 60.000 L.
Q 1.0	Encendido del Motor agitador de T.K. 1.
Q 1.1	Encendido del Motor agitador de T.K. 2.
Q 1.2	Encendido del Motor agitador de T.K. 3.
Q 1.3	Encendido del Motor agitador de T.K. 4.
Q 1.4	Encendido del Motor agitador del Silo de 30.000 L.
Q 1.5	Electroválvula 1.1
Q 1.6	Electroválvula 1.2
Q 1.7	Electroválvula 1.3
Q 2.0	Electroválvula 1.4
Q 2.1	Electroválvula 1.5
Q 2.2	Electroválvula 1.6
Q 2.3	Electroválvula 1.7
Q 2.4	Electroválvula 1.7.1
Q 2.5	Electroválvula 1.8
Q 2.6	Electroválvula 1.9
Q 2.7	Electroválvula 1.9.1
Q 3.0	Electroválvula 1.10
Q 3.1	Electroválvula 1.11
Q 3.2	Electroválvula 1.11.1
Q 3.3	Electroválvula 1.11.2
Q 3.4	Electroválvula del Enfriador 1
Q 3.5	Electroválvula 1.12
Q 3.6	Electroválvula 1.13
Q 3.7	Electroválvula 1.13.1
Q 4.0	Electroválvula 1.13.2
Q 4.1	Electroválvula del Enfriador 2.
Q 4.2	Electroválvula 1.14
Q 4.3	Electroválvula 2.1
Q 4.4	Electroválvula 1.15
Q 4.5	Electroválvula 1.15.1
Q 4.6	Electroválvula 1.16

Q 4.7	Electroválvula 1.16.1
Q 5.0	Electroválvula 1.17
Q 5.1	Electroválvula 1.18
Q 5.2	Electroválvula 1.19
Q 5.3	Electroválvula 1.20
Q 5.4	Electroválvula 1.21
Q 5.5	Electroválvula 1.22
Q 5.6	Electroválvula 1.23
Q 5.7	Electroválvula 1.24
Q 6.0	Electroválvula 1.25
Q 6.1	Electroválvula 1.26
Q 6.2	Electroválvula 1.27
Q 6.3	Electroválvula 1.28
Q 6.4	Electroválvula 1.29
Q 6.5	Electroválvula 1.30
Q 6.6	Electroválvula 1.31
Q 6.7	Electroválvula 1.32
Q 7.0	Electroválvula 1.33
Q 7.1	Electroválvula 1.34
Q 7.2	Electroválvula 1.35
Q 7.3	Electroválvula 1.36
Q 7.4	Electroválvula 1.37
Q 7.5	Electroválvula 1.38
Q 7.6	Electroválvula 1.39
Q 7.7	Electroválvula 1.40
Q 8.0	Electroválvula 1.41
Q 8.1	Electroválvula 1.42
Q 8.2	Electroválvula 1.43
Q 8.3	Electroválvula Tanque silo de 60.000L salida del P
Q 8.4	Electroválvula Tanque silo de 60.000L para Re.
Q 8.5	Electroválvula 3.1 salida del producto del Tanque 1.
Q 8.6	Electroválvula 3.2 salida del producto del Tanque 2.
Q 8.7	Electroválvula 3.3 salida del producto de Tanque 3.
Q 9.0	Electroválvula 3.4 salida del producto de Tanque 4.
AIW 0	Transmisor de Nivel de la Tina 1.
AIW 2	Transmisor de Nivel de la Tina 2.
AIW 4	Transmisor de Nivel de la Tina 3.
AIW 6	Transmisor de Presión de los Filtros Tina 2
AIW 8	Transmisor de Presión del filtro de la Tina 3.

AIW 10	Transmisor de Presión del Enfriador 1 Producto.
AIW 12	Transmisor de Temperatura del Enfriador 1 Producto.
AIW 14	Transmisor de Presión del Enfriador 1 agua.
AIW 16	Transmisor de Presión del Enfriador 2 producto.
AIW 18	Transmisor de temperatura del Enfriador 2 producto.
AIW 20	Transmisor de Presión del Enfriador 2 agua.
AIW 22	Transmisor de Nivel del Tanque Silo de 60.000L.
AIW 24	Transmisor de Temperatura del Tanque Silo de 60.000L.
AIW 26	Transmisor de Nivel del Tanque 1.
AIW 28	Transmisor de Temperatura del Tanque 1.
AIW 30	Transmisor de Nivel del Tanque 2.
AIW 32	Transmisor de Temperatura del Tanque 2.
AIW 34	Transmisor de Nivel del Tanque 3.
AIW 36	Transmisor de Temperatura del Tanque 3.
AIW 38	Transmisor de Nivel del Tanque 4.
AIW 40	Transmisor de Temperatura del Tanque 4.
AIW 42	Transmisor de Temperatura del Tanque Pulverización.

8.6 CONEXIÓN DEL SISTEMA A LA RED DE POTENCIA

8.6.1 Conexión de motobombas y motores agitadores

Los equipos eléctricos utilizados en la zona de recibo y almacenamiento de leche cruda en la cooperativa Codegan Ltda. son cinco Motobombas y seis Motores agitadores.

Las características eléctricas de las motobombas y de los motores agitadores se encuentran en la tabla 10 que se presenta a continuación, especificando su voltaje, potencia, corriente, fase y frecuencia.

Tabla 10. Características eléctricas de los motores y bombas

24 EQUIPO	25 V	26 P	27 In	28 FASES	29 HZ
Bomba 1	220 V	7.5Hp	21 A	3	60 Hz
Bomba 2	220 V	5 Hp	12.4 A	3	60 Hz
Bomba 3	220 V	5 Hp	12.4 A	3	60 Hz
Bomba 4	220 V	5 Hp	12.4 A	3	60 Hz
Bomba 5	220 V	5 Hp	12.4 A	3	60 Hz
Bomba 6	220 V	5 Hp	12.4 A	3	60 Hz
Agitador T.K. 1	220 V	0.9 Hp	3.1 A	3	60 Hz
Agitador T.K. 2	220 V	1.2 Hp	4 A	3	60 Hz
Agitador T.K. 3	220 V	1.2 Hp	4 A	3	60 Hz
Agitador T.K. 4	220 V	1.2 Hp	2.6 A	3	60 Hz
Agitador Silo 60.000	220 V	6.6 Hp	19 A	3	60 Hz
Agitador Silo 30.000	220 V	6.6 Hp	19 A	3	60 Hz

Estos equipos presentan los mandos de control y las protecciones típicas para energizar motores de acuerdo al Código Eléctrico Colombiano. La bomba 6 se debe adquirir con sus elementos de protección. La corriente nominal de este equipo es de 12.4 A y de acuerdo al Código Eléctrico Colombiano el contactor debe soportar el 125% de la corriente de placa del motor, esto es 16 A. Para la selección del interruptor de sobre Corriente se escoge uno con el mismo criterio. Los cables deben ser AWG 12. Del catalogo de productos de Telemecanique, se escoge el contactor tripolar LC1D1810 y el interruptor de Merlin Gerin. C60N tipo24350.

Para implementar el accionamiento automático, el Sistema de control (PLC) es el encargado de suministrar la señal de activación de estos equipos y se debe permitir el accionamiento manual de los mismos.

Para conseguir el mando, se utilizará el esquema de la figura 28 y para energizar los motores se utiliza el esquema de la figura 29.

Figura 28. Diagrama de mando para energizar las Motobombas y Agitadores

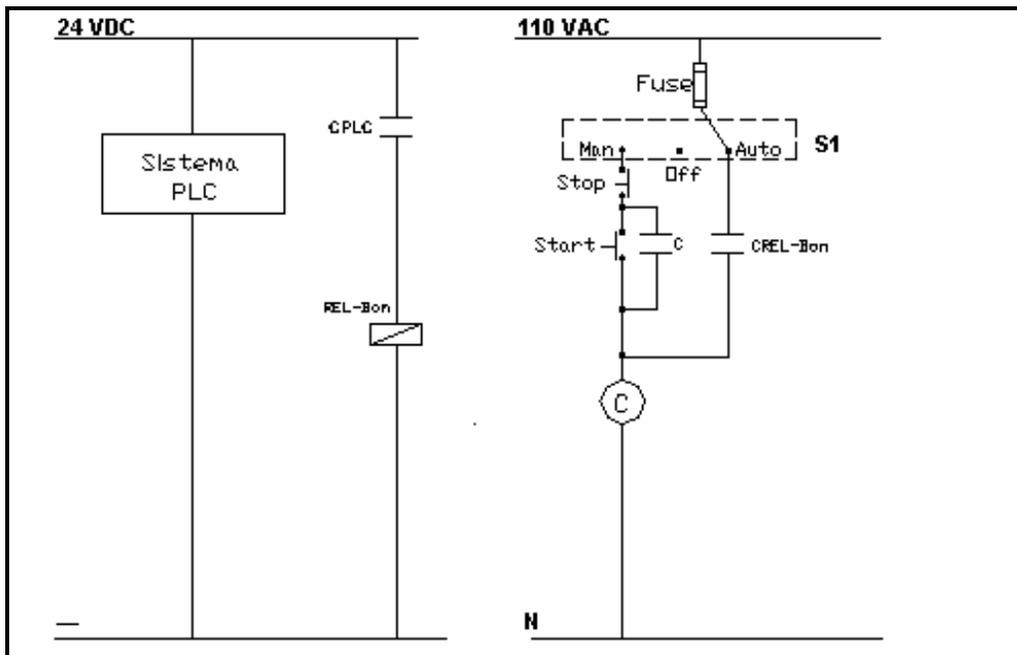
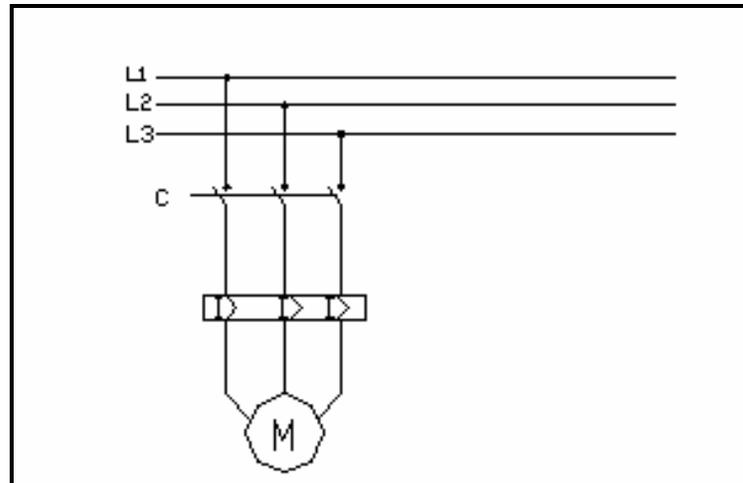


Figura 29. Diagrama de potencia de las Motobombas y motores agitadores



En la figura 28 se muestra el sistema de mando para energizar manual o automáticamente los motores de la planta, Para las Motobombas se ubicaran en estaciones individuales. En la figura 28 REL-Bon es la bobina de los relevos mecánicos de contactos sencillos que realiza la interfase entre el sistema PLC y los contactores de las Motobombas y agitadores; se utilizaran 12 relevos mecánicos para el accionamiento de estos equipos. Estos relevos son a 24Vcc y soportan una corriente en sus contactos de 8 A.

El contacto CREL-Bon lo emplea el sistema de control para arranque y detención del motor; se encuentra un interruptor de tres posiciones (manual, automático y apagado), también se encuentran interruptores de pulsación manual para arranque y detención así como la bobina del contactor y sus contactos asociados.

El interruptor S1 habilita el sistema a manual, automático o apagado, si está en posición automática, el sistema PLC de acuerdo a su lógica energiza la bobina del relevo REL-Bon que cierra su contacto CREL-Bon y se acciona el contactor C, energizando al motor. Para detener el sistema se desenergiza la bobina REL-Bon que abre su contacto CREL-Bon deshabilitando al contactor C, desenergizando al motor.

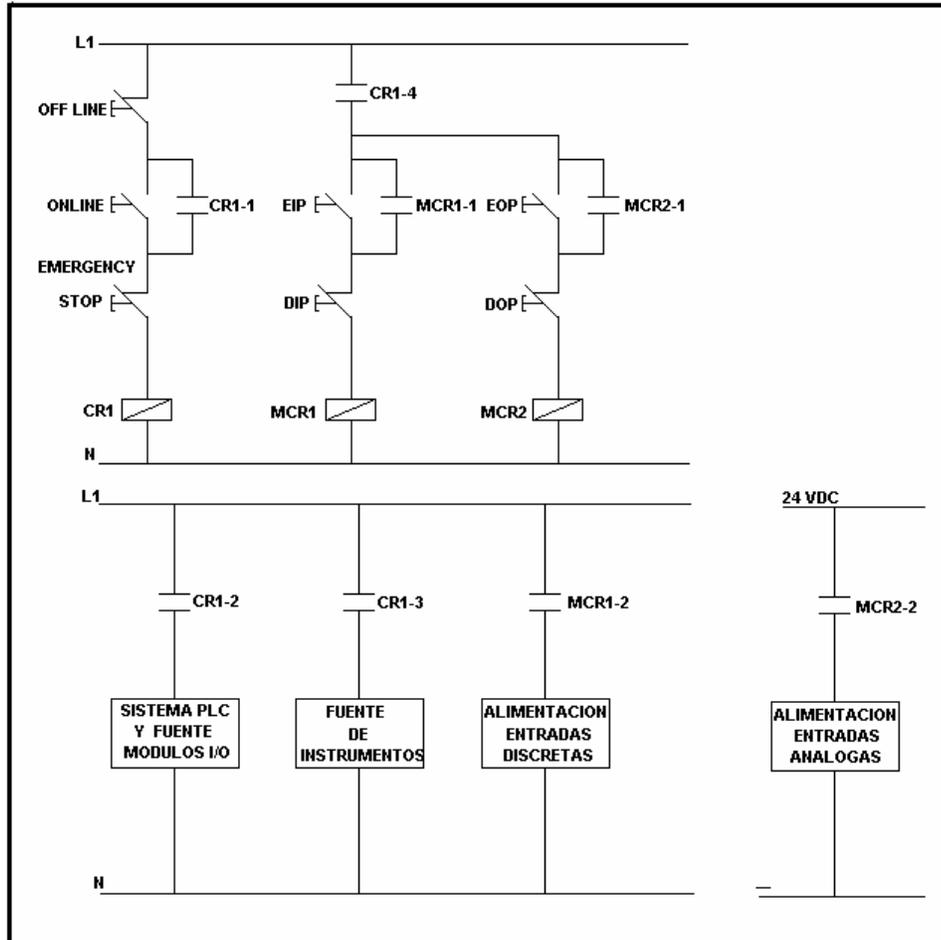
Si el interruptor S1 se encuentra en la posición manual, el accionamiento del contactor del motor es realizando pulsando el interruptor start y para detener el motor se acciona el pulsador stop. La posición de apagado (off) se utiliza para deshabilitar el contactor del motor de cualquier tipo de accionamiento (manual o Automático).

8.6.2 Conexión del sistema de control PLC

El montaje del PLC requiere de dispositivos básicos para su funcionamiento como lo son: fuente de alimentación, memoria EEPROM, accesorios de montaje (gabinete, rieles, canaletas, aisladores, barraje, Bornes de tierra) y protecciones (disyuntores monopolares y bipolares).

Para la conexión del sistema a la red de potencia, es ampliamente utilizado el circuito que se muestra en la figura 30.

Figura 30. Conexión del sistema de control PLC a la red de potencia



Mediante el pulsador ON LINE se energiza la bobina CR1 que cierra los contactos CR1-1, CR1-2, CR1-3 y CR1-4. El contacto CR1-1 se utiliza para mantener energizada la bobina CR1, el contacto CR1-2 energiza el sistema PLC y la fuente de alimentación de los módulos de entrada y salida, el contacto CR1-3 energiza la fuente de los instrumentos y el contacto CR1-4 habilita los interruptores para energizar las entradas discretas y analógicas del sistema.

La puesta en funcionamiento de las entradas discretas y analógicas se efectúa pulsando los contactos EIP y EOP, que activan las bobinas MCR1 y MCR2 respectivamente.

Con la activación de la bobina MCR1, se cierran los contactos MCR1-1 y MCR1-2, este último habilita la línea de alimentación para los sensores de entradas discreta, con la activación de la bobina MCR2, se cierran los contactos MCR2-1 y MCR2-2 el cual energiza las entradas analógicas del sistema, ver figura 29.

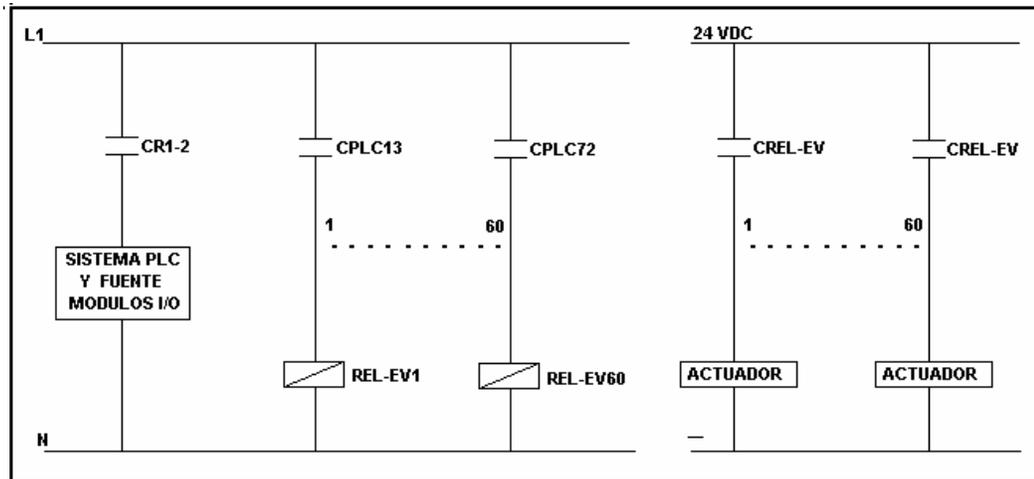
Los pulsadores DIP y DOP sirven para deshabitar las entradas y salidas del PLC respectivamente, para desenergizar el sistema PLC se utiliza el pulsador OFFLINE, y para deshabilitar todo el sistema se utiliza el pulsador EMERGENCY STOP.

El circuito de conexión a la red de potencia puede complementarse con la inclusión de un condensador en paralelo con el lado secundario del transformador, el cual no permite cambios bruscos de tensión o transitorios generados por las cargas inductivas del sistema.

8.6.3 Conexión de las Electroválvulas

Para el accionamiento de los actuadores de las electroválvulas se utilizara el esquema de la figura 31.

Figura 31. Diagrama de Mando para Energizar las Electroválvulas



El sistema PLC es el encargado de energizar las bobinas de los relevos REL-EV que cierran sus contactos CREL-EV y energizan el actuador que acciona la válvula. Estos actuadores son a 110V y 2 A.

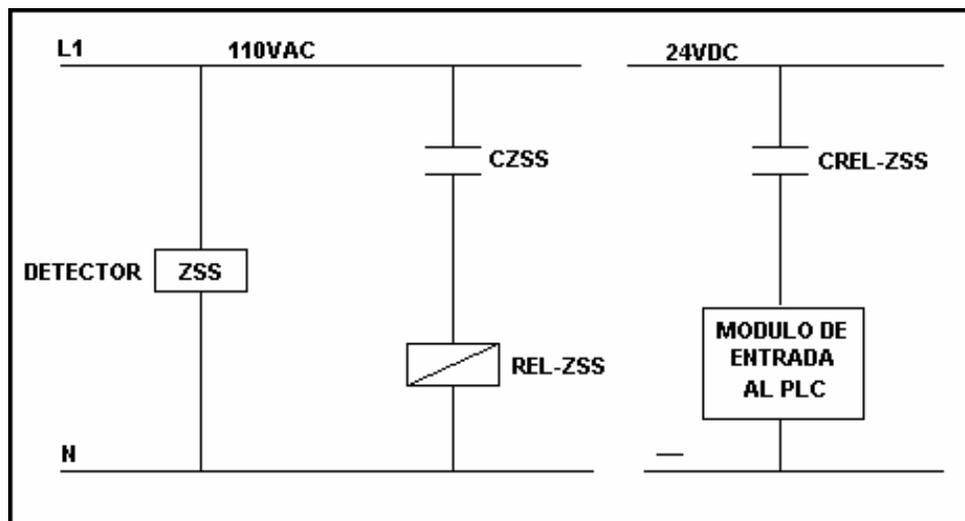
Existen 60 relevos mecánicos encargados de energizar los actuadores de las electroválvulas, los cuales se hallan alojados en el gabinete del sistema de control PLC.

8.6.4 Conexión de los interruptores por ausencia de movimiento ZSS

El interruptor por ausencia de movimiento (ZSS) del fabricante Siemens es un sensor sin contacto empleado para proteger los equipos rotativos en el arbol del motor en las motobombas para el transporte del producto y los motores agitadores de los tanques de almacenamiento.

Este sensor incorpora temporizadores de arranque y un contacto de relé tipo seco el cual presenta una capacidad nominal de 5 A y 250 VAC. El sensor se puede conectar a 115 o 230 VAC 60 Hz y el diagrama de conexión eléctrica empleado en el sistema se ilustra en la figura 32.

Figura 32. Diagrama de mando del interruptor por ausencia de movimiento ZSS como entrada discreta al PLC

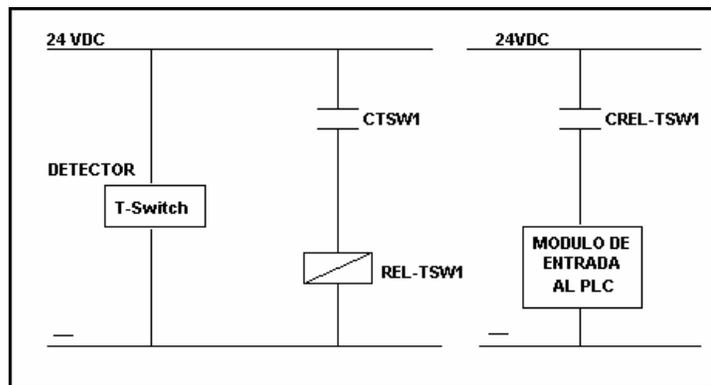


8.6.5 Conexión de los interruptores por ausencia de flujo T-Switch

Los interruptores por ausencia de flujo son empleados para evitar que las motobombas succionen aire y se perjudiquen sus partes rotativas. Este interruptor

presenta una salida de contacto de relé y debe ser energizado con 24VDC para su operación. El diagrama para la conexión eléctrica se muestra en la figura 33.

Figura 33. Diagrama de mando del interruptor por ausencia de flujo T-Switch como entrada discreta al PLC



8.6.6 Conexión de las Estaciones de Mando para reenvío del producto

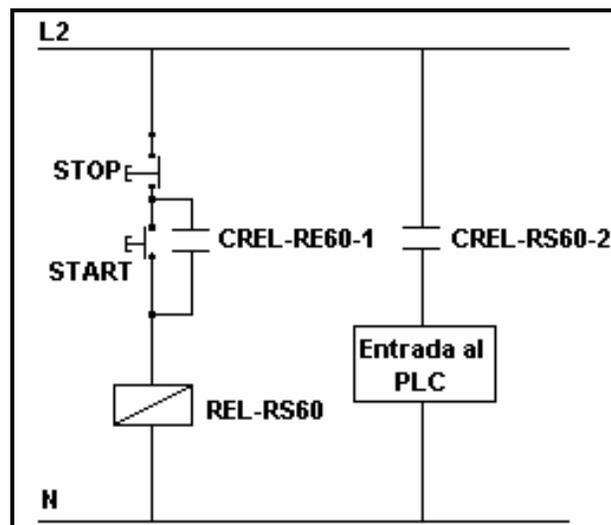
Las estaciones de mando se utilizan como una señal discreta de entrada al PLC y su función es dar una señal para que el sistema ejecute el traslado del producto del tanque Silo de 60.000 L al tanque solicitado.

Además existe otra estación de mando a distancia para dar una señal discreta al PLC, que confirma el funcionamiento del Clarificador, si está activa, el

Clarificador está funcionando correctamente, caso contrario estará fuera de servicio.

La conexión de las estaciones de mando a distancia al PLC se ilustra en la figura 34.

Figura 34. Diagrama de Mando al sistema PLC para reenvío del producto y confirmación del clarificador

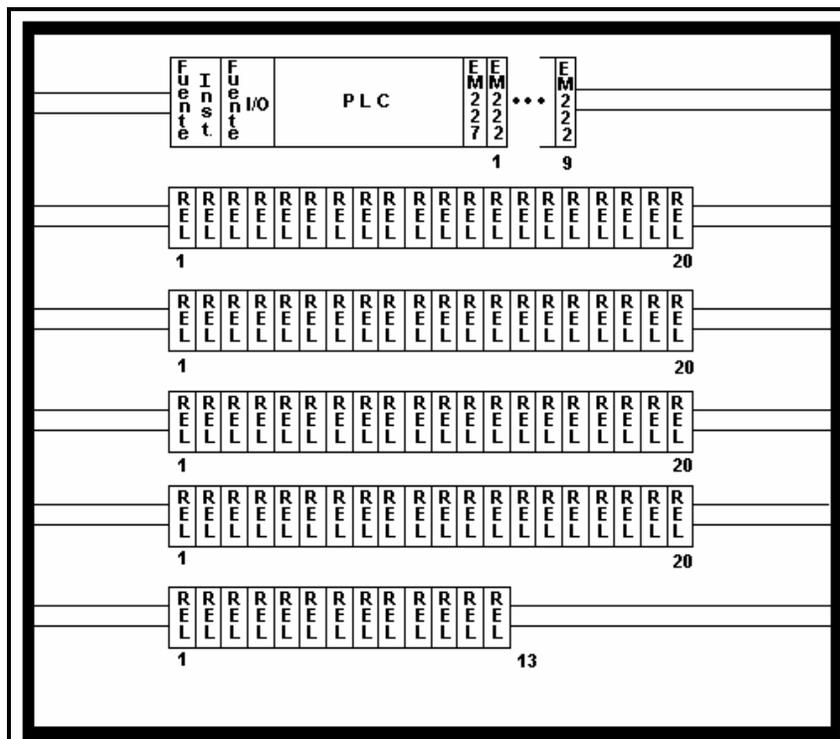


Las Estaciones de Mando para reenvío del producto y confirmación del Clarificador están conectadas a 110VAC y están ubicadas en las inmediaciones del área donde se encuentra el tanque requerido para ser nuevamente llenado y el

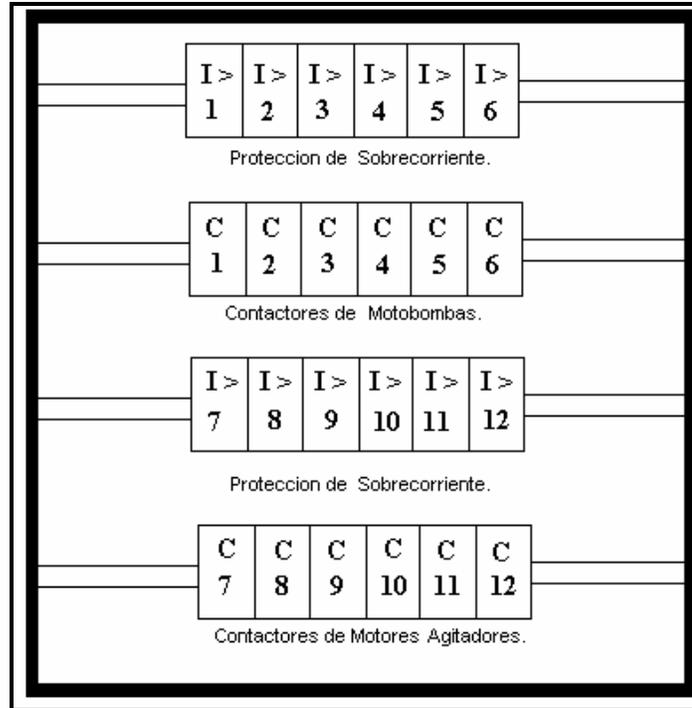
equipo de clarificación. Los relés que envían la señal al sistema de control, están ubicados en el gabinete junto con el PLC.

Se requieren dos gabinetes para alojar los equipos y los elementos de mandos, la figura 35 ilustra el gabinete para alojar el PLC, Las fuentes de alimentación, los módulos de expansión de las salidas digitales, el módulo para comunicación profibus, los relevos mecánicos con sus bases, barraje de potencia y los interruptores de mando que energizan al sistema. En la figura 36 se muestra el gabinete para alojar los interruptores de protección y los contactores de los motores agitadores y las motobombas.

29.1.1.1 Figura 35. Disposición de los Elementos de control en el Gabinete



29.1.1.2 Figura 36. Disposición de los elementos de protección en el Gabinete



8.6.7 Diagrama general de Conexión a la red de potencia

El diagrama general de conexión a la red de potencia se halla en el anexo de planos del sistema y consiste en la conexión de los mandos para energizar el sistema de control PLC y sus componentes asociados, además de reunir todas las conexiones de potencia ilustradas en los capítulos anteriores.

En este plano se ilustra:

- Mandos de las Fuentes de los modulos I/O del PLC y de los instrumentos de Medición.
- Alimentación de las fuentes de Poder de los modulos I/O del PLC y de los instrumentos de medición.
- Mandos para energizar las Motobombas y los Motores Agitadores.
- Diagrama de alimentación de las salidas del sistema de control.
- Conexión a la red de potencia de las Motobombas y Motores Agitadores.
- Mandos de entrada al sistema de control.
- Alimentación del sistema de control PLC.
- Conexión de los solenoides de salida para el accionamiento de las Motobombas y motores Agitadores.
- Conexión de las estaciones de mando a distancia para reenvío del producto y de confirmación del funcionamiento del clarificador.
- Conexión de los Interruptores por ausencia de flujo y movimiento.

8.6.8 Topología de bus del sistema automatizado

Las entradas al sistema de control son de tecnología PROFIBUS PA, la cual facilita la conexión de todos los instrumentos de medida en una sola línea de transmisión. Para áreas sin riesgo de explosión, se pueden conectar hasta 32 instrumentos sobre una línea menor o igual a 1900 m. La topología adoptada es de

“Árbol + bus” o Tipo C, la cual permite agrupar un conjunto de instrumentos en una caja de unión (Juntion Box) o directamente sobre el bus.

El criterio de diseño de la red esta basado en la selección del acoplador de segmento (Segment Coupler) cuyas características se encuentran en la tabla 11.

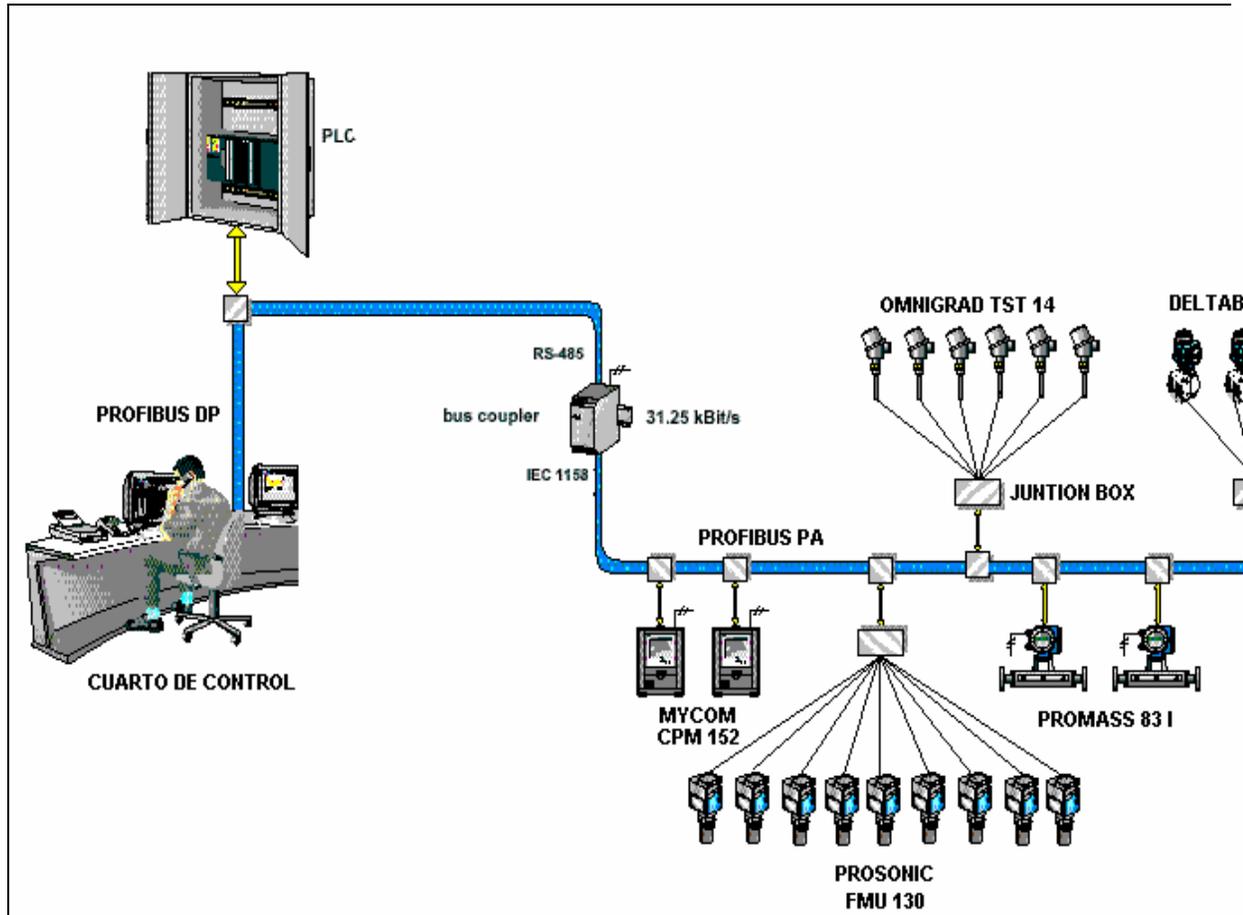
Tabla 11. Características del Acoplador de Segmento

UNIDAD DE PODER	TIPO C
Aplicación	Áreas sin Explosión
Voltaje	24 V
Consumo máximo (W)	9.1 W
Consumo máximo (A)	≤ 380 Ma
Resistencia máxima de lazo	≤ 39 O
Longitud máxima del segmento	1900 m
Longitud máxima de la derivación	≤ 1 m

Siendo la resistencia del lazo del cable 30 O/Km y se tiene una resistencia máxima de lazo de 39 O, se calcula la longitud total permisible para el acoplador de segmento resultando de 1300 m.

Los instrumentos de medida de Endress + Hausser poseen un consumo en promedio de 13 mA, para el diseño se escogieron en total 27, por lo tanto se tiene un consumo máximo de 351 mA el cual nos permite utilizar solamente un acoplador de segmento para la topología diseñada que se muestra en la figura 37 que sigue a continuación.

Figura 37. Topología de bus del sistema automatizado



8.6.9 Consideraciones de seguridad

Para proteger el producto que es transportado en la tubería, la velocidad del fluido no debe exceder de 2.5m/s, de otra manera la fuerza mecánica actuando sobre la leche daña el producto debido a la fricción interna y a la fricción entre las paredes de la tubería y el fluido.

Siendo el caudal de las motobombas de:

$Q = 10.000 \text{ L/h} = 2.77 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, y el diámetro de la tubería de salida de la bomba de $F = 2 \text{ In}$. Calculando:

$$A = \rho * r^2 = \rho * (1)^2$$

$$A = 3.1415 \text{ In}^2 = 2.026 \times 10^{-3} \text{ m}^2.$$

$$\text{Dado que } V = \frac{Q}{A} = \frac{\left(2.77 \times 10^{-3} \frac{M^3}{S}\right)}{\left(2.026 \times 10^{-3} M^2\right)}$$

$$V = 1.370 \text{ m/s}$$

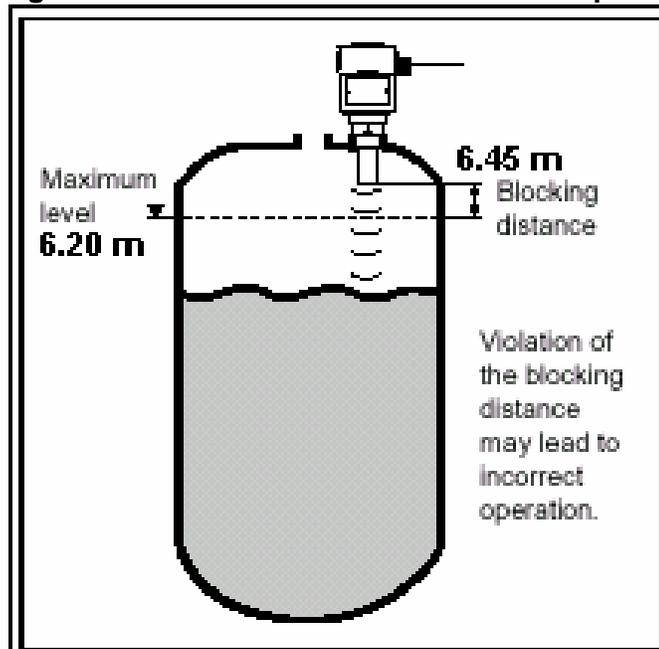
La velocidad en las tuberías es de $V = 1.370 \text{ m/s}$ y no hay riesgo de perjudicar el producto; la única forma de que la velocidad aumente por encima del límite de seguridad es que el diámetro de la tubería se reduzca a una pulgada o menor o el caudal sea mayor que $Q = 18.241 \text{ L/h}$ y estas condiciones no se presentan en el sistema.

8.6.10 Margen de seguridad de los medidores Ultrasónicos

Los medidores de nivel ultrasónicos Prosonic T FMU 130 deben estar colocados a 0.25m por encima del nivel máximo del fluido a sensar, esto es con el objetivo de no bloquear el eco de la señal transmitida por el sensor (**Blocking Distance**).

Siendo la altura máxima de los tanques silos de 6.45m, el margen esta comprendido entre 6.20m y la altura máxima. Ver figura 38.

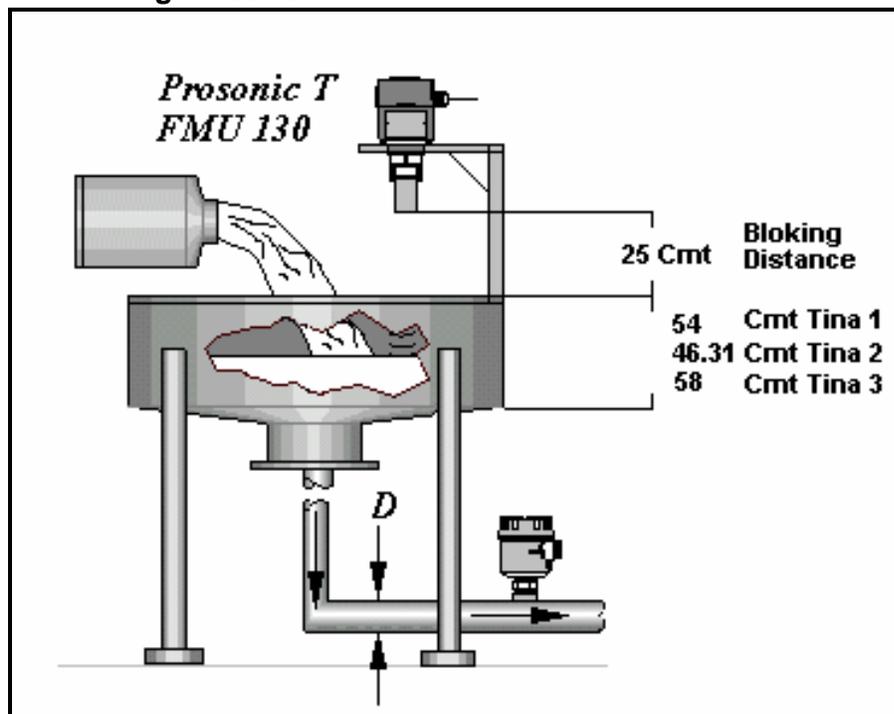
30 **Figura 38. Ubicación del medidor en tanques Silos**



Se debe tener en cuenta que estos tanques vienen contruidos sobredimensionados en 2000L, con lo cual se obtienen las capacidades requeridas por debajo de su altura máxima total.

En el caso de las tinas receptoras de leche cruda 1,2 y 3 cuyas alturas son 54Cmt, 46.31Cmt y 58Cmt respectivamente los sensores estarán ubicados 25Cmt por encima de estas alturas, colocándolos en una estructura en acero inoxidable sobre las tinas como se observa en la figura 39, que a continuación se presenta.

31 Figura 39. Ubicación del Instrumento en las Tinas



8.7 VENTAJAS DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

El diseño realizado cubre y supera la dinámica operacional actual que se realiza en la zona de recibo y almacenamiento de leche cruda en los siguientes aspectos generales:

- Se puede llenar cualquier tanque desde los dos enfriadores al mismo tiempo.
- Se puede llevar desde cualquier tanque el producto hacia pulverización y pasteurización al mismo tiempo.
- No se utilizan mangueras sanitarias para el transporte del producto.
- Se puede reenfriar el producto de cualquier tanque.
- Se puede trasladar el producto desde el silo de 60 mil litros hacia cualquier tanque.
- Se hace el lavado de las tuberías automáticamente.
- Se puede recircular leche y enviarla a procesos.
- Se pueden lavar los tanques manualmente.

El transporte del producto de la tina dos tiene un sistema de protección de motobombas redundantes para el caso de una avería en una de ellas, se puede utilizar la otra y el proceso no se detiene y con cualquier bomba se puede enviar el flujo hacia cualquiera de las dos rutas de salida, además las tinas 2 y 3 tienen conexión con los dos enfriadores que en determinado momento se puede enviar el producto al mismo tiempo a cualquiera de los enfriadores y el proceso no se detiene.

8.8 VISUALIZACION DEL PROCESO CON WONDEWARE INTOUCH

Una de las ventajas mas importantes del sistema automatizado de Recibo y Almacenamiento de leche en CODEGAN, es la visualización de todo el proceso en un computador, con el cual el operador del sistema tendrá control sobre las operaciones realizadas en la planta.

El sistema de monitoreo esta diseñado de la siguiente manera:

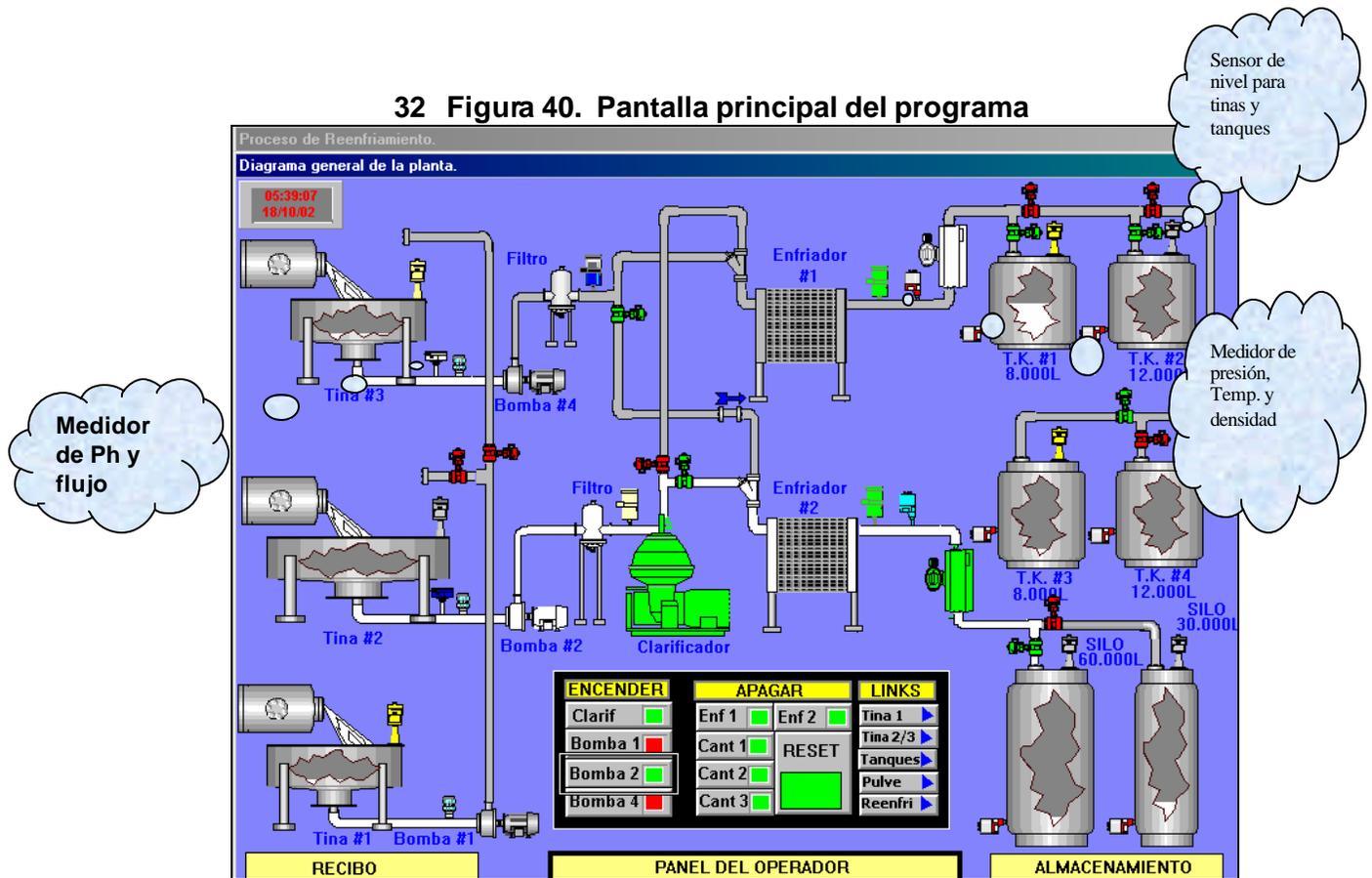
- Una pantalla principal en la que se puede observar en forma general el proceso desde su inicio hasta su fin.
- Cinco pantallas que se desprenden de la principal para observar con mas detalle el comportamiento del sistema.
- Cuatro ventanas de controles para que el operador del sistema a través de botones Touch pueda manipular los instrumentos, la acción inversa del botón se obtiene haciendo clic sobre el elemento relacionado, exceptuando los enfriadores los cuales se hace clic al medidor de presión que se encuentra a la salida de estos.

Cada pantalla tiene su nombre, el cual se encuentra en la barra de titulo de la ventana y nos sirve para la ubicación dentro del sistema. A continuación se describen todas las pantallas de la aplicación.

8.8.1 Diagrama general de la planta

Es la pantalla principal del programa, en ella se encuentran el recibo de leche con sus elementos inherentes a dicho proceso, el procesamiento de la leche realizado a través del clarificador y los enfriadores y el almacenamiento del producto en los respectivos tranques. El transporte del producto está representado por las tuberías, bombas y válvulas, como se observa en la figura 40.

32 Figura 40. Pantalla principal del programa



Las convenciones de colores manejadas en las pantallas son las siguientes:

- Válvulas: Verde = abiertas, Rojo = cerradas.
- Sensores de nivel: On = amarillo, Off = gris.
- Medidores de temperatura: On = azul, Off = blanco.
- Medidores de presión enfriadores: On = verde, Off = rojo.
- Bombas: On = blanco, Off = gris/rojo
- Clarificador: On = verde, Off = rojo

En esta ventana también se encuentran todos los instrumentos necesarios para el control del proceso como son sensores de nivel para las tinas, temperatura, presión, densidad, flujo, nivel en tanques y Ph, estos dos últimos exportan datos a una aplicación en Microsoft Excel para

llevar estadísticas y tener control sobre el proceso de almacenamiento y recibo de leche.

Debajo del clarificador se encuentra un panel de control para que el ejecutor tenga manejo sobre los instrumentos que se indican en los Touch Pushbutton, al igual que en todas las pantallas, la acción inversa al mismo se realiza haciendo clic en el respectivo instrumento.

En esta panel se encuentra el botón de reinicio de todo el sistema en caso que sea necesario y además se pueden simular fallas en los enfriadores y el clarificador.

Al mismo tiempo se cuenta con unos linkbutton para llegar a otras ventanas del programa las cuales muestran con mas detalle la distribución real de las tuberías y los elementos asociados al sistema.

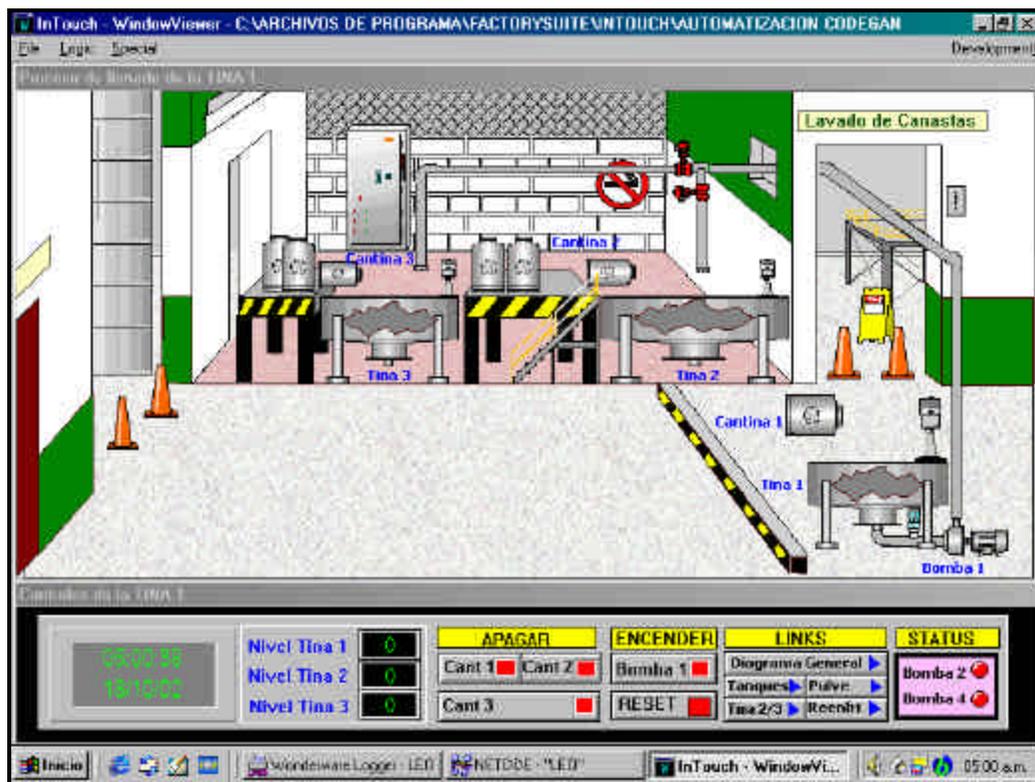
8.8.2 Proceso de llenado de la Tina 1

Como su nombre lo indica esta ventana nos muestra todo lo relacionado al llenado de la misma y el deposito del producto en la tina 2 o 3 según el caso.

El operador tiene la opción de hacer clic sobre la válvula que este abierta para cerrarla y desviar el producto hacia la otra tina; de otra forma el programa realiza la secuencia básica de operación.

Igualmente se tiene la posibilidad de manipular el encendido de la bomba 1 y observar el nivel de las tinas 1,2 y 3 en todo momento, aplicar un reset al sistema, simular el fin de producto en las cantinas y observar el estado de las bombas 2 y 3. Todas estas bondades las brinda la pantalla de controles de la tina 1, como se observa en la figura 41.

Figura 41. Proceso de llenado de la Tina 1

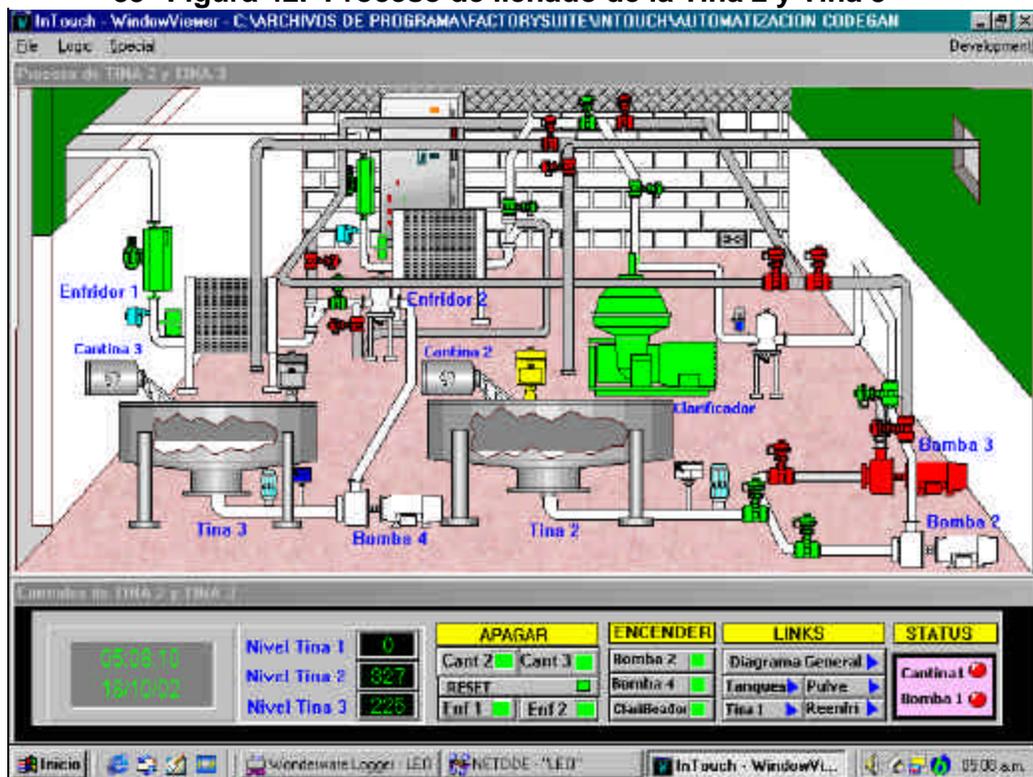


La ventana de controles tiene dos beneficios que son comunes en todas las ventanas de la aplicación como son, observar la fecha y hora exacta en todo momento y navegar por toda la aplicación a través de los linkbutton.

8.8.3 Proceso de Tina 2 y Tina 3

En esta pantalla encontramos todas las líneas de tuberías desde la salida de las tinas 2 y 3 hasta la salida de los enfriadores, asimismo se puede observar en detalle el sistema de protección de bombas que tiene la tina 2 y también las líneas provenientes de la tina 1 que depositan producto en la tina 2 o 3 según la secuencia básica de operación. Estas características se pueden observar en la figura 42.

33 Figura 42. Proceso de llenado de la Tina 2 y Tina 3

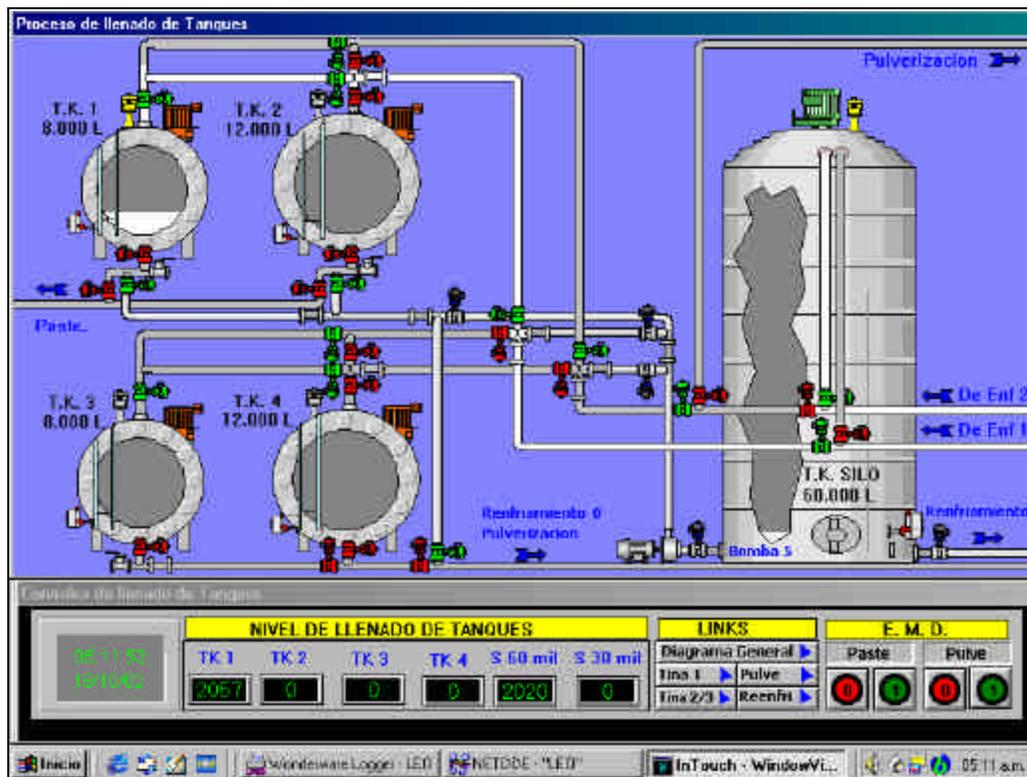


Igualmente se cuenta con una ventana de controles en los cuales podemos observar el nivel de las tres tinas y a la vez hacer control a través de los touch pushbutton sobre los instrumentos asociados a la ventana como son el calificador, las bombas, los enfriadores y al mismo tiempo observar el estatus de la cantina 1 y la bomba 1.

8.8.4 Proceso de llenado de Tanques

Contiene detalladamente el recorrido de las dos líneas provenientes de los enfriadores para el llenado de los tanques, como se aprecia en la figura 43.

Figura 43. Pantalla de Llenado de Tanques



En la ventana de controles tenemos el nivel de todos los tanques y control para envío del producto hacia la zona de pasteurización y pulverización, el

cual es realizado una vez termine el proceso de recibo y almacenamiento de leche en la planta.

8.8.5 Tanque silo de 30.000 Litros

Con esta pantalla podemos observar el llenado del tanque silo de pulverización y a su vez podemos solicitar producto desde los tanques de almacenamiento o detenerlo a través de los botones que se encuentran en la ventana de controles.

Figura 44. Llenado de Tanque Silo de Pulverización

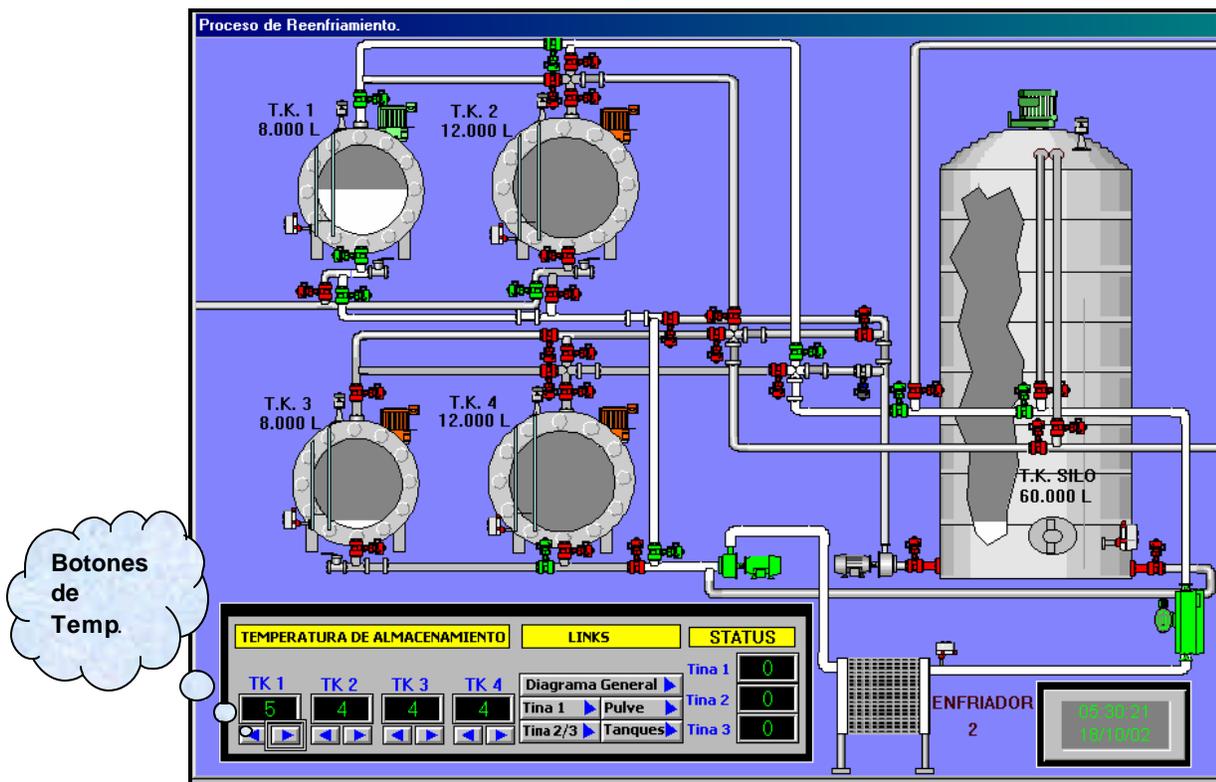


Con esta ventana también podemos ver el estatus del nivel de los tanques 3 y 4 y de igual forma el nivel de las tinas receptoras.

8.8.6 Proceso de Reenfriamiento

En esta ventana podemos ver el proceso de reenfriamiento de cualquier tanque pasando por el enfriador 2 y volviendo a su tanque de origen. Además podemos observar la temperatura de cada tanque. Así como se muestra en al figura 45.

Figura 45. Proceso de Reenfriamiento

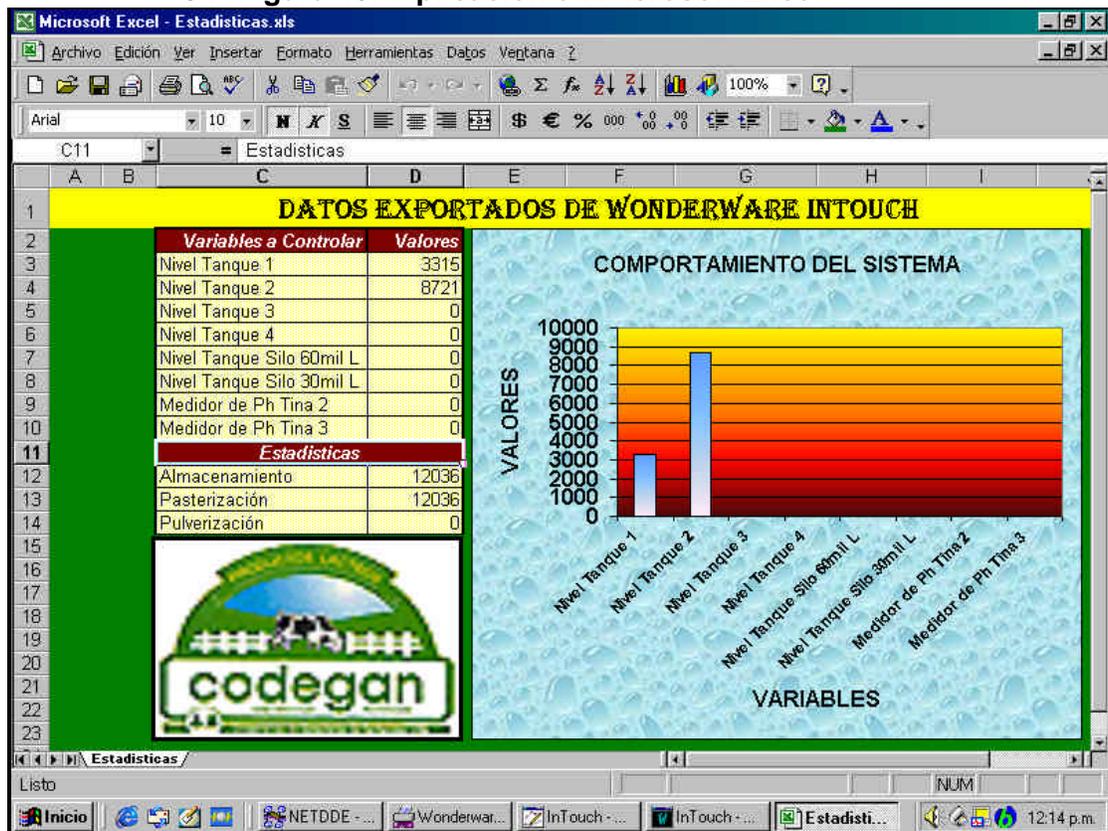


Una vez que la temperatura llegue a 6 grados, se inicia el proceso de reenfriamiento. Durante todo este transcurso se puede observar el decremento de la temperatura hasta su nivel optimo (4°C). Dicha acción se realiza solo con un tanque a la vez, siempre y cuando haya terminado la faena de recibo de leche, por este motivo en el panel de control se encuentra el estado del nivel de las tinas 1, 2 y 3.

8.8.7 Aplicación en Microsoft Excel

Para exportar los datos correctamente del software a la aplicación en Excel la cual tiene como nombre “Estadísticas” se debe abrir primero este archivo, el cual debe tener la siguiente ruta “C:\Mis documentos” y después abrir el software de supervisión. La presentación de la ventana en Excel es la siguiente.

34 Figura 46. Aplicación en Microsoft Excel



Esta aplicación contiene los datos de nivel de todos los tanques de almacenamiento, de pulverización y los valores de ph arrojados por los sensores en la planta.

Con esta información se lleva un control diario de la cantidad de litros recibidos en Codegan y la cantidad de leche enviada a los procesos de pulverización y pasteurización y también el estado de acidez de toda la leche almacenada.

9. COTIZACIONES

Después de haber seleccionado cada uno de los elementos que integran el sistema automático que se implementará en la Cooperativa de Ganaderos de Cartagena Codegan Ltda. con el objeto de recibir, transportar y almacenar leche, se hizo contacto con diferentes proveedores a nivel nacional e internacional, se eligió bajo criterios de mejor calidad y menor costo la propuesta que a continuación se presenta:

MANO DE OBRA

CARGO	No. De Trab.	Días Trabajos	Vr. Día	Total (PESOS)
1. Instrumentista	2	52	52.500	5.460.000.00
2. Metalista	1	52	50.000	2.600.000.00
3. Ayudante	3	52	25.000	3.900.000.00
4. Electricista I	1	52	56.000	2.912.000.00
5. Electricista II	2	52	35.000	3.640.000.00
6. Capataz	1	52	60.000	3.120.000.00
7. Proyectista	1	8	85.000	680.000.00
8. Programador	1	10	90.000	900.000.00
9. Ingenieros	3	52	110.000	<u>27.160.000.00</u>
TOTAL MANO DE OBRA (SIN A.I.U)				\$ 40.372.000.00
Administración 10%				4.037.200.00
Imprevistos 5%				2.018.600.00
Utilidad 10%				<u>4.037.200.00</u>
TOTAL MANO DE OBRA (COM A.I.U)				\$ 50.465.000.00

35 TABLA 12. COTIZACION DE EQUIPOS

ITEM	CODIGO	INSTRUMENTO	TIPO	SEÑAL				COMUNICACION	CANT.	PRC
				AI	AO	DI	DO			
1	PLC	CPU 226; 110/220 VAC, 8Kbyte Mem, 24 DI/16DO	Simatic S7 200					Profibus DP/PA	1	
2	PLC	Interfase comunicación profibus DP	EM227					Profibus DP	1	
3	PLC	Módulos de salidas digitales	EM222					Rele	9	
4	PLC	Software de programación	STEP7 Micro/WIN					-	1	
5	PLC	Cable para comunicación	Profibus					Profibus	100m	
6	PLC	Fuente 24VDC siemens para la CPU y los módulos						-		
7	PLC	Fuente 24VDC Phoenix para los instrumentos de campo	CM 125-PS-120AC/24DC/5A					-		
8	PLC	Bornas, Frenos de bornas, Tapas de Bornas.						-		
9	PLC	Protecciones (Disyuntores monopolar y bipolar)						-		
10	PLC	Ríeles, canaletas, Aisladores, baraje y Tortillería.						-		
11	LT	Transmisor de nivel	Prosonic T FMU 130	x				Profibus PA	9	
12	TT	Transmisor de Temperatura	Omnigrad TST 14	x				Profibus PA	8	
13	AT	Transmisor de Ph	Liquisis S CPM 223	x				Profibus PA	2	
14	AT	Referencia de la Interfase	CPA 465	x				Profibus PA	2	
15	AT	Sensor de vidrio	CPS 11	x				Profibus PA	2	
16	AT	Transmisor de Flujo Masico	Promass 83 I	x				Profibus PA	2	
17	PT	Transmisor de Presión	Deltabar S FMD 633	x				Profibus PA	4	
18	PT	Transmisor de Presión	Cerabar M PMP 41	x				Profibus PA	2	
19	REL	Reles Mecánicos, contactos sencillos, Phoenix Contact.	ST-REL 2-KG 24/1				x	Rele	83	
20	B-REL	Base para Reles	UDK-RELG 2					Base	83	
21	MS	Sensor de Movimiento 115 VAC	ZSS			x		Rele	12	
22	FS	Sensor de Flujo	T-Switch			x		Rele	3	
23	C	Contactador tripolar	LC1D1810				x	Contactador	1	
24	P	Motobomba	Baldor OAO UCM575					Eléctrica	1	
25	SW	Interruptores de tres posiciones	XB5AD33					Interruptor	12	Te
26	SWP	Interruptores pulsadores NC	XB4BA42					Pulsador	18	Te

27	SWP	Interruptores pulsadores NA	XB4BA31					Pulsador	17	Telemecc
28	GAB	Tablero Rittal 600X2000X600	Ref: 8686,600						1	Inelm
29	GAB	Juego de Tapas laterales	Ref: 8186.200						1	Inelm
30	GAB	Zócalos frontales 100 mm	Ref:8601,600						1	Inelm
31	GAB	Zócalos laterales 100 mm	Ref: 8601,060						1	Inelm
32	GAB	Kit de iluminación	Ref:4139,140						1	Inelm
33	GAB	Cable de alimentación	Ref: 4315.100						1	Inelm
34	GAB	Interruptor de puerta	Ref 4315.300						1	Inelm
35	GAB	Ventilador marca Rittal	Ref: 3323,115						1	Inelm
36	GAB	Filtro de salida Rittal	Ref: 3323,200						1	Inelm
37	ITM	Interruptor de protección de sobrecorriente tripolar	24350 C60N					Protección de In>	1	Melin C
38	EMD	Estacion de mando a distancia.	800H-3HZ4			x		Accionamiento	6	Allen-Br
39	EMD	Estacion de mando a distancia.	800H-2HZ4			x		Accionamiento	2	Allen-Br
40	EV	Electroválvula de 2 vías de 2" (Válvula mas Actuador)	Mariposa				x	Accionamiento	54	Cole - P

41	EV	Electroválvula de 3 vías de 2" (Válvula mas Actuador)	Mariposa			x	Accionamiento	1	Cole - P
42	EV	Electroválvula de 2 vías de 3"	Bola			x	Accionamiento	5	Cole - P
43	PC	Computador	Intel PENTIUM IV de 1.7					1	Compu:
44	PC	Licencia Windows NT						1	Compu:
45	PC	Licencia Wonderware Factory Suit (128 task)						1	Colse
TOTAL									

10. EVALUACIÓN ECONOMICA Y FINANCIERA

10.1 ANTECEDENTES

La Empresa Codegan nace como respuesta a la desaparecida “LESA”, que en tiempos pasados marcó hitos de singular importancia, y asumidos desde entonces por esta connotada factoría, siendo para Cartagena fuente importante de tan vital alimento y ente valioso en materia de generación de empleo y de recursos para los residentes del distrito.

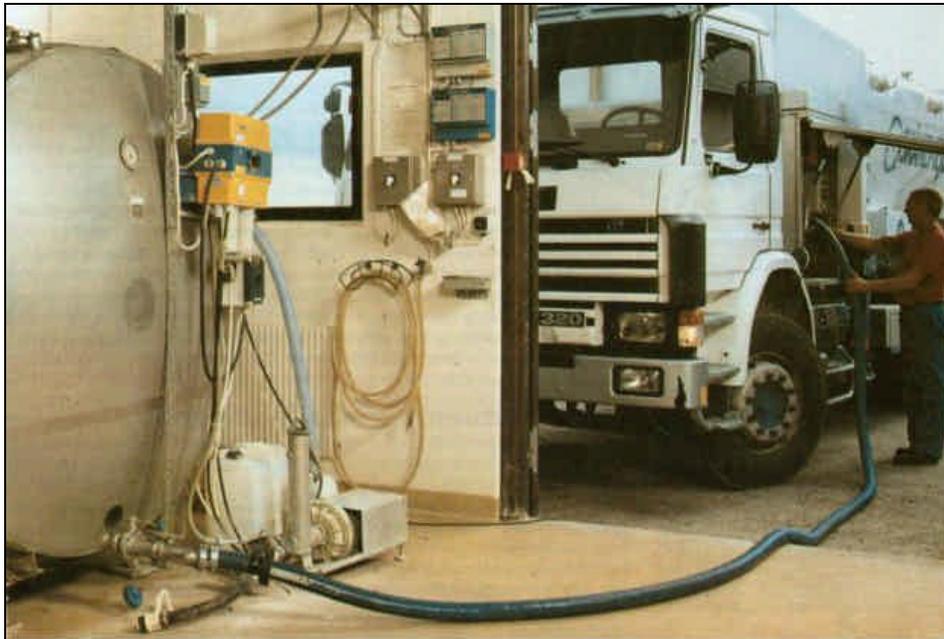
Sin embargo, años atrás, la situación económica del país, ha trastornado el normal desenvolvimiento de muchas empresas de los diferentes sectores productivos de la economía, trayendo para éstas, situaciones incómodas y poco gratas frente a los esfuerzos ejercidos por sus manejadores. Sin contar la penuria gestada por el asedio de una competencia, que en apariencias sana, en muchos casos sin control ni medida, deparan suertes no deseadas para sus gestores.

De lo anterior, es meritorio resaltar, como Codegan mantiene hoy por hoy un asiento firme e importante dentro de las empresas productoras de lácteos en el mercado regional.

Todo esto se realiza para evitar la proliferación de bacterias y la protección del producto del medio ambiente para que llegue con las mejores condiciones a la planta pasteurizadora. Algunos camiones recolectores como el mostrado en la figura 51, vienen dotados con tecnología de punta para hacer mediciones como temperatura, pH, densidad y cantidad de leche recibida en la finca del ganadero o en el

centro de acopio, dejando constancia del estado del producto con un documento impreso, de esta forma en la pasteurizadora se hace el monitoreo de cómo llega el producto a la lechería, con lo cual pagan por calidad la leche recibida. Siendo ésta la forma más adecuada de recibir la leche en las pasteurizadoras, la cual esta siendo utilizada en el ámbito internacional.

Figura 51. Camión recolector de leche implementado con tecnología de punta



Cuando no es posible eliminar el proceso de vaciado de cantinas en la planta, por lo menos debe ser llevado a cabo fuera de ella en centros de acopio en donde todas las cantinas de leche de los ganaderos convergen, y el traslado del centro de acopio a la planta pasteurizadora se debe realizar por medio de camiones cisterna refrigerados.

El diseño realizado no contempla lo planeado anteriormente ya que lo óptimo es que el producto sea llevado a la planta por los camiones cisterna mencionados; además de no automatizar los equipos asociados al proceso como son los bancos de hielo, ya que estos presentan un alto deterioro ocasionando bajo rendimiento de los enfriadores de placas utilizados para enfriar la leche a 4° C; esto es contraproducente porque obliga a estar recirculando la leche varias veces hasta alcanzar la temperatura adecuada para su almacenamiento y a gastar energía innecesariamente en esta labor.

La cooperativa Codegan Ltda. cuenta con un solo Clarificador o removedor de bacterias el cual realiza unos tratamientos previos a la leche, tales como desnatación, purificación, estandarización entre otros. Es necesario que se adquiera otro equipo clarificador ya que estos tratamientos se le realizan al producto proveniente de la tina 2 y en caso de falla del enfriador 2 el producto clarificado se mezclaría con el no clarificado en el enfriador 1 trayendo como consecuencia pérdidas en el procedimiento.

En general este diseño es el principio de un macroproyecto que brinda las pautas iniciales para crecer tecnológicamente hacia la automatización de todos los procesos de los productos que ofrece la cooperativa Codegan Ltda.

12. CONCLUSIONES

Después de haber analizado los procedimientos en recibo, transporte, Procesamiento y Almacenamiento en el área de recibo y almacenamiento de leche cruda en la cooperativa Codegan Ltda. se llegó a la conclusión que la dinámica operacional actual es la más adecuada debido a que estos procesos son rutinarios y dependientes de sucesos previos.

Para lograr que el diseño realizado cumpla con las condiciones de operación necesarias para cubrir con todos las rutinas tales como el llenado de las tinas, el transporte del producto por las líneas de proceso, el llenado de los tanques así como también la inspección de las condiciones de la leche (Valor de pH, presiones, Temperatura del producto, Nivel de tinas y Tanques, Densidad y concentración.) se rediseño gran parte del sistema actual adoptando uno con más posibilidades y aventajado en gran medida llegando a estándares internacionales de procesos automatizados en la industria Láctea.

En el caso de la selección de los instrumentos se adoptaron todos del mismo fabricante con el propósito de unificar criterios técnicos y avalados por las normas de higiene para productos alimenticios, para no tener ninguna incompatibilidad a la hora de implementar el sistema.

Se tuvo en cuenta la seguridad en el transporte del producto de la tina 2 que es la arteria principal del sistema la cual consiste en no permitir que el transporte del producto de esta tina no se vea suspendido por falla en la motobomba que transportan el producto, con la colocación de una motobomba redundante que entra a cubrir la falla de la motobomba principal.

Se diseñaron Estaciones De Mando a Distancia para solicitar el transporte del producto desde las áreas de pulverización y pasteurización que el sistema interpreta como una solicitud de traslado del producto y no se requiere que el operador de cada área tenga que habilitar las válvulas ya que estas son ahora eclécticas.

El sistema diseñado transporta el producto en una rutina básica de operación el cual supervisa y dirige el producto desde las tinas, sin ninguna intervención del operador, hasta su almacenamiento, con lo cual las operaciones rutinarias quedan excluidas.

Todo el sistema es monitoreado a través de un software supervisorio el cual permite conocer el estado de la zona de recibo y almacenamiento de leche cruda en todo momentos, además de otras ventajas, como son exportar datos a una aplicación en Microsoft Excel para llevar estadísticas de la leche recibida almacenada en los tanques, el nivel de pH y la leche enviada a los procesos de producción como pasteurización y pulverización. Dicha aplicación en Excel fue diseñada debido a la investigación realizada en planta, la cual nos arrojó que la necesidad más importante para la cooperativa a nivel estadístico en la zona de recibo de leche es el valor de pH de la leche y la cantidad de leche recibida, la cual es solicitada para procesos como pulverización y pasteurización.

Es importante que el personal encargado de la nueva tecnología tenga la capacitación adecuada para que en todo momento considere al sistema una herramienta más para llevar a cabo su labor y no se vuelva un impedimento para su trabajo en la planta.

Respecto a la factibilidad económica expuesta en el capítulo de análisis financiero podemos decir, que el modelo económico y financiero que permite la simulación y determinación de los flujos no es un fin en sí mismo. No podemos olvidar que su principal objetivo es servir para que acreedores y accionistas puedan analizar en qué medida va a ser posible que se cumplan sus requerimientos en tanto al cumplimiento del servicio de la deuda y obtención de una rentabilidad adecuada al riesgo soportado respectivamente. Al fin y al cabo, el modelo no trata de predecir eventos futuros sino de indicar las consecuencias lógicas que se derivarían de una serie de hipótesis definidas por el analista.

Ahora que hemos elaborado el modelo que se adapte al caso en que estamos tratando, es el momento de sacarle el mayor partido posible. Para ello consideramos que lo más conveniente es instrumentarlo en una hoja de cálculo. Esto nos permitirá realizar cuantas simulaciones deseemos, sin apenas esfuerzo. Todo lo realizado hasta aquí pudo ser fácilmente calculado a mano, o con una calculadora, pero, ¿qué ocurre si cambiamos algún dato de entrada?; con la hoja de cálculo eso no representa ningún problema; con un tratamiento manual habría que repetir todo el proceso. La capacidad de simulación es muy importante

para el director financiero que quiera tener constancia de donde se sitúan las mayores oportunidades y riesgos de la empresa en la que trabaja. A partir de aquí, gráficos, escenarios alternativos, adaptaciones a nueva información sobre costes o precios, etc, son fácilmente tratadas por el modelo.

Así pues, la principal tarea empieza una vez que las previsiones iniciales han sido realizadas. En ese punto el analista debe examinar sus previsiones para determinar:

- Qué sugieren las actuales tendencias que va a ocurrir en el futuro.
- Qué efectos van a tener sobre la empresa los planes actuales.
- Qué acciones pueden llevarse a cabo para solventar los posibles problemas encontrados.

La presentación inicial es lo que suele denominarse *Caso Base*. En el mismo se muestran los *inputs*, *variables intermedias*, *outputs*, e incluso estados financieros proforma, referidos al que podemos denominar escenario más probable. Dicho escenario se caracterizará tanto por considerar los valores más probables de los inputs, como por mostrar los cursos de acción más probables de la empresa ante posibles situaciones. Por ejemplo, el input más probable para el crecimiento en ventas puede ser un 5% anual, y el curso de acción más probable referido a la decisión de financiación puede ser situar el ratio de endeudamiento en un 45%.

El analista debe trabajar a partir de dicho caso base realizando las simulaciones que considere oportunas. La simulación financiera implica la cuantificación del impacto probable que las decisiones adoptadas, así como posibles variaciones en el entorno, pueden tener sobre la cuenta de resultados, el balance y los flujos de la empresa. El modelo permite al analista experimentar con diferentes hipótesis y escenarios. Además, debe ayudar a encontrar aquellos puntos de ruptura que provocan cambios en las decisiones a tomar. La construcción de escenarios no puede contemplarse como el mero cambio de algún dato de entrada del modelo. Los escenarios sólo tienen sentido cuando son consecuencia de una concienzuda reflexión acerca de la evolución conjunta de las distintas variables implicadas ante situaciones diferentes.

No creemos que pueda proponerse una regla general para establecer escenarios alternativos. Una posibilidad es realizar escenarios más optimistas y más pesimistas que el caso base, de forma que obtendremos una versión color rosa y otra menos halagüeña acerca del futuro de la empresa. En todo caso, los siguientes consejos pueden ser oportunos:

- Cada simulación debe corresponderse con un conjunto de valores coherentes de las diferentes variables.
- El pasar de un escenario a otro implica la necesidad de revisar cada variable, dado que algunas pueden cambiar y otras no.

Para el desarrollo de los distintos escenarios es oportuno comenzar con un *plan de juego* que indique que variables van a ser susceptibles de ser modificadas, y más importante, por qué causas.

Finalmente, se puede decir que el diseño realizado para la cooperativa es muy competitivo a nivel internacional, demostrándolo hechos como son, la instrumentación seleccionada, la tecnología de transmisión de datos, el programa supervisorio y el análisis económico el cual indica que la viabilidad del proyecto es positiva, todo esto posibilita posteriormente la automatización de todas las áreas de la planta con la cual la cooperativa Codegan Ltda. superaría a su competencia y se mantendría como líder de los productos lácteos en el departamento de Bolívar.

BIBLIOGRAFIA

**BALCELL, J. y ROMERAL J. Autómatas Programables. 3 Ed. México:
Alfaomega Marcombo, 1998. p. 116 -128**

**George Fischer, Catalogo de Instrumentación, U.S.A.: George
Fischer, 1998. p.63.**

**Fisher-Rosemont, Comprehensive Product Catalog, U.S.A.:
Rosemont, 1999. p 1820.**

36

37

**38 Informe y Balance 2002 CODEGAN, Catálogo de Informe y
Balance 2002 CODEGAN. Cartagena: 2002. p. 43**

39

Siemens S. A., Autómatas Programables (PLC) Simatic, Colombia:

Siemens S. A. 2001. p. 2-5.

40

41

**42 Scheider Electric, Lista de precios, Colombia: Emepe Estudio,
2001. p. 42-95.**

**43 Endress+Hauser, Conducta Análisis Product Catalogue,
Alemania: Endress+Hauser, 1999. p. 15-238.**

- 44 CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial. Barcelona: Marcombo Boixareu Editores. p. 76-85, 311-319, 321-323
45
46
- 47 Endress+Hauser, CD-ROM Documentation Archive, 2 Ed. Alemania: Endress+Hauser. 2001

48 Wonderware Factory Suite, CD-ROM Operation Manual Intouch, U.S.A: Wonderware Factory Suite. 2001.

OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna. 3 Ed. México: Prentice Hall, 1999. 997P.

SMITH & CORRIPIO, Control automático de procesos teoría y practica, Madrid: Limusa, Noriega. 1986. p. 627-633

Disponible en: <http://www.codegan.com/index.htm>

Disponible en: <http://www.dininstrumentos.com>

Disponible en: <http://www.loner.ccsr.uiuc.edu/>

Disponible en: http://www.Monografias_com - Transductores de temperatura.htm

**COOPERATIVA DE GANADEROS DE CARTAGENA LTDA. CODEGA
BALANCE GENERAL**

Miles de Pesos	2000		2001	
	Pesos	%	Pesos	%
ACTIVO				
ACTIVO CORRIENTE				
Caja	\$ 19,472.00	0.19%	\$ 326,463.00	2
Banco	\$ 226,932.00	2.16%	\$ 372,020.00	3
Inversiones Temporales	\$ 520,149.00	4.95%	\$ 203,136.00	1
Cuentas Por Cobrar Asociados	\$ 1,035,317.00	9.85%	\$ 1,299,072.00	11
Cuentas Por Cobrar	\$ 391,718.00	3.73%	\$ 607,801.00	5
Provisión de Cartera	-\$ 32,489.00	-0.31%	-\$ 24,299.00	-0
Depositos y Anticipos	\$ 374,693.00	3.57%	\$ 405,576.00	3
Inventarios	\$ 1,441,098.00	13.72%	\$ 1,959,677.00	17
Provision de Inventario (CR)	\$ -	0.00%	-\$ 254,492.00	-2
Gastos Pagados Por Anticipado	\$ 41,080.00	0.39%	\$ 17,030.00	0
TOTAL ACTIVO CORRIENTE	\$ 4,017,970.00	38.25%	\$ 4,911,984.00	43
ACTIVO A LARGO PLAZO				
Inversiones Permanentes	\$ 58,375.00	0.56%	\$ 58,895.00	0
Ajustes por Inflacion	\$ 24,873.00	0.24%	\$ 20,193.00	0
TOTAL ACTIVO A LARGO PLAZO	\$ 83,248.00	0.79%	\$ 79,088.00	0
PROPIEDAD PLANTA Y EQUIPOS				
Terrenos	\$ 512,679.00	4.88%	\$ 512,679.00	4
Ajuste por Inflacion Terrenos	\$ 495,318.00	4.71%	\$ 585,073.00	5
Edificaciones	\$ 1,337,053.00	12.73%	\$ 1,447,730.00	12
Ajuste por Inflacion Edificios	\$ 1,055,214.00	10.04%	\$ 1,242,297.00	10
Maquinaria y Equipos	\$ 1,839,873.00	17.51%	\$ 1,922,041.00	16
Ajustes por Inflación de Maquinaria y Equipos	\$ 2,333,176.00	22.21%	\$ 2,706,082.00	23
Muebles y Equipos de oficina	\$ 485,565.00	4.62%	\$ 560,639.00	4
Ajustes por Inflación de Muebles y Equipos de Oficina	\$ 298,015.00	2.84%	\$ 367,876.00	3
Equipos de Transporte	\$ 239,675.00	2.28%	\$ 234,704.00	2
Ajustes por Inflación Equipos de Transporte	\$ 331,276.00	3.15%	\$ 350,712.00	3
Depreciación Acumulada	-\$ 1,443,097.00	-13.74%	-\$ 2,194,196.00	-19
Ajustes por Inflación Depreciación Acumulada	-\$ 1,146,867.00	-10.92%	-\$ 1,378,967.00	-12
TOTAL ACTIVOS FIJOS	\$ 6,337,880.00	60.33%	\$ 6,356,670.00	55

OTROS ACTIVOS	Pesos	%	Pesos	%
Cargos Diferidos	\$ 32,237.00	0.31%	\$ 20,853.00	0
Depósitos Dados en Garantías	\$ 3,912.00	0.04%	\$ 3,912.00	0
Valorizaciones	\$ 30,391.00	0.29%	\$ 36,253.00	0
TOTAL OTROS ACTIVOS	\$ 66,540.00	0.63%	\$ 61,018.00	0
TOTAL ACTIVOS	\$ 10,505,638.00	100.00%	\$ 11,408,760.00	100
CUENTAS DE ORDEN	\$ 241,615.00		\$ 360,967.00	

Tabla 14. Balance General de Activos Años 2000-2001 (Cifras en miles de pesos)

Miles de Pesos	2000		2001	
	Pesos	%	Pesos	%
PASIVO				
PASIVO CORRIENTE				
Obligaciones Financieras	\$ 100,332.00	0.96%	\$ 823,516.00	7.2
Cuentas por Pagar	\$ 614,908.00	5.85%	\$ 696,714.00	6.1
Impuestos por Pagar	\$ 87,444.00	0.83%	\$ 172,023.00	1.5
Acreedores Asociados	\$ 840,230.00	8.00%	\$ 276,351.00	2.4
Depósitos y Antirecibidos	\$ 53,356.00	0.51%	\$ 43,771.00	0.3

Obligaciones Laborales	\$ 84,122.00	0.80%	\$ 141,126.00	1.2
Otras Cuentas por Pagar	\$ 185,095.00	1.76%	\$ 179,951.00	1.5
Pasivos Estimados y Provisiones	\$ -	0.00%	\$ 174,336.00	1.5
Depósitos de Asociados	\$ 1,000,054.00	9.52%	\$ 1,009,713.00	8.8
TOTAL PASIVO CORRIENTE	\$ 2,965,541.00	28.23%	\$ 3,517,501.00	30.1

PASIVO A LARGO PLAZO	Pesos	%	Pesos	%
Obligaciones Financieras	\$ 236,000.00	2.25%	\$ 148,853.00	1.3
Obligaciones Laborales	\$ 152,895.00	1.46%	\$ 106,616.00	0.9
Pasivos Contingentes	\$ 284,116.00	2.70%	\$ 28,906.00	0.2
TOTAL PASIVO A LARGO PLAZO	\$ 673,011.00	6.41%	\$ 284,375.00	2.4

OTROS PASIVOS	Pesos	%	Pesos	%
Fondo Social	\$ 38,738.00	0.37%	\$ 76,581.00	0.6
CR por Corrección Monetaria	\$ 62,554.00	0.60%	\$ -	0.0
OTROS PASIVOS	\$ 101,292.00	0.96%	\$ 76,581.00	0.6

TOTAL PASIVO	\$ 3,739,844.00	35.60%	\$ 3,878,457.00	34.1
---------------------	------------------------	---------------	------------------------	-------------

PATRIMONIO	Pesos	%	Pesos	%
Aportes Sociales	\$ 3,188,436.00	30.35%	\$ 3,167,082.00	27.7
Reserva Legal	\$ 1,593,103.00	15.16%	\$ 1,756,726.00	15.4
Fondo de Destino Especifico	\$ 34,488.00	0.33%	\$ 34,488.00	0.3
Valorizaciones	\$ 30,391.00	0.29%	\$ 34,253.00	0.3
Revalorización Patrimonio	\$ 1,725,268.00	16.42%	\$ 2,091,815.00	18.3
Utilidad del Ejercicio	\$ 211,857.00	2.02%	\$ 416,701.00	3.6
Excedentes o Perdida por Inflación	-\$ 17,747.00	-0.17%	\$ 29,248.00	0.2
TOTAL PATRIMONIO	\$ 6,765,796.00	64.40%	\$ 7,530,313.00	66.1
TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO	\$ 10,505,640.00	100.00%	\$ 11,408,770.00	100.0
CUENTAS DE ORDEN	\$ 360,967.00		\$ 360,967.00	

Tabla 15. Balance General de Pasivos y Patrimonio Año 2000-2001 (Cifras en m

**COOPERATIVA DE GANADEROS DE CARTAGENA LTDA. C
UTILIDAD OPERACIONAL PROYECTADA**

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Utilidad Operacional	\$ 593,043.60	\$ 711,652.32	\$ 853,982.78	\$ 1,024,779.34	\$ 1,229,73
Utilidad Aportada	\$ 98,840.60	\$ 118,608.72	\$ 142,330.46	\$ 170,796.56	\$ 204,95

Tabla 16. Proyección de la utilidad operacional a 8 años (Cifras en

**COOPERATIVA DE GANADEROS DE CARTAGENA LTDA. C
FLUJO DE CAJA PROYECTADO**

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS					
Utilidad Operacional	\$ 98,840.60	\$ 118,608.72	\$ 142,330.46	\$ 170,796.56	\$ 204,95
Depreciación	\$ 23,333.33	\$ 23,333.33	\$ 23,333.33	\$ 23,333.33	\$ 23,33
Crédito	\$ 280,000.00				
Impuestos por Pagar	\$ 34,594.21	\$ 41,513.05	\$ 49,815.66	\$ 59,778.79	\$ 71,73
TOTAL INGRESOS	\$ 436,768.14	\$ 183,455.11	\$ 215,479.46	\$ 253,908.69	\$ 300,02
EGRESOS					
Incremento Activos	\$ 350,000.00				
Impuestos Pagados	\$ -	\$ 34,594.21	\$ 41,513.05	\$ 49,815.66	\$ 59,77
Interés Crédito	\$ 82,712.00	\$ 72,373.00	\$ 62,034.00	\$ 51,695.00	\$ 41,35
Abono a Capital	\$ 35,000.00	\$ 35,000.00	\$ 35,000.00	\$ 35,000.00	\$ 35,00
TOTAL EGRESOS	\$ 467,712.00	\$ 141,967.21	\$ 138,547.05	\$ 136,510.66	\$ 136,13
FLUJO DE CAJA LIBRE	-\$ 30,943.86	\$ 41,487.90	\$ 76,932.41	\$ 117,398.02	\$ 163,88
FLUJO DE CAJA INVERSION	-\$ 310,943.86	\$ 41,487.90	\$ 76,932.41	\$ 117,398.02	\$ 163,88
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-\$ 310,943.86	-\$ 269,455.96	192,523.55	75,125.53	\$ 88,76

Tabla 18. Proyección de flujo de caja a 8 años (Cifras en mile:

**COOPERATIVA DE GANADEROS DE CARTAGENA LTDA. C
DEPRECIACION DE NUEVA INVERSIÓN EN ACTIVO**

Cifras en miles de pesos	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Valor Equipos	\$ 350,000.00				
Periodo Depreciación	15				

Depreciación	\$ 23,333.33	\$ 23,333.33	\$ 23,333.33	\$ 23,333.33	\$ 23,333.33
Depreciación Acumulada	\$ 23,333.33	\$ 46,666.67	\$ 70,000.00	\$ 93,333.33	\$ 116,666.67

Tabla 17. Depreciación proyectada de la inversión a 8 años (Método de depreciación lineal)

**COOPERATIVA DE GANADEROS DE CARTAGENA LTDA. CODEGAN
AMORTIZACION DE CRÉDITO**

Monto \$ 280,000.00
Periodo 8 Años
Interés efectivo Anual 29.54%

Periodo	Interés	Abono a capital	Cuota	Saldo
1	\$ 82,712.00	\$ 35,000.00	\$ 117,712.00	\$ 245,000.00
2	\$ 72,373.00	\$ 35,000.00	\$ 107,373.00	\$ 210,000.00
3	\$ 62,034.00	\$ 35,000.00	\$ 97,034.00	\$ 175,000.00
4	\$ 51,695.00	\$ 35,000.00	\$ 86,695.00	\$ 140,000.00
5	\$ 41,356.00	\$ 35,000.00	\$ 76,356.00	\$ 105,000.00
6	\$ 31,017.00	\$ 35,000.00	\$ 66,017.00	\$ 70,000.00
7	\$ 20,678.00	\$ 35,000.00	\$ 55,678.00	\$ 35,000.00
8	\$ 10,339.00	\$ 35,000.00	\$ 45,339.00	\$ -

Tabla 19. Amortización de crédito con pago de abonos iguales y cuota diferente

INDICADORES DE VIABILIDAD ECONÓMICA

Valor Presente Neto	\$ 184,638.36
TIR	34.69%
Tiempo de Recuperación	Año 5

Tabla Z. Resumen Financiero del Proyecto

