

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA
CARGA DE BUQUES Y CISTERNA EN LA PLANTA METANOL DE
ORIENTE METOR, S.A. COMPLEJO PETROQUÍMICO JOSÉ ANTONIO
ANZOÁTEGUI. EDO. ANZOÁTEGUI”**

Realizado por:

Br. Antonio J. García Q.

**Trabajo de Grado Presentado ante la Universidad de Oriente
como Requisito Parcial para Optar al Título de:**

INGENIERO ELECTRICISTA

Barcelona, Junio del 2009

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA
CARGA DE BUQUES Y CISTERNA EN LA PLANTA METANOL DE
ORIENTE METOR, S.A. COMPLEJO PETROQUÍMICO JOSÉ ANTONIO
ANZOÁTEGUI. EDO. ANZOÁTEGUI”**

JURADO:

El Jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de:

**Prof. Verena Mercado
Asesor Académico**

**Prof. Margarita Heraoui
Jurado Principal**

**Prof. Felix García
Jurado Principal**

Barcelona, Junio del 2009

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA
CARGA DE BUQUES Y CISTERNA EN LA PLANTA METANOL DE
ORIENTE METOR, S.A. COMPLEJO PETROQUÍMICO JOSÉ ANTONIO
ANZOÁTEGUI. EDO. ANZOÁTEGUI”**

**Prof. Verena Mercado
Asesor Académico**

**Ing. Romel Rodríguez
Asesor Industrial**

Barcelona, Junio del 2009

RESOLUCIÓN

Enunciado del Artículo 44

Artículo 44º: “Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad y solo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.

DEDICATORIA

A mis padres, Antonio García y María Quijada de García, por su amor, paciencia y dedicación, este logro es de ustedes.

A mis hermanos: Alexander†, José Ángel y Jesús, que forman una parte importante de mi vida, siempre podrán contar conmigo, los apoyaré en todo lo que quieran alcanzar en este mundo.

A mi sobrina: Alexandra María, para que esto les sirva de ejemplo y que siempre piense que se puede alcanzar todo lo que nos proponemos.

A Romina Marval, que me guió por un camino lleno de luz, amor y esperanza. Este logro lo comparto contigo.

A todos mis familiares Abuelas, tíos (as), primos (as) que siempre me brindaron su cariño y apoyo para surgir en la vida y poder cumplir con mis metas.

“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece” Fil. 4:13

Antonio J. García Q.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios y a la Virgen del Valle por iluminar siempre mi camino, por darme fuerzas para levantarme y seguir adelante cuando me sentí derrotado y abatido. Por concederme la dicha de vivir esta experiencia y ser mi compañía de todos los días.

A mi asesora académica Ing. Verena Mercado por guiarme durante todo mi trabajo, por todas las sugerencias, consejos, correcciones y por siempre estar disponible.

A mi asesor Industrial Ing. Romel Rodríguez, por el apoyo prestado y los conocimientos transmitidos durante el desarrollo de mi pasantía profesional.

A todos los profesores que de alguna u otra manera contribuyeron a mi formación personal y profesional. En especial a los profesores José B. Peña y Margarita Heraoui.

A todos mis amigos y compañeros del Dpto. de Electricidad que me brindaron su amistad y ayuda en todos los ámbitos. En especial a Vanessa Benavides y Laura Ceccato.

A todo el personal de Domotica de Venezuela, por todo el apoyo ofrecido. En especial a Jerald Escalona, José Sotillo y José Hernández, por brindarme sus conocimientos al inicio de mí trabajo.

Mil gracias a todos.

CONTENIDO

	Página
RESOLUCIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XV
RESUMEN	XVI
NOMENCLATURA	XVII
CAPÍTULO 1. INTRODUCCION	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 LA EMPRESA	1
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivo Específicos	5
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	6
1.6 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	7
1.7 FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.7.1 Recursos Materiales	8
1.7.2 Recursos Humanos	8
1.7.3 Recursos Técnicos	9
1.8 MARCO METODOLÓGICO	9
1.8.1 Diseño de la Investigación	9
1.8.2 Área de la Investigación.....	12
1.8.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	12
1.8.4 Fases de la Investigación	13

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	15
2.1 GENERALIDADES	15
2.2 ANTECEDENTES	15
2.3 MARCO TEÓRICO	17
2.3.1 Evolución de la Automatización de Procesos en la Industria.....	17
2.3.2 Sistema de Control Distribuido (DCS)	17
2.3.2.1 Secciones y Niveles que Forman un Control Distribuido.....	18
2.3.2.2 Elementos que Participan en los Niveles de un DCS.....	21
2.3.2.3 Comunicación entre los Diferentes Niveles	25
2.3.3 Controlador Lógico Programable (PLC).....	28
2.3.3.1 Evolución Histórica de los PLC	29
2.3.3.2 Estructura Básica de un PLC	30
2.3.3.3 Técnicas de Automatización.	32
2.3.3.4 Arquitectura de un Controlador Lógico Programable	33
2.3.3.5 Módulos de Entradas y Salidas (I/O).....	36
2.3.3.5.1 Entradas Analógicas (AI).....	37
2.3.3.5.2 Salidas Analógicas (AO).....	37
2.3.3.5.3 Entradas Digitales (DI)	37
2.3.3.5.4 Salidas Digitales (DO)	38
2.3.3.5.5 Módulos de Comunicación	39
2.3.3.5.6 Las Unidades de Dialogo	39
2.3.3.5.7 Consola de Programación.....	39
2.3.3.5.8 Dialogo de Supervisión.....	40
2.3.3.5.9 Fuente de Poder.....	40
2.3.4 Comunicación de un PLC.	41
2.3.4.1 La Comunicación Serial	41
2.3.4.2 La interfaz RS-232	42
2.3.4.3 La Red Ethernet	43
2.3.4.3.1 Principio de Transmisión	43
2.3.4.3.2 Características de la red Ethernet.....	45
2.3.5 Generalidades de los Sistemas SCADA	45

2.3.5.1 Elementos Básicos que Integran un Sistema SCADA	46
2.3.5.2 Funciones Básicas de un Sistema SACDA	47
CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL.....	48
3.1 GENERALIDADES	48
3.2 DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	48
3.2.1 Sección de Desulfuración.....	49
3.2.2 Sección de Reformación.	49
3.2.3 Sección de Compresión.	50
3.2.4 Sección de Síntesis.....	50
3.2.5 Sección de Destilación.	51
3.2.6 Sistema de Almacenaje.....	51
3.3 DESCRIPCIÓN OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ALMACENAJE Y DESPACHO DE METANOL.....	52
3.3.1 Descripción General.....	52
3.3.2.1 Descarga de Muelle	54
3.3.2.2 Recolecciones de Residuos de Metanol (Slop Tanks).....	58
3.3.2.3 Retorno de Residuos de Metanol.....	61
3.4 SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS) YOKOWAGA CENTUM XL UBICADO EN LA PLANTA METOR S.A.	62
3.4.1 Estación de Control de Campo EFCD (Duplex).	64
3.4.2 Estación de Operación EOPS.	65
3.4.3 Estación de Ingeniería ENGS Estilo C.	65
3.4.4 Estaciones Para el Terminal Marino.	66
3.4.5 Dispositivo Gateway Modelo EFGW (Field Gateway Unit).	66
3.5 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN EMPLEADA POR EL DCS.....	67
3.5.1 Marine Terminal.	68
3.5.2 TK-801 A/B/C (PMA).....	70
3.5.3 PMA Truck Loading.....	72
CAPÍTULO 4. SISTEMA PROPUESTO	75
4.1 GENERALIDADES	75

4.2 REQUERIMIENTOS GENERALES DEL NUEVO SISTEMA	75
4.3 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA TEMPORAL.....	77
4.4 ARQUITECTURA DE CONTROL	85
4.4.1 Características del PLC CompactLogix.....	85
4.4.2 Composición del PLC CompactLogix.....	86
4.4.3 Distribución de Módulos del PLC CompactLogix	95
4.4.4 Integración del PLC CompactLogix.....	96
4.5 PROGRAMACIÓN DEL PLC PARA EL CONTROL DEL PROCESO DE CARGA DE BUQUES Y CISTERNAS	96
4.5.1 Desarrollo del Programa de Control.....	97
4.5.1.1 Máster	98
4.5.1.2 Cálculo de Variables	99
4.5.1.3 Lógica de Control	102
4.5.1.4 Lógica de Control PDVSA	103
4.5.1.5 Jetty_Gateway.....	104
4.5.1.6 Supervisorio	106
4.5.1.7 Totalizador.....	107
4.5.1.8 Tratamiento de Señales Analógicas.....	109
4.5.1.9 PID FC8001.....	111
4.5.2 Ejecución del Programa de Control.....	113
4.5.2.1 Modo On-Line.....	113
4.5.2.2 Transferencia del Programa.....	113
4.5.2.3 Verificación del Programa	113
4.5.2.4 Modo de Operación del PLC	114
4.6 COMUNICACIÓN ENTRE EL TERMINAL MARINO PDVSA Y LA SALA DE CONTROL METOR.....	114
4.4.1 Integración de los Niveles de Comunicación	115
4.4.1.1 Comunicación Vía Red Ethernet.....	115
4.4.1.2 Comunicación Serial	115
4.4.1.3 Comunicación entre PLC CompactLogix y el Modem Tosnet	116

4.4.1.4 Configuración del Puerto RS-232 del PLC CompactLogix.....	117
4.4.1.5 Configuración de la Tarjeta de Comunicaciones 1785-KE a Comunicación Serial Full Dúplex.....	119
CAPÍTULO 5. SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE LA CARGA DE BUQUES Y CISTERNA	121
5.1 GENERALIDADES	121
5.2 TERMINOLOGÍAS UTILIZADAS EN EL SISTEMA	122
5.3 REQUERIMIENTOS ESENCIALES DEL SISTEMA	123
5.4 ACTORES DEL SISTEMA	123
5.5 CONTEXTO DEL SISTEMA	125
5.6 EQUIPOS Y SOFTWARE	127
5.7. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN EN FACTORYTALK VIEW SITE EDITION.....	128
5.8 DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA PARA LA CARGA DE BUQUES Y CISTERNA.....	129
5.8.1 Como ingresar en FACTORYTALK VIEW SE CLIENT.....	129
5.8.2 Aplicación “MUELLE”	130
5.8.2.1 Pantalla 1: MENÚ PRINCIPAL.....	132
5.8.2.2. Pantalla 2: MARINE TERMINAL (TERMINAL MARINO)	134
5.8.2.3. Pantalla 3: SHIP TK-801A/B/C (PMA).....	140
5.8.2.4. Pantalla 4: ALARMA PLC TO HMI	149
5.8.2.5. Pantalla 5: PMA TRUCK LOADING	150
5.8.2.6. Pantalla 6: TENDENCIAS.	155
5.8.2.7. Pantalla 7: ALARMAS DEL SISTEMA.	157
CONCLUSIONES.....	249
RECOMENDACIONES	252
BIBLIOGRAFÍA.....	253
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1. Ubicación Geográfica de la Planta METOR, S.A.	2
Figura 1.2. Organigrama de la Planta METOR S.A.	3
Figura 2.1. Niveles, Conexiones y Elementos que Intervienen en un Sistema de Control Distribuido (DCS).	19
Figura 2.2. El DCS Conjunto de Elementos Perfectamente Comunicados.	26
Figura 2.3. Aspecto físico de un PLC.	28
Figura 2.4. Arquitectura Básica de un PLC.	41
Figura 2.5. Topología de una Red Ethernet.	45
Figura 3.1. Diagrama de Producción de Metanol.	49
Figura 3.2. Tanques de Almacenamiento TK-801A/B/C, Planta METOR.	52
Figura 3.3. Arq. del Sistema de Control Distribuido Actual de METOR	64
Figura 3.4. EFGW Funciones de Configuración.	67
Figura 4.1. PLC CompactLogix,	86
Figura 4.2. Fuente de Alimentación 1769-PA4.	87
Figura 4.3. Procesador Compactlogix.	88
Figura 4.4. Módulo de Entrada Analógica 1769-IF8.	89
Figura 4.5. Módulo de Conteo de Pulsos 1769-HSC.	90
Figura 4.6. Módulo de Entrada Discreta 1769-IQ16.	92
Figura 4.7. Módulo de Salida Analógica 1769-OF8.	93
Figura 4.8. Módulo de Salidas a discretas 1769-OB32.	94
Figura 4.9. Detalle Final del Panel.	95
Figura 4.10. Distribución de Módulos del PLC CompactLogix.	95
Figura 4.11. Arquitectura de Control.	96
Figura 4.12. Archivos del Programas.	98
Figura 4.13. Rutina Máster.	99

Figura 4.14. Cálculo de Variables.	102
Figura 4.15. Configuración de Mensajes PLC 5/11.	105
Figura 4.16. Tabla de Datos de las señales en PLC5 lado PDVSA.	106
Figura 4.17. Totalizador para la Carga de Buques.	107
Figura 4.18. Configuración del Bloque TOT.	108
Figura 4.19. Totalizador para la Carga de Cisternas.	109
Figura 4.20. Secuencia de Cable Abierto.	110
Figura 4.21. Apertura de Válvula de Recirculación.	111
Figura 4.22. Configuración lazo PID.	112
Figura 4.23. Arquitectura para la Comunicación con PDVSA.	114
Figura 4.24. Conexión Físico del Cable para la Comunicación Serial DB9 Female DB25 Male.	116
Figura 5.1. Diagrama de Casos de Uso de Funcionamiento del Sistema.	126
Figura 5.2. Diagrama de Desarrollo de la Aplicación en FactoryTalk View Site Edition.	129
Figura 5.3. Grupo de Programas Rockwell Software.	130
Figura 5.4. Menú Principal.	132
Figura 5.5. Diagrama Menú Principal.	133
Figura 5.6. Marine Terminal.	134
Figura 5.7. Solicitud de Permiso de METOR hacia PDVSA.	135
Figura 5.8. Retiro de Permiso de METOR hacia PDVSA.	135
Figura 5.9. Permisivo Aceptado por PDVSA.	136
Figura 5.10. Condición de Paro de Emergencia “ESD”.	137
Figura 5.11. Activación By Pass Arranque de la Bomba.	138
Figura 5.12. Retiro By Pass Paro de la Bomba.	138
Figura 5.13. Mensaje de Confirmación, Retiro By Pass Paro de la Bomba.	138
Figura 5.14. Diagrama de la Pantalla Marine Terminal.	139
Figura 5.15. SHIP TK-801A/B/C (PMA).	140

Figura 5.16. Características de la Válvula FC-8001.	141
Figura 5.17. Ingresar el Valor de BSET.	142
Figura 5.18. Mensaje para Ingresar Valor de ALARM.	142
Figura 5.19. Apertura válvula HC-8002.	143
Figura 5.20. Comienzo de la Transferencia de Metanol.	143
Figura 5.21. Configuración PID Modo Manual.	144
Figura 5.22. Configuración PID Modo Automático.	145
Figura 5.23. Válvulas que Actúan en el Proceso de Carga.	146
Figura 5.24. Alarma por Alta Presion PSH-8003.	146
Figura 5.25. Ingresar el Valor de LOT.	147
Figura 5.26. Totalizador de los Tanques.	148
Figura 5.27. Secuencia de Pasos para Realizar una Carga de Buques.	148
Figura 5.28. ALARMA PLC TO HMI.	149
Figura 5.29. PMA TRUCK LOADING.	150
Figura 5.30. Confirmación la Apertura o Cierre de la Válvula HV8004.	151
Figura 5.31. Mensaje para Ingresar el BSET.	152
Figura 5.32. Apertura válvula HC-8004.	153
Figura 5.33. Secuencia de Pasos para Realizar una Carga de cisternas.	154
Figura 5.34. TENDENCIAS ALL PENS.	155
Figura 5.35. TENDENCIAS PID PENS.	156
Figura 5.36. ALARMAS DEL SISTEMA	157
Figura 5.37. Propiedades de la Pantalla Alarmas del Sistema.	158
Figura 5.38. Elementos de la Barra de Herramienta.	158
Figura 5.39. Detalles de Eventos y Alarmas.	159

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1. Participación de las Empresas que Conforman METOR, S.A.	2
Tabla 4.1. TAG en las Tendencias.	84
Tabla 4.2. Conversión de Hz a m ³ /h.	100
Tabla 4.3. Direcciones del Archivo N de PLC5/25 para Configuración de Mensajería.	105
Tabla 4.4. Funciones de los Pines del Conector Usadas para la Construcción del Cable para la Comunicación Serial PLC-Modem.	117
Tabla 4.5. Configuración de los Parámetros del Puerto Ethernet y Puerto Serial.	118
Tabla 4.6. Posición de los Switches del SW1.	119
Tabla 4.7. Posición de los Switches del SW2 para Indicar la Dirección DH+.	120
Tabla 4.8. Posición de los Switches del SW3, para la Indicación de la Velocidad de Transmisión.	120
Tabla 4.9. Posición de los Switches del SW4, Uso Futuro.	120
Tabla 5.1. Cuadro de Terminología.	122
Tabla 5.2. Actores del Sistema y sus Funciones.	124
Tabla 5.3. Descripción de los Principales Casos de Uso del Sistema.	125

RESUMEN

El presente trabajo de aplicación profesional fue desarrollado en el Complejo Petroquímico Jose Antonio Anzoátegui, en la empresa Metanol de Oriente, METOR S.A, el mismo tuvo como propósito el desarrollo de un sistema de monitoreo y control para el despacho de metanol. Esta alternativa de control de uso temporal durante el período en que la empresa realizó una parada de planta para un mantenimiento mayor de la misma. Actividad durante la cual se hizo el reemplazo del sistema de control distribuido (DCS) Yokogawa Centum XL, por el modelo Centum CS3000, así como también, se llevó a cabo el proceso de expansión de la planta. Por lo tanto, durante este tiempo se requirió garantizar que el despacho de metanol fuera de manera confiable y segura por vía marítima y terrestre. Dicho sistema de control temporal, se compuso de un PLC de última generación existente en la planta y equipos de comunicación empleados por el antiguo DSC.

Metodológicamente este proyecto corresponde a una investigación de campo de tipo descriptivo y proyecto factible, y el mismo estuvo constituido por cinco etapas de gran importancia como lo fueron, el estudio del proceso de carga de buques y cisternas, elaboración de una nueva filosofía de operación, realización de la programación lógica de control, establecimiento de la comunicación con el muelle PDVSA y finalmente el diseño de la interfaz gráfica. Con el desarrollo de estas etapas, se logró el óptimo funcionamiento de este sistema de control temporal, con la implementación de la interfaz grafica HMI el operador pudo interactuar con el proceso de carga de metanol, desde la sala de control permitiendo de esta manera la automatización del proceso.

NOMENCLATURA

AI	Señal Entrada Analógica
AO	Señal Salida Analógica
BUS	Estructura de Interconexión
CPU	Unidad de Procesamiento Central
CH ₃ OH	Producto Metanol
DH ⁺	Data Highway Plus
DI	Señal Entrada Discreta
DO	Señal Salida Discreta
ESD	Sistema de Parada de Emergencia
E/S	Entrada/Salida
FCV	Válvula de Control de Flujo
GN	Gas Natural
HV	Válvula de Control Manual
HMI	Interfaz Hombre Máquina
MV	Válvula Motorizada
PDVSA	Petróleos de Venezuela
PEQUIVEN	Petroquímica de Venezuela
PLC	Controlador Lógico de Venezuela
DTI	Diagrama de Tubería e Instrumentación
TCP/IP	Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet
XV	Válvula de Cierre on/off
MV	Variable Manipulable
CV	Variable Controlada
PV	Variable de Proceso
MCC	Centro de Control de Motores

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

La finalidad de este capítulo es ofrecer una visión específica de la Problemática presente en la Planta Metanol de Oriente S.A, METOR, los objetivos que se persiguen, la justificación e importancia que tiene la investigación, los alcances y limitaciones que intervinieron a lo largo del proyecto, la factibilidad de la investigación y por último la metodología que vamos a emplear para este trabajo.

1.2 LA EMPRESA

La planta METOR, S.A., se encuentra ubicada en el “Complejo Petrolero, Petroquímico e Industrial General José Antonio Anzoátegui” (JOSE), al oeste de la planta fraccionadora de PDVSA GAS, en la costa norte del estado Anzoátegui entre la población de Puerto Píritu (15 Km.) y las ciudades de Barcelona y Puerto la Cruz (28 Km.), en un área de extensión de 177.320 m², Con una capacidad instalada para producir 750 mil toneladas métricas anuales (MTMA) de metanol que cumplen con las especificaciones federales de Grado AA (superior a 99,9%), garantizando productos y servicios de alta calidad a sus clientes.

En la figura 1.1, se muestra la ubicación geográfica de la planta METOR, S.A., situada en el Complejo Petrolero, Petroquímico e Industrial General José Antonio Anzoátegui.

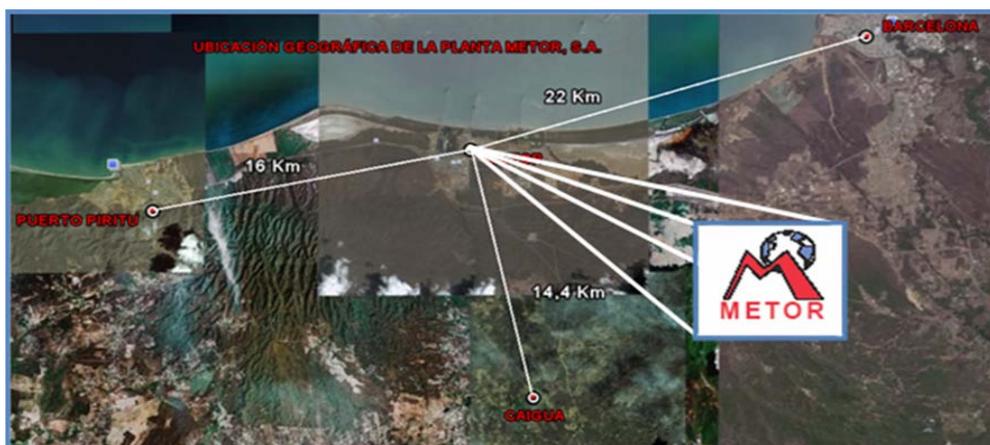


Figura 1.1. Ubicación Geográfica de la Planta METOR, S.A.

Metanol de Oriente, METOR, S.A., se inauguró oficialmente el 03 de mayo de 1994, con un costo total del proyecto de aproximadamente 330 millones de dólares, de los cuales, cerca de 270 millones se invirtieron en la construcción de la planta. Las contratistas principales de la construcción de la planta fueron: Mitsubishi Heavy Industries (MHI) de Japón, e Inelectra, firma venezolana de Ingeniería. Actualmente METOR, S.A., es una empresa mixta, conformada por las distintas empresas, mostradas en la tabla 1.1, en la que se presenta, la participación de las distintas empresas que conforman a METOR, S.A.

Tabla 1.1. Participación de las Empresas que Conforman METOR, S.A.

SOCIOS	% DE PARTICIPACIÓN
Petroquímica de Venezuela, S.A. (PEQUIVEN)	37,50
Mitsubishi Corporation	23,75
Mitsubishi Gas Chemical, Inc.	23,75
Empresa Polar Uno, C.A.	10,00
International Finance Corporation (IFC)	5,00

La gestión empresarial es conducida por un grupo de profesionales de alta capacitación y amplia experiencia en la industria petroquímica y petrolera nacional, lo cual es garantía de excelencia y continuidad operacional. La empresa provee empleo directo para aproximadamente 150 personas, además posee una estructura organizacional flexible y diseñada para el logro de altos índices de productividad. Ver figura 1.2 Organigrama de la planta METOR.

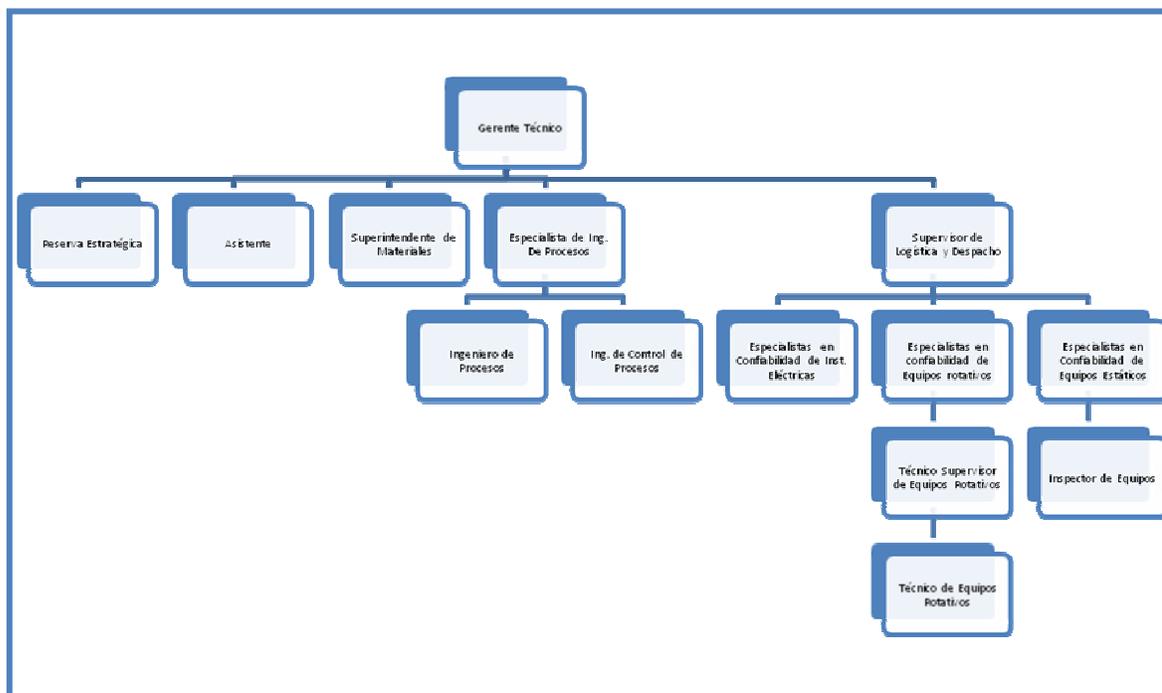


Figura 1.2. Organigrama de la Planta METOR.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la planta Metanol de Oriente METOR, posee un Sistema de Control Distribuido (DCS), en la cual reside toda la lógica para el control de la carga de buques y cisternas, dicho sistema permite manejar la etapa de producción de metanol (CH_3OH), la etapa de almacenaje y la distribución del

producto. La distribución se realiza de dos formas, mediante la carga de cisternas por vía terrestre ó mediante la carga de buques por vía marítima, en común acuerdo con el muelle de PDVSA.

Para los meses de Agosto y Septiembre del año 2008, Metanol de Oriente S.A, realizó una parada de planta para mantenimiento mayor, actividad durante la cual se hizo el reemplazo del sistema de control distribuido (DCS) Yokogawa Centum XL que corre bajo el sistema operativo UNIX, por el modelo Centum CS3000, así como también, se llevó a cabo el proceso de expansión de la planta. Por lo tanto, durante este tiempo, se requirió garantizar el despacho de metanol de manera confiable y segura por vía marítima y terrestre.

Por razones de tiempo y orientado a la utilización del stock de repuestos de la planta se usó un PLC existente, destinado a otro proyecto "*Facilidades Temporales Muelle PEQUIVEN*", el cual se encontraba inactivo por contratiempos de culminación. Este PLC de marca CompactLogix de ALLEN BRADLEY fue implementado en el corriente proyecto "*Facilidades Temporales para el Despacho de METANOL por el Muelle de PDVSA*", considerando la capacidad del mismo para soportar toda la lógica necesaria de control para la carga de buques y cisternas durante la parada de planta, y después de ella, servir como medio para alojar algunas señales que serán posteriormente usadas por el nuevo DCS.

Evaluando lo antes mencionado se propuso una alternativa de control temporal que sustituyó algunas de las funciones del Sistema de Control Distribuido (DCS) para el despacho de metanol durante el período de parada de planta. Dicha alternativa contempló un sistema de monitoreo y control capaz de integrar las exigencias necesarias que intervienen en el proceso de

carga de buques y cisternas como lo son: acciones de control para apertura y cierre de válvulas, señal de by pass para bombas, comunicación con el muelle de PDVSA (Terminal Marino), sensar señales como temperatura, nivel, presión, flujo, visualizar estatus de válvulas, entre otros factores que se empleaban en el sistema de control distribuido (DCS). Es importante destacar que las señales de flujo registradas en una carga de buques por el sistema de monitoreo y control a implementar, será solo para el control de METOR, puesto que para los efectos de la fiscalización del producto será PDVSA quien se encargue.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de monitoreo y control para carga de buques y cisterna en la planta Metanol de Oriente METOR, S.A. Complejo Petroquímico José Antonio Anzoátegui, Edo. Anzoátegui.

1.4.2 Objetivo Específicos

1. Describir el funcionamiento de sistema actual, empleado para la carga de buques y cisternas en la planta Metanol de Oriente S.A.
2. Elaborar la filosofía de operación del sistema temporal para el proceso de carga de buques y cisternas.
3. Elaborar la programación del PLC para el control en el proceso de carga de buques y cisternas.

4. Establecer la comunicación entre el terminal marino PDVSA y la sala de control METOR.
5. Diseñar el sistema de monitoreo y control para la carga de buques y cisterna en la planta Metanol de Oriente METOR, S.A.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

El alcance consistió en obtener una alternativa de control temporal rápida durante los meses en los cuales no se contó con un sistema de control distribuido (DCS) en la planta METOR S.A, con esto, se logró beneficiar a la empresa con menor tiempo de la elaboración del proyecto, mínimo espacio de ocupación, menor costo de mano de obra, mantenimiento económico, menor tiempo de puesta en funcionamiento y realizar carga de buques y cisternas desde la sala de control sin necesidad de trasladarse al área de operaciones. Estas premisas que se persiguieron a lo largo de este proyecto permitieron solventar la problemática presente en la parada de planta.

Una vez integradas todas las señales de campo que intervinieron en el proceso de carga de buques y cisterna al nuevo PLC, y culminado el sistema de monitoreo y control basado en HMI (Human Machine Interface), la alternativa de control temporal durante los meses en los cuales no se contó con el DCS, fue el único medio que sirvió para la carga de buques y cisterna, por esta razón el nuevo sistema requirió ser completamente seguro y confiable como lo fue el DCS, para no causar contratiempos en el proceso de carga ya que esto incurriría en pérdidas de dinero a la empresa licitante.

Sin embargo, el desarrollo del proyecto se encontró restringido, por la selectividad de la plataforma de control del PLC exigida en la empresa, siendo ésta la ofrecida por la marca Allen Bradley, orientado a utilizar el stock de repuestos y optimización de recursos en la planta.

Otra de las limitantes fue el factor tiempo, debido a la rapidez con que se debía entregar el proyecto por ser una facilidad temporal en la parada de planta, se tuvieron que omitir algunas pruebas, "FAT" (pruebas de aceptación en fábrica) antes de su entrega formal al cliente, esto trajo como consecuencia muchos detalles a nivel de programación lógica y de interfaz grafica, detalles que tuvieron que ser corregidos en las pruebas SAT (pruebas de aceptación en sitio) y aún estando el PLC en funcionamiento.

1.6 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Mediante la utilización de un PLC de última generación, se pudo obtener una alternativa de control temporal rápida en la planta METOR S.A. resolviendo la problemática y evitando grandes pérdidas monetarias para la empresa, por el hecho de no efectuar el despacho de metanol.

Los PLC son soluciones probadas para control secuencial, proporcionan un control confiable para procesos de fabricación extremadamente rápidos que requieren de tiempos en milisegundos, funcionan además como plataformas de software abierto, permitiendo entonces utilización en múltiples procesos sin necesidad de cambiar su diseño, simplemente adaptando la lógica según la solución requerida, reduciendo significativamente el coste de adquisición de un sistema de control alternativo.

Los PLC's actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido. A través del uso de éstos dispositivos no solamente se controla la lógica de funcionamiento de las máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, y manejar señales analógicas para realizar estrategias de control tales como controladores PID (Proporcional Integral Derivativo), además los operadores contarán con un dispositivo electrónico, a través del cual podrán realizar la carga de buques desde la sala de control sin necesidad de trasladarse al área de operaciones, haciendo uso de una interfaz gráfica que les permitirá interactuar con el proceso.

1.7 FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1 Recursos Materiales

Durante la ejecución del proyecto fue indispensable el uso de materiales de oficina, tales como: hojas para impresión y fotocopias, carpetas, engrapadoras, perforadores de hoja, cartulina, entre otros. Todos estos recursos se encontraron disponibles en la empresa Demótica de Venezuela contratista ejecutante del proyecto, y se pudieron adquirir cuando fueron necesarios.

1.7.2 Recursos Humanos

Aunque no se requirió la dedicación exclusiva del personal de la planta, fue necesaria su colaboración con la finalidad del asesoramiento referente al proceso, del funcionamiento de los equipos y su localización dentro de la

planta, así como el apoyo del ingeniero de control de procesos y el personal de electricidad e instrumentación.

1.7.3 Recursos Técnicos

Para llevar a cabo las pruebas indispensables para la realización del proyecto fueron necesarios una gama de instrumentos y herramientas entre las cuales encontramos: multímetros, destornilladores, pinzas, equipos de seguridad, computadora con herramientas de CAD (Diseño Asistido por Computadoras), impresoras y copiadoras. Uno de los principales recursos utilizados fueron los manuales de programación de acuerdo a la plataforma seleccionada.

1.8 MARCO METODOLÓGICO

1.8.1 Diseño de la Investigación

Según los objetivos planteados y el tipo de actividades a realizar, se identificó que este trabajo es un proyecto factible y que se encuentra dentro de las siguientes tipos de investigación:

- ✓ Investigación Aplicada.
- ✓ Investigación Descriptiva de Campo.
- ✓ Investigación Documental.

Es un proyecto factible, según lo expresado por la Universidad Pedagógica Experimental Libertador UPEL, (1998, p.7), que expresa lo siguiente en referencia a proyectos factibles:

“Una propuesta de un modelo operativo viable a una solución posible a un problema de tipo práctico, para satisfacer necesidades de una institución o grupo social. La propuesta debe tener apoyo, bien sea de una investigación de campo o de una de tipo documental y debe referirse a la formulación de políticas, programas, métodos y procesos”.

El proyecto Factible es una “propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad”, Arias F. (1997, p.83).

Estos planteamientos sustentan la afirmación de que el presente estudio es un proyecto factible ya que está adaptado al propósito de la investigación, es decir persigue la solución del problema en cuestión.

Es una investigación aplicada según Carlos Muñoz Razo (1998, p.36), expresa lo siguiente:

Una investigación aplicada es aquella “que utilizará la teoría existente para lograr cumplir el objetivo del mismo. Está encaminada a la resolución de problemas prácticos, con un margen de generalización limitado”.

Esta investigación es de tipo Aplicada ya que usará la teoría existente sobre Automatización y Control, programación de PLC y SCADA, para resolver el problema específico en esta área de la planta de METOR.

Una Investigación Descriptiva de Campo, según Sabino (1998, p. 89), que expone lo siguiente:

“Los diseños de campo son los que se refieren a los métodos a emplear cuando los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad, mediante el trabajo correcto del investigador y su equipo: estos datos, obtenidos directamente de la experiencia empírica, son llamados principios, denominación que alude al hecho de que son de primera mano, originales, producto de la investigación en curso, sin intermediarios de ninguna naturaleza”.

La investigación de campo, permite realizar observaciones a los sujetos en su ambiente natural y recoger los datos de interés en forma directa de la realidad. El diseño de campo realizado fue de tipo descriptivo, ya que en la investigación se utilizó la información directa. Al respecto, Tamayo y Tamayo (1998, p. 54), hace una definición de la investigación descriptiva:

“Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o proceso de los fenómenos. El efecto se hace sobre conclusiones o sobre cómo una persona o grupo o cosa se conduce o funciona en el presente. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta”.

Por Investigación Documental se entiende el tratamiento del problema con el propósito de ampliar y profundizar la naturaleza del hecho que estudiamos basados en trabajos previos e informaciones ya divulgadas por cualquier medio.

1.8.2 Área de la Investigación

La investigación se realiza en la planta METOR, S.A., que se encuentra ubicada en el “Complejo Petrolero, Petroquímico e Industrial General José Antonio Anzoátegui” (JOSE), al oeste de la planta fraccionadora de PDVSA GAS, en la costa norte del estado Anzoátegui entre la población de Puerto Píritu (15 Km.) y las ciudades de Barcelona y Puerto la Cruz (28 Km.), en un área de extensión de 177.320 m².

1.8.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para la obtención de la información fue necesario recurrir a fuentes primarias, principalmente:

✓ Documental

Durante las primeras fases de desarrollo del proyecto se realizó una investigación de tipo documental, la cual permitió extraer información de texto y manuales de los equipos que operan en la planta y de la nueva plataforma a implementar, con el fin de obtener toda la información técnica y teórica para encontrar la solución óptima al problema planteado.

✓ Observación Directa

Según Tamayo y Tamayo (1991, p. 99), la observación directa:

“Es aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación”.

Para recopilar los datos que permitieron detallar las fortalezas y debilidades del sistema y encaminar la investigación a la consecución de los objetivos planteados se debió presenciar la operatividad de los equipos y como se lleva a cabo el proceso de carga de buque y cisterna, con la finalidad de determinar la lógica de control del proceso y sus características.

✓ **Entrevistas**

Esta técnica nos permitió consultar e investigar con personal que labora en la planta METOR, como ingenieros, operadores, técnicos u otras personas que conozcan a cerca del proceso de cargas de buques y cisternas, así como también a profesores y personal perteneciente en las área de automatización y control que puedan aportar conocimientos al respecto al diseño de la interfaz gráfica, programación de PLC, entre otros, esto con el propósito de facilitar la elaboración del proyecto.

1.8.4 Fases de la Investigación o Procedimientos de la Investigación

✓ **Diagnóstico**

En la primera instancia se fortalecieron las bases teóricas mediante el análisis de los distintos manuales y referencias existentes en la planta, sobre el funcionamiento de los equipos y dispositivos presentes en la planta.

Luego se efectuó el estudio del proceso (lazo de control y secuencia de operación) a través de los manuales, diagramas eléctricos, entrevistas a los electricistas, instrumentistas y operadores que intervienen el proceso, y así

establecer las consideraciones y necesidades del sistema a tomar en cuenta en el diseño.

✓ **Diseño**

En esta fase se realizó la ingeniería básica para el diseño del panel de control, el diseño del programa de control requerido para controlar el proceso de carga de buques y cisternas, todos los planos referentes a la distribución eléctrica, señales y comunicación, y por último se realizará el diseño de la interfaz gráfica donde los operadores podrán interactuar con el proceso.

✓ **Inducción**

Luego de diseñar los paneles de control y la programación del PLC y construcción del HMI, se elaboró la documentación general del sistema, la filosofía de operación, el manual de funcionamiento de HMI, adiestramiento a los operadores sobre el manejo del nuevo sistema, todo con la finalidad de entregar al personal la información necesaria del manejo de nuevo sistema y mantenimiento.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES

En la primera parte de este CAPÍTULO SE PRESENTAN CUALES FUERON LOS ESTUDIOS PREVIOS A LA INVESTIGACIÓN, cuyos trabajos sirvieron como punto de partida para la realización del presente proyecto. La segunda y última parte de este capítulo explica la teoría y conceptos básicos, indispensables para la interpretación, desarrollo y avance del trabajo.

2.2 ANTECEDENTES

Al investigar sobre estudios relacionados con el tema de sistema de monitoreo y control para carga de buques y cisterna, sistema de control distribuido (DCS), controladores lógicos programables (PLC) y paradas de emergencia, realizados en la empresa o fuera de esta, se consultó una serie de trabajos que pueden contribuir de alguna u otra forma con la realización del presente proyecto.

En el año 2006, Oca Juan presentó un trabajo especial de grado, el cual pudo solventar la problemática de una empresa petrolera, pudiendo monitorear y controlar dos pozos en específicos que trabajaban con inyección de gas Lift. ^[1]

En el año 2001, Danilo Navarro, presentó un trabajo para ascender a la categoría de profesor agregado Universidad de Oriente a cerca del Controlador Lógico Programable (PLC). El cual describe la evolución histórica, características y funcionamiento de los PLC. ^[2]

En el 2008 se desarrolló un trabajo de grado en la Universidad de Oriente cuyo autor Jerald Escalona, desarrolló diferentes Diagramas de Secuencia Funcional que facilitaron la programación del PLC 5/30 y se implementó la técnica UML para elaborar los diversos casos de uso que suministraron información relevante para el diseño de las pantallas que integran el sistema de supervisión. ^[3]

En el año 2001, Renny Herrera presentó, un trabajo especial de grado en la UNEFA, el cual describe la ingeniería básica y de detalle para la actualización tecnológica de los paneles de control de un sistema de aire para instrumento en la planta de extracción San Joaquín. ^[4]

En el año 2007, Leonardo Hidalgo presentó un trabajo especial de grado, en la Universidad de Oriente, cuya información acerca de las capacidades de intercambio de señales entre un PLC y un sistema de detección de incendio en el terminal marino de PDVSA. ^[5]

En el año 2006 se presentó un trabajo especial de grado, en la misma universidad, por Nicolás Rivera cuya finalidad fue minimizar errores en la medición y disminuir al mínimo los costos operativos utilizando equipos auditables de última tecnología. ^[6]

Los resultados obtenidos en los trabajos anteriores servirán como punto de partida para la realización del presente proyecto.

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 Evolución de la Automatización de Procesos en la Industria

En los inicios de la era industrial, los operarios llevaban a cabo un control manual de las tareas utilizando instrumentos simples, manómetros, termómetros, válvulas manuales, etc. Control que era suficiente por la relativa simplicidad de los procesos, la gradual complejidad de los sistemas y procesos industriales ha exigido una automatización progresiva por medio de los instrumentos de medición y control. Estos instrumentos están liberando al operario de su función de actuación fija directa en la planta y al mismo tiempo, le han permitido una labor única de supervisión y de vigilancia del proceso o bien en salas aisladas separadas. ^[1]

La Ingeniería de la Automatización Industrial ha efectuado un enorme progreso en las últimas décadas. Elementos de hardware cada día más potentes, la incorporación de nuevas funcionalidades, y el desarrollo de las redes de comunicación industriales, permiten realizar excelentes sistemas de Automatización Industrial en tiempos mínimos.

2.3.2 Sistema de Control Distribuido (DCS)

Un DCS (Sistema de Control Distribuido), como su nombre lo indica consiste en una distribución de las tareas de control entre un grupo de microprocesadores en diferentes ubicaciones dentro de la planta y que se encuentran interconectados a través de una red de comunicación industrial, lo que explica su utilización en industrias como refinerías, cervecerías y plantas de potencia, que involucran entre cincuenta y cien o incluso más, lazos de control.

El primer sistema de control distribuido, el TDC-2000, fue desarrollado por la firma Honeywell, Aunque otras compañías como Bristol y Process Systems Inc., Desarrollaron controladores digitales basados en microprocesadores previos al TDC-2000, dichos dispositivos eran autónomos. La introducción de la computadora al control de procesos implicó el desarrollo de convertidores de señales, transductores AD (analógico-digital) y DA (digital-analógico), que permitieran la comunicación con los dispositivos de campo (sensores, transmisores y actuadores).

Los DCS han sido un componente básico en las aplicaciones de automatización de procesos. Ejecutan escaneos de E/S y calculan algoritmos de manera constante y por lo tanto, están clasificados como dispositivos basados en tiempo.

Como resultado los sistemas basados en DCS responden más lentamente y generalmente proporcionan control para procesos de fabricación que requieren una precisión superior en lugar de alta velocidad. Por lo tanto estos sistemas son implementados cuando un alto porcentaje de la aplicación requiere cálculos matemáticos complejos.

2.3.2.1 Secciones y Niveles que Forman un Control Distribuido

Combinando los conceptos de lazo de control y comunicaciones industriales, un sistema de control distribuido (DCS) consta de uno o más "niveles" de control, los cuales, están vinculados con el fin de ejecutar conjuntamente tareas complejas con un máximo de efectividad y una elevada optimización en el uso de los recursos.

En la figura 2.1, se muestra la relación existente entre los diferentes niveles de un DCS, sobre los cuales sería interesante hacer la siguiente precisión: en su definición original (clásica) eran los niveles 1, 2 y 3 los que realmente formaban el DCS, estando el restante (4) más vinculado al sistema de gestión de la empresa. Sin embargo, hoy en día, cuando se habla de control distribuido se está haciendo referencia a la totalidad de la figura 2.1, de ahí que se tienda a utilizar cada vez más el nombre de sistemas de información total.

En los niveles inferiores de un control distribuido estarán aquellos elementos que están en contacto con el proceso y, por tanto, ajustados a los parámetros y variables que el proceso suministra y que el DCS debe controlar.

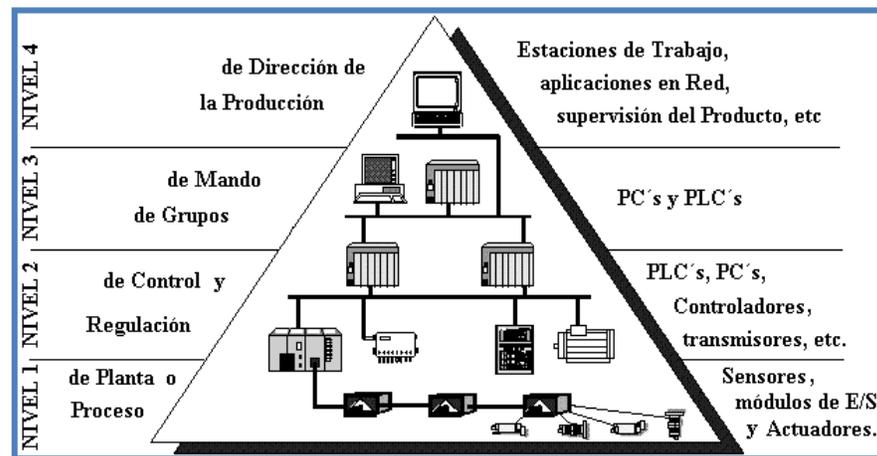


Figura 2.1. Niveles, Conexiones y Elementos que Intervienen en un Sistema de Control Distribuido (DCS). ^[9]

En los niveles superiores, los ordenadores, estaciones de trabajo e incluso los autómatas pueden llevar a cabo funciones adicionales tales como: concentración de datos, análisis y optimización de unidades (plantas o

divisiones corporativas con cierto grado de autonomía) del proceso. La adición de algún otro nivel al DCS puede también ayudar a integrar actividades relacionadas con una división o una planta, tal como compras, recepción de material, control de inventario, facturación, control de calidad y servicios al cliente o usuario.

Los sistemas de control distribuido multinivel poseen todas las posibilidades de un sistema de control centralizado, mientras conservan la flexibilidad, seguridad y rapidez de respuesta de los controladores autónomos basados en microprocesadores. Por ejemplo, el fallo de cualquier componente de un DCS afecta sólo a una pequeña parte del proceso, si acaso. Por otro lado, si un elemento de un nivel superior falla, los controladores del NIVEL 1 continuarán el control del proceso normalmente, entendiendo por normalidad la ejecución de la última labor encomendada (programada).

A diferencia de un sistema centralizado, sólo el NIVEL 1 debe estar conectado a las entradas y salidas del proceso. Un bus de datos sirve para la comunicación entre los controladores y la interface del operador. Esta distribución física en varios niveles de control puede reducir significativamente el coste del cableado y las modificaciones y mantenimiento pueden llevarse a cabo sin interrumpir el proceso.

Inclusive, los DCS son fácilmente ampliables. Cualquier dispositivo que haya de añadirse se comunica con otros dispositivos ya instalados en el mismo lugar. Esta modularidad proporciona una significativa mejora de costes durante todas las fases de un plan de automatización.

2.3.2.2 Elementos que Participan en los Niveles de un Control Distribuido

Si bien hay una cierta difuminación en las fronteras que separan los distintos niveles de un DCS, todavía se pueden enclavar ciertos elementos o componentes en determinados niveles, pues son característicos de ellos. A continuación se describen esos niveles.

✓ Nivel 1

Este nivel es el denominado de planta o proceso y es el que físicamente se encuentra en contacto con el entorno a controlar, tal como su nombre lo indica.

Para maximizar los beneficios de un DCS, en este nivel se utilizan sensores, actuadores y módulos de E/S de los denominados “inteligentes” y que generalmente están basados en microprocesadores (regulación digital). Este tipo de elementos son muy flexibles, permitiendo modificar tanto el control como los cambios requeridos en el proceso, además de ofrecer una fácil ampliación en caso necesario. Inclusive, los módulos de E/S pueden manejar varios lazos de control, ejecutar algoritmos específicos, proporcionar alarmas, llevar a cabo secuencias lógicas y algunos cálculos y estrategias de control altamente interactivas.

Los sensores, transductores, actuadores y demás instrumentos de análisis incluidos en el NIVEL 1, se encargan de comunicar las condiciones del proceso al sistema de control por un lado, y por otro, ajustan el proceso de acuerdo con las órdenes recibidas desde el sistema de control, del mismo

nivel o superior. En el primer caso tendríamos los sensores y transductores e instrumental de campo y en el segundo los actuadores.

La coordinación de todos estos elementos se hace, bien mediante un bus de campo, bien mediante un bus de dispositivos. La conexión de los actuadores y sensores al resto del DCS se hará directamente al bus de comunicación o a los módulos de E/S, dependiendo de las posibilidades de comunicación que posean. A su vez, los módulos de E/S pueden ser unidades de pequeños autómatas, siendo estos los que integrarán las comunicaciones necesarias.

La instalación de todo lo relacionado con este nivel de control se lleva a cabo por personal altamente especializado, ya que el mismo elemento (sobre todo transductores y actuadores) unos centímetros adelante o atrás no mide o actúa con igual fidelidad. Estos componentes, sobre todo los transductores, son muy sensibles y precisan unas condiciones de trabajo muy definidas, por lo tanto es fundamental elegir el dispositivo adecuado para evitar multitud de problemas "sin lógica aparente".

✓ Nivel 2

Suele denominarse generalmente de control y regulación. En este nivel se encuentra la interface de operaciones de cada uno de los procesos controlados.

La interface de operaciones o consola será una estación tipo ordenador personal, ya que constará de teclado, unidad de visualización y puntero. Esta interface permite al operador observar el estado del proceso y programar los elementos vinculados a él, individualmente si ello es necesario. Los

autómatas (PLC's) ubicados en este nivel suelen ser de prestaciones más elevadas, dotados de módulos de comunicaciones industriales (buses de campo), además de sus funcionalidades características. Por otro lado, los ordenadores irán equipados con tarjetas a modo de interface, que permitirán la relación adecuada con el entorno. Ambos equipos “extraen” los datos más significativos del nivel inferior mediante los puentes de comunicaciones adecuados (gateway o bridge) y los ponen a disposición de la interface de operaciones.

La interface de operaciones permite al operador ver datos del proceso en cualquier formato. Los formatos pueden incluir una visión global del estado del proceso, representaciones gráficas de los elementos o equipos de proceso, tendencias de las variables, estado de alarmas y cualquier otro tipo de información. El operador usa el teclado/puntero para dirigir los controladores, requerir información del proceso, ejecutar estrategias de control y generar informes de operación. Esta interface se ubica físicamente cerca del proceso o procesos controlados.

En este segundo nivel nos encontramos con las celdas o células, vinculadas a los diferentes procesos (cada una a uno, normalmente) y en ellas se pueden producir los primeros descartes de productos a raíz de las anomalías detectadas.

Los niveles 1 y 2 tienden a integrarse cada vez más en uno solo: control y regulación en planta. Ello es debido, principalmente a que los elementos de campo (NIVEL 1) son cada vez más sofisticados, arrebatando el campo a los controladores del NIVEL 2, ya que algunos de ellos además de incluir varios elementos a la vez (transductor, acondicionador, regulación digital), posee una interface lo suficientemente potente como para comunicar directamente

con niveles superiores. De hecho, la consola de operaciones del NIVEL 2 puede ser usada para interrogar o dirigir un controlador inteligente del NIVEL 1. Esta combinación de inteligencia, controladores independientes e interface de operador, proporciona la seguridad, velocidad, potencia y flexibilidad que es la esencia de un DCS.

✓ Nivel 3

Este nivel es el conocido como de mando de grupos y en él se sitúa la denominada en su día “interface del ingeniero” y que hoy en día suele conocerse como “interface para el control de la línea de producción”.

Esta interface (con cualquiera de sus nombres) de un DCS facilita la coordinación de las diferentes células existentes en el nivel inferior, a la vez que supervisa y controla toda un área, permitiendo obtener una visión más amplia de lo que se está ejecutando en la planta. También proporciona información importante a los ingenieros después de la instalación y puesta en marcha del sistema.

Para mejorar la productividad, una “interface de ingeniero” deberá ser fácil de usar, rápida y eficiente. Menús de operaciones y bases de datos ayudan a mejorar el uso y la productividad. De ahí que en este nivel se incluyan, sobre todo, ordenadores con software muy específico.

En este nivel se produce también un análisis pormenorizado de los datos generados en niveles inferiores y se producen los descartes definitivos. Además se aplican los criterios más exigentes de control de calidad y se planifica la producción a medio y corto plazo.

En el NIVEL 3 de un sistema de control distribuido se produce la primera centralización, entendiéndose por ello la concentración masiva de información, gracias a lo cual se pueden planificar estrategias sofisticadas en lo que a la producción industrial se refiere. Así, en este nivel se deciden aspectos productivos tan importantes como entrada y salida de materiales, es decir, la logística de aprovisionamiento.

✓ Nivel 4

Es el nivel de dirección de la producción. En este nivel se define la estrategia de la producción en relación con el análisis de las necesidades del mercado y se formulan previsiones de producción a largo plazo. Sobre estas previsiones, se planifica la producción en el NIVEL 3.

En este cuarto nivel se utilizan estaciones de trabajo, que permiten simular estrategias de producción e intercambiar datos con otros departamentos vinculados (diseño, I+D, etc.), además de establecer posibles cambios en ingenierías de los procesos.

Es un nivel con enfoques más mercantiles, por lo que no profundizaremos más en él y tan sólo añadiremos que los ordenadores en este nivel están especializados en gestión y almacenamiento de datos, además de estar vinculados mediante la red de comunicación correspondiente a sus respectivas aplicaciones.

2.3.2.3 Comunicación entre los Diferentes Niveles

Como se ha podido ver a lo largo de los puntos desarrollados hasta aquí, los sistemas de control distribuido (DCS) dependen de la comunicación

entre los diferentes equipos y dispositivos, situados en muchos casos en varios niveles de control. Cualquier nivel debe ser capaz de interrogar y dirigir dispositivos de niveles inferiores y comunicarse eficazmente con dispositivos situados al mismo o superior nivel. Con todo ello, lo que se pretende es dar la “sensación” de que todos los componentes de un DCS están conectados sobre una única vía de comunicación, ver figura 2.2, aunque en la realidad se haga uso de gateways que comunican los distintos niveles y elementos.

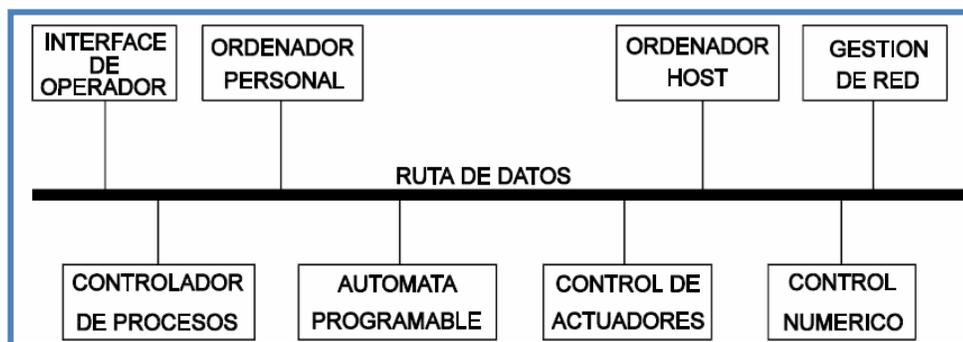


Figura 2.2. El DCS Conjunto de Elementos Perfectamente Comunicados. ^[9]

Un sistema de control distribuido no tiene por qué constar siempre de la estructura de cuatro niveles comentada anteriormente, ya que su complejidad dependerá, esencialmente, de los procesos a controlar y de la complejidad de estos. El utilizar una o varias rutas de datos (redes de comunicación industrial) va a estar condicionado por los aspectos comentados anteriormente y cuestiones tan obvias como la antigüedad de los equipos que deben coexistir, ámbito de cobertura del DCS, grado de automatización de la planta, etc.

En todo caso, no se debe olvidar las ventajas de enlazar todos estos equipos en lo que constituye un DCS (o también denominado a veces CIM, sistema de fabricación integrada) y que son, esencialmente, las siguientes:

- ✓ Posibilidad de intercambio de información entre equipos y módulos electrónicos que controlan fases sucesivas de un mismo proceso global.
- ✓ Facilidad de comunicación hombre-máquina, a base de terminales inteligentes (PC's) que permiten programar u observar el proceso en términos de lenguaje muy próximo al humano. El sistema admite la observación y la intervención del operador humano en forma interactiva a través de un terminal con teclado y pantalla que sustituyen al ya obsoleto sinóptico.
- ✓ Adquisición de datos de sensores y procesamiento de los mismos con vistas al control de calidad, gestión, estadística u otros propósitos.
- ✓ Facilidad de cambios, o lo que es lo mismo, flexibilidad de las células de fabricación para adaptarse a la evolución y a la diversificación de los productos. Como ejemplo típico basta pensar en la industria del automóvil, sometida a una continua evolución de modelos y variantes. La poca facilidad de cambios haría cuestionar el nombre de "células flexibles" que se da a estas estructuras.
- ✓ Posibilidad de utilizar lenguajes de alto nivel, que permitan tratar bajo un mismo entorno todas y cada una de las islas automatizadas, desde la fase de diseño (CAD/CAE) hasta la fase de explotación y gestión.

La clave para llegar a obtener todas estas ventajas está en un sistema de comunicación potente y robusto, a la vez que flexible, que permita integrar en él productos de cualquier fabricante, siempre que cumpla con alguno de los estándares abiertos. Aparte de los sistemas de comunicación específicamente industriales, las redes de área local tienen mucho que decir en éste sentido.

2.3.3 Controlador Lógico Programable (PLC)

Un PLC (controlador lógico programable) se puede definir como toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales de control. Fue inventado para remplazar los circuitos secuenciales basados en relés que eran necesarios para el control de las máquinas. Ver figura 2.3. Aspecto físico de un PLC.



Figura 2.3. Aspecto Físico de un PLC. ^[2]

Los primeros modelos de PLC fueron diseñados para manejar señales digitales y realizar actividades de mando, posteriormente la creación de interfaces permitió el manejo de señales analógicas y con ello la regulación o control de las variables de proceso, siendo esta una de las ventajas de este equipo ya que con él se pueden realizar actividades de mando o accionamiento y regulación al mismo tiempo. A continuación se definen las distintas señales.

❖ Señal Digital

Es la manifestación física de una magnitud de la que solo interesan dos niveles de la señal, ON o uno (1) lógico si la señal está presente y OFF o cero (0) lógico si no está presente.

❖ Señal Analógica

Manifestación física de una magnitud de la cual un individuo puede captar o monitorear y reportar un gran número de valores (inicial, intermedio y final) de la magnitud en forma continua ejemplo 4 a 20 Miliamperios, 1 a 5 o 1 a 10 voltios. ^[3]

2.3.3.1 Evolución Histórica de los PLC

Los PLC's fueron introducidos por primera vez a finales de 1960. La razón principal para introducir tal dispositivo fue la de eliminar el gran costo que representaba reemplazar los sistemas de control basados en lógica de relés.

En 1968, una empresa consultora llamada Bedford Associates (Bedford, MA) diseñó para la General Motors un dispositivo de control que llamaron Controlador Digital Modular (Modular Digital Controller, MODICON) 084.

A mediados de los 70 la tecnología dominante en los PLCs eran las máquinas secuenciadoras de estados y los bit-Slice based CPU. El AMD 2901 y 2903 eran bastante populares en los PLCs de Allen Bradley y en los de MODICON.

En 1973 las posibilidades de comunicación comienzan a aparecer, el primero de tales sistemas fue el ModBus de MODICON. Los PLCs pueden a partir de aquí comunicarse con otros PLCs distantes e intercambiar con ellos datos de las máquinas controladas. Igualmente se pueden usar para enviar y recibir voltajes variables lo que les permite entrar al mundo analógico. Desdichadamente, la carencia de estandarización acoplada con los

continuos cambios tecnológicos hicieron de la comunicación entre los PLCs un mar negro de redes y protocolos incompatibles.

En los 80 se vio el intento por estandarizar las comunicaciones con el Protocolo de Automatización de la Manufactura de la General Motors (MAP). En este tiempo también se redujo el tamaño de los PLCs y se hicieron programables mediante la programación simbólica desde computadores personales PCs en vez de mantener los terminales de programación dedicados o programadores "handheld".

Hoy, el PLC más pequeño en el mundo es del tamaño de un simple relé de control. En los 90 se vio una gradual reducción en la introducción de nuevos protocolos, y en la modernización de las capas físicas de alguno de los más populares protocolos que sobrevivieron a la década de los 80. El último standard (IEC 1131-3) ha tratado de unificar los lenguajes de programación de los PLCs bajo un único standard internacional. Actualmente hay PLC que son programables en diagramas de Bloques de Funciones, Lista de instrucciones, "C++" y texto estructurado, Diagrama de Contactos LADDER y GRAFCET al mismo tiempo. ^[2]

2.3.3.2 Estructura Básica de un PLC

Cada Controlador Lógico Programable se compone de dos partes básicas:

❖ Sección Operativa (SO)

Es la que opera la materia prima y el producto en general. Se compone de: Los medios y herramientas necesarias para transformar la materia prima,

por ejemplo: bombas, utensilios, taladros, etc. Los accionadores destinados a mover y poner en funcionamiento estos medios, por Ejemplo:

- ✓ Motores eléctricos para accionar una bomba.
- ✓ Gatos hidráulicos para cerrar una válvula.
- ✓ Gatos neumáticos para taladrar un cabezal de perforación.

❖ Sección de Comando (SC)

Es la que emite las órdenes hacia la sección operativa (SO) y recoge las señales de retorno para sus acciones. Cada vez más, la sección de comando (SC) se basa en técnicas de lógica programada. Como parte central de la sección de comando (SC) está el tratamiento, que conste en la unión de tres diálogos:

- a) **El Diálogo con la Máquina:** Consiste en el comando de los accionadores, (motores, gatos) a través de los pre-accionadores (contadores, distribuidores, variadores), y de la adquisición de las señales de la retroalimentación provenientes de los sensores que dependen de la evolución del proceso.
- b) **El Diálogo Hombre-Máquina:** Para manejar, regular, calibrar la máquina, el personal introduce mensajes y comandos y recoge informaciones del autómata.
- c) **El Diálogo con Otras Máquinas:** Varias máquinas pueden operar en una misma producción. Su coordinación está asegurada por el diálogo entre las secciones de comando.

2.3.3.3 Técnicas de Automatización.

Básicamente existen dos tecnologías que se emplean en la fabricación de automatismo.

- a) Lógica Cableada:** Se denomina conexión cableada a todos los controladores cuya función se determina mediante la conexión (cableado) de sus elementos individuales de conexión. Así, por ejemplo, se determina la función de control de un contactor mediante la selección de los elementos de conexión (abrir o cerrar) y por las características de su conexión, (conexión en serie o conexión en paralelo).

La estructura mecánica así como el cableado en el armario de distribución depende de la función del controlador. El montaje y cableado de un controlador programable puede efectuarse recién después de que se conozca su programa es decir, sus documentaciones de conexión. Cada cambio posterior de las funciones del controlador requiere un cambio de la estructura y del cableado. Estos cambios son muchas veces costosos y exigen mucho tiempo.

- b) Lógica Programada:** En cambio la estructura y el cableado son ampliamente independientes de la función deseada del controlador. Al aparato de automatización se conecta todos los contactos emisores requeridos para la función del controlador (interruptores, pulsadores, barras de luz, etc.) y todos los aparatos activadores sujetos al controlador (contactores, válvulas, etc.).

En este caso el autómata se basa en la programación de sus constituyentes. El funcionamiento obtenido resulta de la programación efectuada. En esta forma la labor efectuada puede cambiar alternando el programa; y con ello la flexibilidad es mayor.

2.3.3.4 Arquitectura de un Controlador Lógico Programable

La sección de comandos de una autómata programable desde el punto de vista conceptual es muy similar a la de un computador dedicado a funciones de control. Como tal, la arquitectura de un autómata programable puede dividirse en tres bloques principales:

- a) C.P.U. (Central Processing Unit):** Es la parte central de todo Controlador Lógico Programable, es la encargada de recibir, interpretar y ejecutar las instrucciones que lleguen correspondiente al programa en curso. El C.P.U. es el encargado de procesar los datos de acuerdo a una lógica pre-establecida y ejercer control sobre el flujo de información. El CPU se componen por los siguientes elementos:
 - ✓ **Unidad Lógico Aritmética:** Encargada de efectuar todas las instrucciones aritméticas (suma, resta, etc.) y lógicas (AND, OR, EXOR, NOT).
 - ✓ **Registros de Uso General:** Unidad de almacenaje provisional que contiene datos sobre los cuales se va a trabajar en un determinado momento, operando de una suma, punteros de memoria, etc.
 - ✓ **Acumulador:** Es el registro principal del C.P.U. Es el que participa en más instrucciones.

- ✓ **Banderas:** Registran condiciones especiales, de acuerdo a las cuales pueden o no tomarse acciones específicas por ejemplo: acarreo de una operación aritmética, signo de un dato, condición de un registro cuando es igual o diferente de cero, etc.
 - ✓ **Registro de Instrucciones:** Es el registro que contiene el código de la instrucción en curso y que se encarga de pasarlo a la unidad decodificadora de instrucciones.
 - ✓ **Contador de Programa (PC):** Es el registro que indica la posición de memoria donde ha de buscarse la próxima instrucción.
 - ✓ **Unidad de Control:** Es la encargada de generar o recibir las señales de control necesaria para la comunicación del C.P.U. con el mundo exterior, memorias, unidades de E/S y otros. El C.P.U. debe ser programado (usando una memoria) en un código que él entienda. Las instrucciones de programa son leídas en un código (binario). Sin embargo existen programas que permiten traducir instrucciones expresadas en un lenguaje de mayor nivel, el un lenguaje de "1" y "0" que entiende el C.P.U.
- b) **Memoria:** Permite el almacenamiento de datos y/o programas del sistema. La memoria consta de la circuitería electrónica capaz de almacenar el programa y los datos. La memoria de datos tiene las variables de entrada de la máquina, las variables intermedias (por ejemplo producto de un cálculo) y las variables de salida a ser transmitidas por las unidades E/S. Desde el punto de vista del C.P.U., la memoria es una unidad de E/S que puede ser leída, escrita o ambas. Generalmente las memorias están organizadas en arreglos de 1 byte u 8 bits cada una, aunque recientemente se fabriquen arreglos de 16 a 32 bits. Cuanto mayor sea la palabra o longitud del arreglo de memoria, mayor capacidad aritmética y

precisión digital se obtiene y por lo tanto mayor resolución en las señales discretas. Existen dos tipos de memoria y se clasifican de la manera siguiente:

- ✓ **Memoria RAM:** La Memoria RAM, en general puede estar constituida por diversos medios físicos. Desde el punto de vista de los PLC. la memoria RAM semiconductora es la más importante. En este tipo de memoria, la información (en binario) puede ser escrita o leída en número indefinido de veces, y la memorización está garantizada mientras exista memorización eléctrica. Al suprimir la fuente de alimentación, la memoria se borra. Por ello la RAM de tipo semiconductora es una memoria volátil. Para evitar esto puede añadirse al sistema de memoria RAM semiconductora un respaldo de batería que suplan la energía suficiente como para mantener la información de memoria cuando falle la alimentación principal.

La celda básica de una memoria RAM está constituida por un Flip-Flop con su circuitería de control de lectura y escritura. Internamente la memoria consta de celdas básicas capaces de almacenar un bit de información ("1" o "0" lógico). El conjunto de estas celdas constituye una matriz que es accesada (o direccionada) por líneas externas bajo el control del CPU.

- ✓ **Memoria ROM:** La memoria ROM semiconductora sólo puede ser leída (no escrita). Viene en diferentes modalidades:

ROM: Memoria con los datos grabados de fábrica.

PROM: Inicialmente "Vacía", el usuario programa una vez los datos en la memoria y estos ya no pueden borrarse o cambiarse más.

EPROM: El usuario programa los datos de la memoria, sin embargo éstos pueden borrarse sometiendo el integrado a una dosis de luz ultravioleta, según especificación del fabricante.

EEPROM: Los datos son grabados y borrados eléctricamente.

La ventaja de las memorias EPROM y EEPROM es que pueden usarse para prototipos que deben someterse a correcciones. Una vez que el programa sea definido, puede pasarse a una memoria ROM o PROM, que fabricado en grandes cantidades resulta más económicas. Las memorias de tipo ROM son no volátiles, la información que contiene no se borra al quitar la alimentación del integrado. Las memorias EPROM, no pueden borrarse y grabarse indefinidamente sino sólo un número limitado de veces que por lo general oscila entre 10.000 y 100.000.

2.3.3.5 Módulos de Entradas y Salidas (I/O)

Son módulos que reciben y/o envían señales al proceso o planta que se está controlando. Sirven de interfaz entre el PLC y los dispositivos o elementos de campo. Las señales de entrada, provenientes por lo general de sensores, son de naturaleza diversa:

- ✓ Voltaje Alterno.
- ✓ Voltaje DC.
- ✓ Corriente.
- ✓ Binaria o Digitales.
- ✓ Analógicas.

Pero siempre deben ser convertidas por lo elementos de entradas y salidas (E/S) en señales binarias capaces de ser comprendidas por el C.P.U.

De manera similar, las señales que provienen del C.P.U. deben ser convertidas por las unidades de entradas y salidas (E/S) en señales de voltajes AC o DC, o de corriente, analógicas, etc.

Otras de las características generales que deben presentar las unidades E/S son aislamiento y protección.

2.3.3.5.1 Entradas Analógicas (AI)

Los módulos analógicos, permiten convertir señales analógicas en señales numéricas digitales y viceversa. La resolución de la conversión es una función digital del número de bits usados en la parte numérica. También la rapidez de conversión es una característica esencial. Por ejemplo, en un módulo de conversión de 8 bits ($2^8=256$ valores posibles), y un voltaje analógico máximo de $10V/256=0,39V$.

2.3.3.5.2 Salidas Analógicas (AO)

La salida analógica es un producto de la conversión de un valor numérico digital a través de una tarjeta DIA. Los módulos de salida analógicos permiten realizar salidas de comandos y regulación. Cada salida está definida por la naturaleza de la corriente o voltaje usado Ejemplo: (0-5V ó 4-20 ma).

2.3.3.5.3 Entradas Digitales (DI)

La tensión de control (Tensión de alimentación del emisor o del actuador) es, en la mayor parte de los casos, + 24V o 220V. Estas tensiones no las puede proporcionar directamente el procesador central, éste necesita

para ello los apropiados adaptadores de señal. Las tarjetas de entrada digital adaptan el nivel externo de la señal al nivel interno (+5V). Adicionalmente se filtran las señales de entrada, es decir, se eliminan las interferencias de las líneas de señal y se recorta los picos de sobre tensión de breve duración. Condicionadas por este filtraje, las entradas de señal sufren un retraso; que según las tarjetas, se encuentra entre 1.4 ms y 25 ms. Si se tienen que captar las modificaciones de las señales de entrada muy rápidamente, se aconseja la utilización de tarjetas de entrada con formación de alarmas de procesos, en las que el filtro de entrada tiene un tiempo de retardo máximo de 1.5ms.

2.3.3.5.4 Salidas Digitales (DO)

Para poder realizar acciones de control sobre el proceso, el procesador central necesita de adaptación de la señal, que transforme el estado interno de la señal en las correspondientes tensiones y corrientes del proceso. Las tarjetas de salida digital contienen una memoria de datos sobre la que se escriben los estados de señal enviados a la tarjeta, conduciéndose posteriormente a un amplificador, en donde se dispone de la potencia necesaria de conmutación. La protección contra cortocircuitos se realiza electrónicamente en los amplificadores de corriente continua y en las salidas de corriente alterna mediante un fusible de precisión. En la selección de tarjeta de la salida digital hay que tener en cuenta la frecuencia de conmutación, la carga total y la corriente residual. La frecuencia de conmutación más alta permitida depende de la tarjeta y la clase de aparato a controlar. Se encuentra entre los 100Hz (Carga Ohmica) y 0.1Hz (Carga Inductiva).

2.3.3.5.5 Módulos de Comunicación

La comunicación más usada entre el PLC y su periférico (Terminales, consolas, teclados, impresoras) es la del tipo serial asincrónico. Este modo de comunicación permite el intercambio de caracteres alfanuméricos (generalmente en código ASCU) compuesto de una secuencia de bits transmitidos uno detrás del otro. La velocidad de transmisión se expresa en baudios (bits /seg.). Las interfaces se rigen por normas estándar como RS 232C.

2.3.3.5.6 Las Unidades de Diálogo

Consisten en las interfaces y periféricos que permiten la comunicación Hombre -Máquina.

2.3.3.5.7 Consola de Programación

Su función es la de registrar en la memoria del controlador las instrucciones para el funcionamiento del programa. El código usado para la programación (Booleano, redes de contactos, Graficet, Lenguaje de alto nivel) debe ser transformado al código binario entendible por el C.P.U. La consola de programación contiene un procesador de traducción (Compilador). La consola puede estar integrada en el controlador programable o estar separada. En algunos casos puede simularse un programa por medio de la consola colocándole en un modo especial. Existe también un control de ejecución de programa paso a paso o en bloque, con la inserción de "break-point". El programa puede ser almacenado en otros medios como cassette, discos, etc. La consola contiene a veces programadores de EPROM que permite guardar el contenido del programa en forma no volátil.

2.3.3.5.8 Diálogo de Supervisión

Permite coordinar subsistemas entre si su funcionamiento, mantenimiento etc. Consta de:

- ✓ Un terminal para el diálogo Hombre-Máquina.
- ✓ Una impresora para reportes diarios.
- ✓ Una unidad de almacenaje (disco duro).
- ✓ El terminal permite presentar visualmente las indicaciones de estado (máquina en parada, causas de averías, estadísticas de calidad, etc.).

2.3.3.5.9 Fuente de Poder.

Este sistema juega uno de los mayores roles de operación total de controlador programable ya que su papel fundamental no es solamente la de suministrar los requerimientos de voltaje DC a los componentes del PLC (es decir, al procesador, a la memoria y a las Entradas/Salidas), sino también, al monitor. Además debe regular el voltaje suministrado y debe alertar al C.P.U. si todo marcha bien.

A continuación en la figura 2.4, se muestra la arquitectura básica de un PLC.

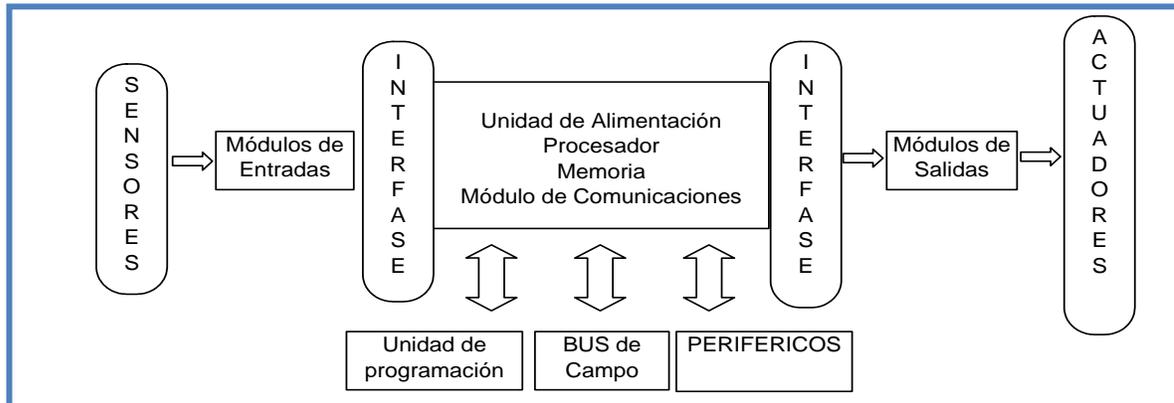


Figura 2.4. Arquitectura Básica de un PLC. ^[3]

2.3.4 Comunicación de un PLC.

Las formas como los PLC intercambian datos con otros dispositivos son muy variadas. Típicamente un PLC puede tener integrado puertos de comunicaciones seriales que pueden cumplir con distintos estándares de acuerdo al fabricante. Estos puertos pueden ser de los siguientes tipos: RS232C, RS485, RS422, Ethernet entre otras.

2.3.4.1 La Comunicación Serial

La comunicación serial es un protocolo muy común para comunicación entre dispositivos que se incluyen de manera estándar en prácticamente cualquier computadora.

El concepto de comunicación serial es muy sencillo, el puerto serial envía y recibe bytes de información, un bit a la vez. Aún y cuando esto es más lento que la comunicación en paralelo, que permite la transmisión de un byte completo por vez, este método de comunicación es más sencillo y puede alcanzar mayores distancias. Por ejemplo, la especificación IEEE 488

para la comunicación en paralelo determina que el largo del cable para el equipo no puede ser mayor a 20 metros, con no más de 2 metros entre cualquiera de dos dispositivos; por el otro lado, utilizando comunicación serial el largo del cable puede llegar a los 1200 metros.

Típicamente, la comunicación serial se utiliza para transmitir datos en formato ASCII. La característica más importante en la comunicación serial son: la velocidad de transmisión, los bits de datos, los bits de parada y la paridad. Para que dos puertos se puedan comunicar, es necesario que las características sean iguales. ^[5]

2.3.4.2 La interfaz RS-232

Se puede definir al RS-232 como un sistema sencillo de transmisión de datos en serie, universalmente extendido y bien considerado. Tiene algunas limitaciones seria como el interfaz de datos: Los cables RS-232 estándar solo transmiten hasta 256 kbps y son de una longitud máxima de 15 metros. Sin embargo, hoy se pueden ver puertos de alta velocidad hacia nuestros PC's de casa por los que circulan datos provenientes de lugares muy lejanos y a muy alta velocidad. La regla básica para la longitud de un cable de datos depende de la velocidad de transmisión y de la calidad de dicho cable.

Con el paso del tiempo y la evolución tecnológica obligaron el aumento de la longitud y velocidad, emergiendo el RS-422 y el RS-485, que utiliza líneas balanceadas, es decir, no utiliza un único hilo para transmitir cambiando la polaridad con referencia a un circuito común, sino que utiliza dos hilos para cada señal. Las condiciones de 0 y 1 lógico son determinadas por cambios en la polaridad de los dos hilos, por referencia del uno con el

otro. Con esto se logra eliminar algunos problemas que se presentan a mayores longitudes y velocidades de transmisión.

2.3.4.3 La Red Ethernet

Es una red de área local diseñada para el intercambio a alta velocidad de información entre las computadoras y dispositivos asociados. El alto ancho de banda (10 Mbps a 100 Mbps) de la red ethernet permite que muchas computadoras, controladores y otros dispositivos se comuniquen a través de lagar distancias.

2.3.4.3.1 Principio de Transmisión

Todos los equipos de una red ethernet están conectados a la misma línea de transmisión y la comunicación se lleva a cabo por medio de la utilización un protocolo denominado CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect), protocolo de acceso múltiple que monitorea la portadora: detección de portadora y detección de colisiones.

Con este protocolo cualquier equipo está autorizado a transmitir a través de la línea en cualquier momento y sin ninguna prioridad entre ellos. Esta comunicación se realiza de manera simple:

- ✓ Cada equipo verifica que no haya ninguna comunicación en la línea antes de transmitir.
- ✓ Los dos equipos transmiten simultáneamente, entonces se produce una colisión (o sea, varias tramas de datos se ubican en la línea al mismo tiempo).

- ✓ Si dos equipos interrumpen su comunicación y esperan un período de tiempo aleatorio, luego una vez que el primero ha excedido el período de tiempo, puede volver a transmitir.

Este principio se basa en varias limitaciones:

- ✓ Los paquetes de datos deben tener un tamaño máximo.
- ✓ Debe existir un tiempo de espera entre dos transmisiones.

El tiempo de espera varía según la frecuencia de las colisiones:

- ✓ Luego de la primera colisión, un equipo espera una unidad de tiempo.
- ✓ Luego de la segunda colisión, un equipo espera dos unidades de tiempo.
- ✓ Luego de la tercera colisión, un equipo espera cuatro unidades de tiempo.
- ✓ Por supuesto, con una cantidad menor de tiempo aleatorio adicional.

La red Ethernet usa una topología de bus donde todos los computadores están conectados por un cable de alta velocidad. Ver figura 2.5, y es una tecnología muy usada ya que su costo no es muy elevado.

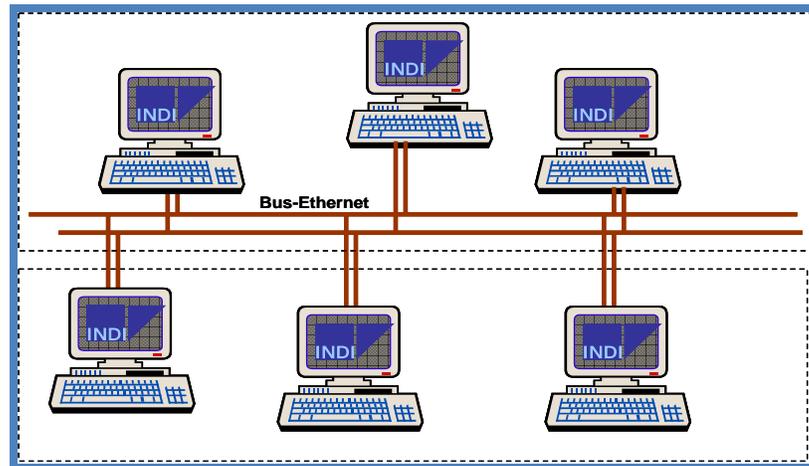


Figura 2.5. Topología de una Red Ethernet. ^[5]

En la capa de información, la red Ethernet proporciona acceso de los sistemas en toda la empresa a los datos de la planta. TCP/IP es el protocolo usado por el internet.

2.3.4.3.2 Características de la red Ethernet

La red ethernet presenta las siguientes características:

- ✓ **Capa de información.**
- ✓ **Intercambio de información a alta velocidad.**
- ✓ **Alto ancho de banda.**
- ✓ **Usado por la Internet.**

2.3.5 Generalidades de los Sistemas SCADA

El termino SCADA es el acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos, incluye un hardware

de señal de entrada y salida, controladores, interfaz hombre-máquina (HMI), redes, comunicaciones, base de datos y software.

Un SCADA es un sistema basado en computadores capaz de monitorizar y controlar un sitio completo o un sistema que se extiende sobre una gran distancia (kilómetros / millas). La mayor parte del control del sitio es en realidad realizada automáticamente por una Unidad Terminal Remota (RTU) o por un Controlador Lógico Programable (PLC). Las funciones de control del servidor están casi siempre restringidas a reajustes básicos del sitio o capacidades de nivel de supervisión. ^[6]

2.3.5.1 Elementos Básicos que Integran un Sistema SCADA

- ✓ **Master Terminal Unit (MTU):** La parte más visible de un sistema SCADA es la estación central o MTU. Éste es el "centro neurálgico" del sistema, y es el componente del cual el personal de operaciones se valdrá para ver la mayoría de la planta. Una MTU a veces se llama HMI Human Machine Interface, interfaz hombre-máquina.
- ✓ **Remote Terminal Units (RTU's):** La RTU es una pequeña y robusta computadora que proporciona inteligencia en el campo para permitir que el Master se comunique con los instrumentos. Es una unidad stand-alone (independiente) de adquisición y control de datos. Su función es controlar el equipamiento de proceso en el sitio remoto, adquirir datos del mismo, y transferirlos al sistema central SCADA.
- ✓ **Human Machine Interface (HMI):** La interfaz primaria al operador es un monitor que muestra una representación de la planta o del equipamiento en forma gráfica. Los datos vivos (dispositivos) se muestran como dibujos o esquemas en primer plano (foreground) sobre un fondo estático (background). Mientras los datos cambian en

campo, el foreground es actualizado (una válvula se puede mostrar como abierta o cerrada, etc.). Los datos analógicos se pueden mostrar como números, o gráficamente (esquema de un tanque con su nivel de líquido almacenado). El sistema puede tener muchos de tales monitores, y el operador puede seleccionar los más relevantes en cualquier momento.

2.3.5.2 Funciones Básicas de un Sistema SACDA

Dentro de las funciones básicas realizadas por un sistema SCADA están las siguientes:

- ✓ Recabar, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, correspondiente a la señalización de campo: estados de dispositivos, mediciones, alarmas, etc.
- ✓ Ejecutar acciones de control iniciadas por el operador, tales como: abrir o cerrar válvulas, arrancar o parar bombas, etc.
- ✓ Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.
- ✓ Aplicaciones en general, basadas en la información obtenida por el sistema, tales como: reportes, gráficos de tendencia, historia de variables, cálculos, predicciones, detección de fugas, etc.

CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

3.1 GENERALIDADES

En este capítulo, se analiza el funcionamiento del sistema que fue empleado para el despacho de metanol, tanto por vía marítima como por vía terrestre y la familiarización con la instrumentación y equipos asociados al sistema. El conocimiento de toda esta información, permitirá establecer una visión global del ambiente que envuelve el desarrollo del trabajo, es decir; marca el inicio de las actividades orientadas al alcance del objetivo general del proyecto a realizar, además de fundar las bases reales para el desarrollo del mismo.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

El proceso de producción usado por METOR, S.A, está estructurado por secciones; la sección de hidrosulfuración (sección 100), reformación del gas natural con vapor (sección 200), compresión de gas de síntesis (sección 300), síntesis de metanol a partir de gas reformado (sección 400) y destilación para la remoción de impurezas contenidas en el metanol crudo (sección 500), siendo las secciones 600, 700 y 800 destinadas a servicios, tratamiento de efluentes, almacenamiento y despacho respectivamente. Cabe destacar que el presente proyecto centra su desarrollo en esta última sección de almacenamiento y despacho, la cual será profundizada más adelante.

En la figura 3.1 se muestra el diagrama con la estructura regida para la producción de Metanol, en la planta METOR, S.A.

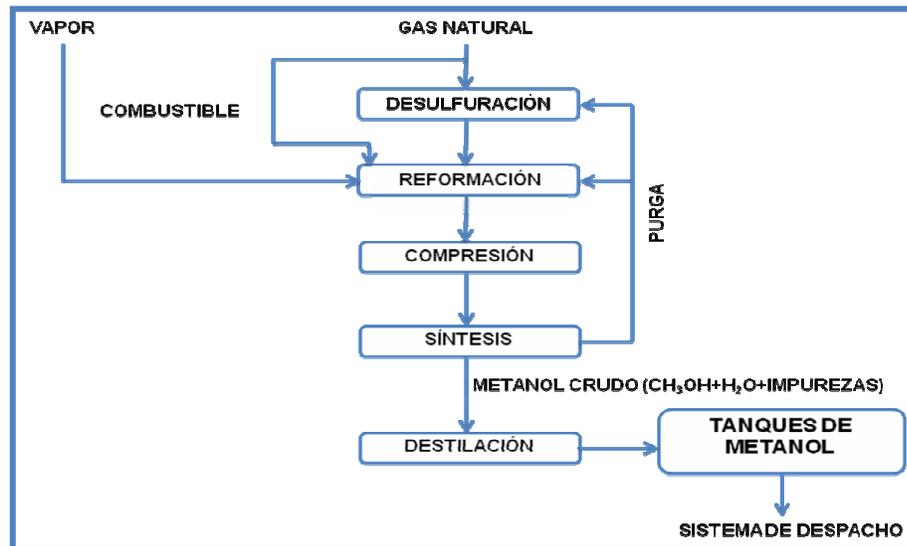


Figura 3.1. Diagrama de Producción de Metanol. ^[9]

3.2.1 Sección de Desulfuración

El gas natural contiene pequeñas cantidades de compuestos de azufre que deben ser removidas antes de entrar al Reformador para evitar el envenenamiento del catalizador y garantizarle una larga vida. En el Hidrogenador, en presencia del catalizador de óxido de zinc, los compuestos de azufre del gas natural son transformados a sulfuro de hidrógeno para luego ser absorbidos por el Absorbedor de Azufre.

3.2.2 Sección de Reformación

La corriente desulfurada pasa a un Saturador N° 1 donde el gas es saturado al entrar en contacto con el agua de circulación. El gas saturado con agua es mezclado con vapor de media presión para ajustar la relación de

calor/carbono en la mezcla 3:1, y calentado a una temperatura aceptable en un precalentador ubicado en la zona de convección del reformador antes de entrar al mismo. Las reacciones en el reformador se realizan a temperatura elevada y en presencia de un catalizador de óxido de níquel.

3.2.3 Sección de Compresión

El gas reformado es comprimido a la presión requerida en un compresor centrífugo de tres (3) etapas, e ingresa a la línea de descarga del Compresor de Gas de Síntesis.

3.2.4 Sección de Síntesis

La mezcla de gas de alimentación y del gas de reciclo es precalentada antes de ser introducida al Súper convertidor de Metanol, y luego calentada en la tubería interior del convertidor.

El dióxido de carbono (CO_2) generado es convertido en monóxido de carbono (CO), y éste se convierte en metanol. Debido a la selectividad del catalizador de Cobre-Zinc, de Mitsubishi Gas Chemical (MGC), el dióxido de carbono produce directamente metanol, al reaccionar con el hidrógeno.

El metanol y el agua formados en la reacción de síntesis son condensados y enfriados a 45 °C aproximadamente, y entran al Separador de Metanol, donde el metanol y el agua son separados del gas no condensado. La mayor parte del gas purgado es usado como combustible en el Reformador y el resto como fuente de hidrógeno en la reacción de hidrogenación en el Hidrogenador.

El metanol y el agua separados son enviados al Tanque de Metanol Crudo, donde los gases disueltos en el líquido son separados rápidamente a presión reducida, $3,5 \text{ kg/cm}^2$ aproximadamente. El metanol crudo es luego enviado a la Sección de Destilación para su purificación ya que contiene alrededor de 80%, en base al peso de metanol, 20% de agua, pequeñas cantidades de gas y una pequeña cantidad de impurezas orgánicas (dimetil éter, metil formiato, acetona, cetonas, etanol, alcohol pesado, parafina y otros complejos).

3.2.5 Sección de Destilación

El metanol crudo es purificado para la producción de metanol grado AA en un sistema de tres columnas: una Columna Estabilizadora y dos Columnas de Refinación que para ahorrar energía una es operada a alta presión y la otra a presión atmosférica. El 35% de la producción de metanol es refinada en la Columna de Refinación de Alta Presión y el 65% restante en la Columna de Refinación de Baja Presión.

3.2.6 Sistema de Almacenaje

METOR almacena su producción en tres tanques TK-801A/B/C, ver figura 3.2. Cada uno de estos tanques tiene un volumen de 64.000m^3 . Para el despacho de producción por vía marítima y terrestre, también dispone de una serie de instalaciones para bombear el metanol hasta los buques que se anclarán en el Terminal Marino de PDVSA. ^[9]

La ubicación de estas secciones del proceso de producción, e instalaciones para el proyecto METOR, podrá ser apreciada gráficamente en la sección de los anexos, (Ver Anexo A-1).



Figura 3.2. Tanques de Almacenamiento TK-801A/B/C, Planta METOR.^[9]

3.3 DESCRIPCIÓN OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ALMACENAJE Y DESPACHO DE METANOL.

A continuación se describen las facilidades y procedimientos operacionales correspondientes a la descarga del metanol despachado por Metanol de Oriente S.A. METOR, a través del Terminal Marino del complejo Criogénico de Oriente, Propiedad de PDVSA.

3.3.1 Descripción General.

La producción de la planta de METOR es de 750 TMD de Metanol grado AA. La misma es almacenada en los tanques TK-801 A/B/C cuya capacidad es de 64.000 m³ cada uno. La exportación de metanol se realiza por medio de buques de hasta 45.000 toneladas de peso muerto y 12 metros de calado, los cuales se cargan utilizando las instalaciones del Terminal Marino perteneciente a PDVSA, el uso de estas instalaciones es también compartida con las empresas SUPER OCTANOS Y SUPERMETANOL.

La carga de metanol hacia los buques se realiza por medio de las bombas de transferencias P-801 A/B localizadas en el área de almacenamiento de la planta. Cada una de estas bombas tiene capacidad

máxima de 2500 m³/hr. La línea de carga desde METOR 18"-PMA-80-12-LC3, luego 20" -PMA-80-12-LC3, se extiende hasta los brazos de carga del lado este del Terminal Marino (D10.90808/809).esta línea cambia de especificación en el área de la planta PDVSA a PMA-8020-MC5, luego MC5A y finalmente a MK1.Los brazos de carga de 10" cada uno, tiene una capacidad de 2.000 m³/hr.

También se encuentra instalada una línea de retorno (6"-CMA-8220-LC3) diseñada para regresar metanol hacia los siguientes destinos:

- ✓ Metanol producto en especificación hacia los tanque TK-801 A/B/C (6"-CMA-8225-LC3).
- ✓ Metanol a reprocesar en METOR, hacia los tanques TK-802 A/B/C (6"-CMA-8224-LC3).
- ✓ Metanol de desecho o contaminado al tanque TK-850 (6"-CMA-8226-LC3) para incineración.
- ✓ Metanol a la planta de SUPER OCTANOS para su procesamiento.

Adicionalmente y como parte de las instalaciones del muelle de PDVSA, se encuentran instalados dos tanques para la recolección de residuos de la carga (desecho tanks D8-90801 y D8-90802) cuya capacidad son de 6.9 m³ (volumen efectivo 5 m³) y 12 m³ respectivamente, diseñado para recolectar los residuos de metanol y MTBE contenido en los brazos de carga y tuberías asociadas, así como, las descargas de la válvula de alivio de presión instaladas en el sistema. El metanol recolectado en estos tanques es luego retornado hacia la línea de 6" antes mencionada mediante el uso nitrógeno como medio de desplazamiento.

En el Terminal Marino, la línea de transferencia, sistema de brazos de carga y tanques de desechos poseen sistemas de emergencia para garantizar la operación segura de las instalaciones, tales como:

- ✓ Sistema Interlock
- ✓ Controlador Lógico Programable (PLC)
- ✓ Válvula de Cierre de Emergencia (ESD).
- ✓ Válvula de Alivio de Presión (PSV).
- ✓ Detectores de Llama y Sistema Contra Incendio.

Toda la nomenclatura asociada a la instrumentación de campo y tuberías referenciadas en este capítulo podrán ser apreciadas en los planos DTI de los anexos A-2.

3.3.2 Modo de Operación

3.3.2.1 Descarga de Muelle

El metanol proveniente del área de almacenamiento de la planta es enviado hacia el Terminal Marino a través de las bombas P-8001 A/B, las cuales son de arranque local y descargan en la línea común 18"-PMA-8012-L3. Estas bombas están provistas de la siguiente instrumentación y del sistema de control:

- ✓ Válvulas motorizadas (HV-8011 A/B/C) a la succión de las bombas, localizadas a la salida de cada uno de los tanques de metanol producto TK-8001 A/B/C con accionamiento local y señal de apertura y cierre en el sistema de control distribuido.

- ✓ Válvulas motorizadas a la descarga de las bomba (HV-8010 A/B/) con accionamiento local.
- ✓ Válvulas motorizadas en la línea de recirculación (HV-8011 A/B/C) con accionamiento local y señal de apertura en el DCS.
- ✓ Switch de alta presión PS-8003 en la línea de descarga con parada automática de la bomba P-801 A/B (calibrado a 12 kg/cm^2)
- ✓ Medidor y controlador de flujo FICQ-8001, Flujo Normal $2.000 \text{ m}^3/\text{hr}$ (15060 TMH), el cual acciona la válvula FV-8001. Y con accionamiento desde el DCS.
- ✓ Switch de bajo flujo calibrador a $1022 \text{ m}^3/\text{hr}$ (780 TMH) la cual acciona una alarma y a la válvula solenoide que permite abrir la válvula al mínimo flujo XV-8001 en la línea 10"-PMA-8014B con señal de apertura en la sala de control DCS.
- ✓ Válvula de alivio de Presión calibrada a 18.5 Kg/Cm^2 (PSV-801).
- ✓ Línea de recirculación 16"-PMA-8014^a con válvula motorizada HV-8002 accionada localmente o desde el DCS.

Para ver más detalle de esta instrumentación puede consultar el diagrama de instrumentación y tuberías (DTI) en los anexos A-2.de este trabajo

Fuera de los límites de batería de la planta (OSBL) la línea de carga se transforma en 20"-PMA-8020-MC5 la cual posee una válvula de cierre rápido o de emergencia XV-8002 (XSV-908M2), accionada por el sistema Interlock del Terminal Marino y por el pulsador de emergencia colocado en la sala de control del Terminal Marino. Esta válvula (ESD) es accionada para asilar la plataforma de carga de las instalaciones en tierra. Adicionalmente esta línea posee una válvula de expansión térmica PSV-806 ajustada a $37,2 \text{ Kg/cm}^2$ que descarga hacia el cabezal de mechurrio de la planta y una válvula de

alivio de presión PSV-805 ajustada a 37,2 Kg/cm² la cual descarga a los tanques de residuos localizados en el Terminal Marino de PDVSA.

Aguas debajo de la válvula de cierre rápido XV-8002 (XSV-908M2) existe una válvula motorizada HV-8005 (XSV-908M5), actuada desde la sala de control del Terminal Marino con el fin de alinear el producto hacia los brazos de carga.

Existen dos (02) brazos de carga en el lado Este del Terminal Marino (D10.90808 y D10.90809 ambos de 10" de diámetro) utilizados para la carga de diferentes productos (MTBE, propano, butano, metanol, etc.) Sin embargo, para la carga y descarga de metanol se ha seleccionado exclusivamente el brazo D10.90808 con el uso de una brida ciega en el manifold de la línea UC-20".CC-908400B, para segregar la operación y evitar contaminación. Esta brida ciega, es removida solo en caso de mantenimiento o por problema de uno de los brazos de carga, para permitir la carga/descarga por el otro brazo.

En la línea hacia el brazo de carga se tienen dos (02) válvulas reguladoras de flujo CV-9088H (10") y CV-9088T (4") accionadas remotamente desde la Sala de Control del Muelle e incluidas en el sistema de parada de emergencia del muelle.

El brazo de carga D10.90808 es operado hidráulicamente por medio de una unidad de control. Posee así mismo una válvula de cierre rápido Z-801B accionada hidráulicamente en caso de activación del sistema de emergencia del muelle (separación imprevista entre el barco y el brazo, incendio, etc.). Adicionalmente existe un switch de presión PS-8002 (PSHH-908M2) el cual provoca la parada de las bombas de cara de metanol en la Planta METOR y

una válvula de alivio de presión PSV-90881 ajustada a $17,6 \text{ Kg/cm}^2$ y que descarga a los tanques de residuos a través de la línea UC-10"-BC-908421. Este producto, luego de ser analizado por el Laboratorio de METOR es enviado a través de la línea de retorno de 6" hacia la planta de SUPER OCTANOS para su procesamiento o hacia la Planta de METOR para su incineración. El modo normal de operación es "Metanol a la Planta de Súper Octanos para su procesamiento".

Adicionalmente, en la línea de carga se cuenta con la siguiente instrumentación:

- ✓ PSSL-9088EA y PSSL-9088EB, Baja presión Metanol en línea de descarga (1 Kg/cm^2 y $4,2 \text{ Kg/cm}^2$).
- ✓ PSHH-9088GA y PSHH-9088GB, Alta presión de Metanol/MTBE en el brazo de carga ($5,6$ y $12,7 \text{ Kg/cm}^2$).
- ✓ PSHH-908M2 (PS-8002), Alta presión en la línea de carga de Metanol ($18,5 \text{ Kg/cm}^2$).

Estos dispositivos están incluidos en el sistema "Interlock" del muelle y permitan accionar el sistema de parada de emergencia, parando la bomba P-801A/B.

Para más detalle de esta instrumentación puede consultar los diagramas de instrumentación y tuberías DTI en los anexos A-2.de este trabajo

3.3.2.2 Recolecciones de Residuos de Metanol (Slop Tanks).

El Terminal Marino de PDVSA posee las facilidades para la recolección o drenaje del metanol remanente contenido en los brazos, tubería múltiple y demás conexiones asociadas al sistema. Para ello, se utilizan los tanques de residuos (Slop Tanks) D8-90801 y D8-90802 en la recolección de MTBE y Metanol respectivamente.

Estos tanques también son utilizados para la recolección de las descargas de metanol provenientes de las válvulas de alivio de presión instaladas en el sistema de carga

Previo a la carga de metanol (o cualquiera de los productos a cargar o descargar) el operador del muelle de líquidos deberá seleccionar el tanque a utilizar para enviar los drenajes (para esto se usan las motoválvulas MV-90866 y MV90867). El diseño de las facilidades de muelle permite utilizar cualquiera de los dos tanques de residuo durante la carga de metanol. Sin embargo, en los procedimientos existentes y utilizados por SUPER OCTANOS se define el uso del tanque D8-90801 para la carga de MTBE y el tanque D8-90802 para la carga y descarga de metanol. En el procedimiento propuesto se cambia la filosofía, cambiando el uso del tanque grande D8-90801 para la recepción de alivios en caso de parada brusca de descarga a barcos, y del tanque pequeño D8-90802 para la limpieza de los brazos de carga. No habrá diferencias para el producto manejado (MTBE o metanol).

Los tanques D8-90801 y D8-90802 poseen en el fondo una “bota” desde la cual sale una línea de 4” utilizada para descargar el producto acumulado hacia la línea de retorno de 6”, se utiliza nitrógeno como medio de desplazamiento. Este producto es retornado a la planta de

SUPEROCTANOS para su procesamiento considerando que puede estar contaminado con trazas de MTBE, por ser común la línea de envío de los residuos a ambos tanques.

Los “Slop Tanks” cuentan con la siguiente instrumentación incluida en el sistema Interlock del Terminal Marino:

❖ **Tanque D8-90801:**

- ✓ LSHH-90849 alto nivel en el tanque, ajustado a 1.2 mts (80 % de nivel), desactivando el permisivo de carga.
- ✓ LSSL-90849 bajo nivel en el tanque, ajustado a 0 mts (0 % de nivel) permisivo de arranque del sistema.
- ✓ PSH-90853 alta presión en el tanque, ajustado a 8.4 kg/cm² accionando el sistema de emergencia. Así mismo posee una válvula de sobrepresión con descarga atmosférica PSV-90852, calibrada a 12 Kg/cm².

❖ **Tanque D8-90802:**

- ✓ LSHH-90849 alto nivel en el tanque, ajustado a 1.2 mts (80 % de nivel), desactivando el permisivo de carga.
- ✓ LSSL-90849 bajo nivel en el tanque, ajustado a 0 mts (0 % de nivel) permisivo de arranque del sistema.
- ✓ PSH-90853 alta presión en el tanque, ajustado a 8.4 kg/cm² accionando el sistema de emergencia.

Así mismo posee una válvula de sobrepresión con descarga atmosférica PSV-90862, calibrada a 12 Kg/cm².

La filosofía operacional de los tanques de residuo para la carga de Metanol desde METOR es la siguiente:

❖ **Tanque D8-90801:**

Este tanque es normalmente utilizado por SUPER OCTANOS para la recolección de residuos de MTBE durante la carga. Tan pronto finaliza la carga, estos residuos de MTBE son enviados a la línea de carga de 20" para su recuperación. Este tanque debe ser vaciado después de una carga.

Este tanque también será utilizado para recolectar la descarga eventual de las válvulas de alivio de presión de la línea y brazo de carga de metanol durante la operación de carga, debido a que tiene más capacidad que el tanque utilizado para los drenajes de metanol.

❖ **Tanque D8-90802:**

Este tanque es normalmente utilizado para recolectar los drenajes de la carga de metanol (brazo, distribuidor, etc.) de METOR y la limpieza de los brazos de carga de MTBE y metanol.

Durante la carga de metanol la filosofía a utilizar es la siguiente: los drenajes son conducidos hacia este tanque por medios de la líneas UC-4"-CC-908425, UC-2"-CC-908402 y UC-2"-CC-908402^a hacia la línea común UC-10"-BC-908421 en el cual, por medio de la válvula motorizada (MV-90866 y MV 90867) se puede definir cual tanque de residuos utilizar (en caso de metanol D8-90802 y para MTBE el D8-90801). En el caso del sistema de metanol se realiza por el accionamiento de la motoválvula MV-90866 localizada en la línea UC-10"-BC-908422.

Para más detalle de esta instrumentación puede consultar los diagramas de instrumentación y tuberías (DT) en los anexos A-2.de este trabajo

3.3.2.3 Retorno de Residuos de Metanol.

Adicionalmente el sistema antes mencionado, cuenta con una línea de retorno 6"-CMA-8220-LC3 interconectada con la línea de carga de metanol 20"-PMA8020-MC a través de la línea" CMA-8221-LC3A localizada entre las válvulas de ESD XV-8002 (XSV-908M2 y la motoválvula HV-8005 (XV-908M5). Estas líneas poseen una válvula neumática XV-8004 (XSV-908M4) incluida en el sistema de parada de emergencia del muelle de líquidos, así como la interconexión con los tanques de residuos D8-90801 D8-90802 a través de la línea de 4".

Para más detalle de esta instrumentación puede consultar los diagramas de instrumentación y tuberías (DTI) en los anexos A-2.de este trabajo

Esta línea de retorno es utilizada para enviar el metanol producto hacia los tanques TK-8001 A/B/C y tanques de metanol crudo TK-802 A/B durante la limpieza inicial de la línea de carga de 20" de Metro y cuando se requiera vaciar la línea de carga durante trabajos de mantenimiento. Adicionalmente esta línea es utilizada para enviar el metanol contaminado existente en los tanques de residuos hacia el tanque TK-580 de la planta para su disposición final (incineración).

Actualmente, se ha instalado una línea de interconexión entre la línea de retorno 6" CMA-8220 y la línea de suministro de metanol ME-20"-CA-

908300 hacia SUPER OCTANOS (en el área de PEQUIVEN). Esto permitirá el uso de la línea de retorno de METOR para enviar los residuos de metanol y MTBE recolectados en ambos tanques de residuos, hacia la planta de SUPER OCTANOS. Se instalará un sistema de válvulas de Bloqueo y Bridas ciegas que permitan aislar el envío hacia METOR o SUPERMETANOL para así evitar cualquier tipo de contaminación de productos.

Toda esta descripción puede apreciarse con detalles en la sección de anexos, (Ver anexos A-2).

3.4 SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS) YOKOWAGA CENTUM XL UBICADO EN LA PLANTA METOR S.A.

Las acciones de monitoreo, indicación y control de la planta METOR, se llevan a cabo por medio del sistema (DCS) "CENTUM - XL" de la YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION. El CENTUM – XL es un sistema de control distribuido, diseñado para control continuo, además permite un control computarizado con valores digitales y utiliza procesadores inteligentes distribuidos por toda la planta.

El sistema realiza las siguientes funciones: Operación y monitoreo, Supervisión de controladores, Control de secuencias, Controles avanzados, Inspecciones matemáticas. Ver anexos A-3.

Las unidades que integran el sistema de Control Distribuido (DCS), Centum XL, son las siguientes:

- ✓ Control de procesos: siete (7) Estaciones de control de campo EFCS.
- ✓ Operación y monitoreo, constituida por: 4 Estaciones de Operación EOPS, 3 Consolas de Operación EOPC.
- ✓ Construcción, generación y mantenimiento: una (1) estación de ingeniería ENGS.
- ✓ Tres (3) impresoras matriz EPRT2.
- ✓ Una (1) copiadora térmica a color ECHU2.
- ✓ Dispositivo de respaldo de comunicación: una (1) unidad de cartucho magnético.
- ✓ Comunicación: dos (2) Estaciones para el Terminal Marino EFWG
- ✓ EFMS (Estación de monitoreo de campo).

Un esquema general de la arquitectura del DCS y los componentes que conforman este sistema se encuentra en la figura 3.3.

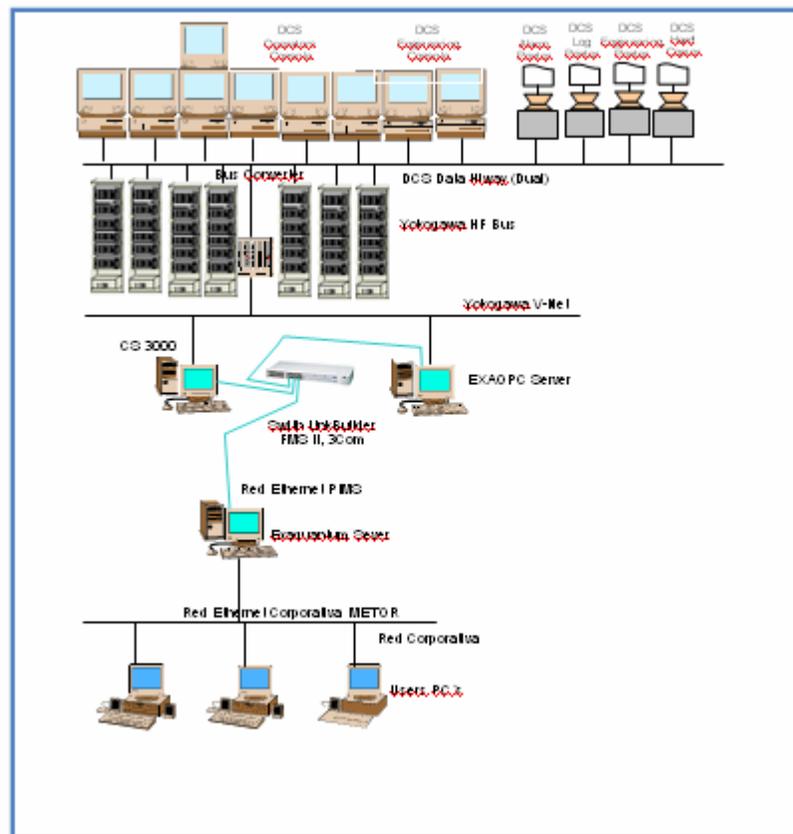


Figura 3.3. Arquitectura del Sistema de Control Distribuido Actual de METOR. ^[10]

A continuación se describen las capacidades y funciones de los elementos del DCS.

3.4.1 Estación de Control de Campo EFCD (Duplex)

La estación de control de campo EFCD realiza funciones de control “feedback” y secuencia. También realiza funciones computacionales, redundancias, procesamiento de arranques y comunicaciones.

3.4.2 Estación de Operación EOPS

La estación de operación permite mostrar, operar y grabar funciones, actúa como una interface superior entre elementos del sistema y el operador. EL EOPS soporta el proceso y monitorea la operación reuniendo toda la información de las estaciones de control de campo (EFCD), asignadas a las áreas individuales, permitiendo al operador mostrar en la pantalla a través del teclado variables de proceso, "set points" de instrumentos, parámetros de control, condiciones de alarmas a través de textos y gráficos. Las pantallas para la carga de buques y cisternas mostradas en la estación de operación, se podrán apreciar en la sección de anexos, (ver anexo A-4)

La Consola de Operación EOPC. Consiste básicamente en una pantalla CTR y un teclado adicional para el operador, lo que resulta en una opción más económica para ejercer funciones simultáneas al EOPS.

3.4.3 Estación de Ingeniería ENGS Estilo C

La ENGS es una estación multifuncional la cual maneja desde el desarrollo de sistemas hasta el mantenimiento del mismo. Desde esta estación se pueden realizar modificaciones independientemente antes de que lleguen a las estaciones de operación EOPS. Las funciones del ENGS consisten en un sistema básico y unos paquetes de "software" opcionales.

Este sistema básico viene en un cartucho magnético y un diskette soportados por el "hardware" de la misma estación de ingeniería. Cuando se arranca la estación cargando el sistema básico, se habilita el sistema a usar funciones de generación del sistema tales como definición de configuración del sistema, definición de constantes del sistema, funciones de guardado y

carga. También habilita funciones de administración del sistema como supervisión, administración de cambios en la historia de la base de datos y administración de “software”.

3.4.4 Estaciones Para el Terminal Marino

Las estaciones para el terminal marino desempeñan una función administradora de las operaciones de carga del producto metanol despachado a barcos. Esto se realiza a través de una estación de comunicación “Field Gateway Unit” (EFGW), una unidad EFGW para datos de un PLC Allen-Bradley y dos unidades Modem TOSNET-BM2 en conexión redundante.

3.4.5 Dispositivo Gateway Modelo EFGW (Field Gateway Unit).

La EFGW Field Gateway Unit es una interfaz de la red de comunicación HF Bus del Centum XL y otros subsistemas tales como controladores lógicos programables, y además permite la transmisión de datos entre una estación de operación Centum y los subsistemas.

Los subsistemas pueden ser directamente conectados al puerto RS-232C de la GATEWAY (RS2: Multipunto RS-232C tarjeta interfaz) o indirectamente conectados vía modem. En donde las especificaciones de la interfaz RS-232C son las siguientes:

- ✓ Método de Conexión: punto a punto.
- ✓ Sincronización: Star-stop.
- ✓ Comunicación Rate: 1200/9600bps.
- ✓ Número de puertos RS-232C: 4 puertos.
- ✓ Cable de conexionado entre RS2 y los subsistemas: cable especial.

Desde la EFGW se pueden realizar funciones computacionales y de secuencia para ser usadas con data I/O de los subsistemas. La función de la EFGW es ilustrada en la figura 3.4 que a continuación se muestra:

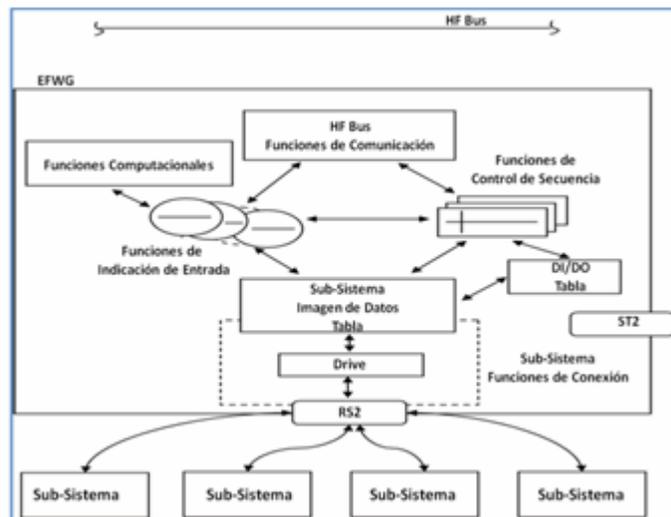


Figura 3.4. EFGW Funciones de Configuración. ^[10]

Desde la EFGW se pueden realizar funciones computacionales y de secuencia para ser usadas con data I/O de los subsistemas. La función de la EFGW es ilustrada en la figura 3.4 que a continuación

3.5 FILOSOFÍA DE OPERACION EMPLEADA POR EL DCS.

La filosofía de operación empleada por el DCS para la carga de buques y cisterna, consta de tres pantallas fundamentales, entre las cuales los operadores interactúan con el proceso de carga sin la necesidad de ir campo a registrar valores operacionales, tales como temperaturas, flujo, niveles,

etc., entre las pantallas utilizadas para el proceso de carga se tienen las siguientes:

- ✓ **GR0099 MARINE TERMINAL.**
- ✓ **GR0045 TK-801 A/B/C (PMA).**
- ✓ **GR0047 PMA TRUCK LOADING.**

3.5.1 Marine Terminal

Pantalla empleada para establecer la comunicación entre METOR y el muelle de PDVSA, esto se logra mediante la solicitud de permisivo para la carga de buques, provenientes desde la sala de control de METOR hacia las instalaciones del muelle de PDVSA. Una vez concedido el permiso de carga, comienza el arranque de las bombas P-801A/B para lograr el suministro de metanol hacia el buque por las líneas de transferencia.

Desde esta pantalla se puede lograr un paro de las bombas P-801A/B por by pass de las mismas, en caso de una eventualidad anormal en el proceso de carga, así como también un paro de emergencia ESD desde el muelle de PDVSA.

La descripción anterior explica la filosofía de operación que debería seguir el proceso de carga, sin embargo, actualmente el proceso de comunicación con el muelle no funciona correctamente y los operadores han optado por establecer la comunicación vía radio, es responsabilidad de este proyecto lograr la comunicación de manera adecuada.

A continuación se describe el proceso para la solicitud de permisos, bypass de bombas y paro de emergencia ESD.

a) Solicitud de Permiso de METOR hacia PDVSA para la Carga de Buques.

Para el proceso de carga de buques por el muelle de PDVSA, METOR debe enviar una solicitud de permiso hacia dicho muelle, esto se realiza a través de la pantalla MARINE TERMINAL, y haciendo click en el botón **“Permission Request of Loading”**, este mostrará una alarma visible, indicando que la solicitud del permisivo que se ha enviado correctamente, una vez chequeado por el personal del muelle, y de ser concedida la solicitud ellos reenvían el permisivo de vuelta a la sala de control, representándose como una alarma visible en los indicadores determinado como **“Check”** y **“Permission of MeOH Loading**. Continuamente al paso anterior, las bombas P-801A/B, iniciarán su arranque automáticamente, mostrándose visibles en el indicador **“MeOH Pump Start”** y dando comienzo de la carga.

b) Paro de Emergencia “ESD”.

Una condición de paro de emergencia **“ESD”** activado desde el muelle de PDVSA inhabilitará las operaciones de las bombas, esta operación es dada por los operadores del muelle cuando se desea paralizar el proceso de carga debido a la presencia de una eventualidad anormal en el muelle. Esta acción se mostrará en la pantalla con una indicación de alarma visible en el botón **“MeOH Pump Start”**, el cual representará el apagado de las bombas P-801A o P-801B y el paro de la carga. También se mostrará la alarma visible en los indicadores **“ESD”**, **“MeOH Pump Stop”** y **“MeOH Pump S/D”**.

c) Activación de By Pass de Bombas.

Otras condiciones que pueda presentarse en la operación de carga, es la activación de la bomba por by pass, el cual consiste en darle click al botón **MeOH PUMP START**, y pondrá en marcha la bomba. En caso contrario, para desactivar el by pass, se deberá hacer click en el mismo botón para deshabilitar la bomba en funcionamiento. Esta función generalmente es usada cuando el proceso de carga es interrumpido inesperadamente y se desea nuevamente activar la carga.

La pantalla **Marine Terminal** que empleaba el DCS y los TAG asociados a estas señales podrán apreciarse en la sección de los anexos, (Ver anexos A-4) de este trabajo.

3.5.2 TK-801 A/B/C (PMA).

Pantalla empleada para iniciar el proceso de carga de buques y mantener el control de la misma. La filosofía por la cual se rige el inicio de carga se describe a continuación.

a) Ingresando el Valor de BSET.

Este valor indica el total en toneladas de producto a cargar el buque. Para ingresar este valor se tiene que situar el cursor en el espacio indicado por el **BSET** y escribir la capacidad de toneladas a cargar. Cuando el totalizador del **BSET** alcanza el valor de toneladas deseado este se detiene automáticamente.

b) Apertura de la Válvula HC-8002 (Reversa).

La válvula **HC-8002** tiene como función la recirculación del flujo, utilizada para prevenir alta presión en la línea de carga. Para realizar la apertura de la válvula, se hace click sobre dicha válvula, esta desplegará una barra de porcentaje, con la cual, el operador podrá variar el porcentaje de apertura. Esta válvula es de función inversa, es decir, si se desea aperturar la válvula en un 5% se tendrá que mover el selector en la barra de porcentaje hasta un 95%.

c) Válvula XV-8001.

Esta válvula es empleada también para regular la presión en la línea de carga, cuyo apertura o cierre depende del flujo que pasa a través de la válvula FC-8001, es decir, si el flujo en la válvula FC-8001 es menor que 1000 m³/h la válvula XV-8001 se abrirá, en caso contrario, cuando el flujo es mayor que 1000 m³/h la válvula se cerrará.

d) Apertura de la Válvula FC-8001.

El proceso de la carga de buque y su control depende fundamentalmente de las maniobras de esta válvula, Esta se encuentra ubicada en la línea que va hacia el muelle de PDVSA. Haciendo click sobre ella, esta desplegará una barra de porcentaje, con la cual, el operador podrá variar el porcentaje de apertura de la válvula, generalmente esta se abre a 25% para una carga segura.

Todas las configuraciones para la carga de buques en esta válvula se hacen de modo manual ya que el modo automático se encuentra inhabilitado

por presentar fallas. Es responsabilidad de este proyecto lograr que funcione de manera adecuada.

Todas las características descritas anteriormente de la pantalla **TK-801 A/B/C (PMA)** y los TAG asociados a estas señales se podrán apreciar en la sección de los anexos, (Ver anexos A-4) de este trabajo.

e) Parámetros Presentes en la Carga de Buques.

A través de esta pantalla también se pueden visualizar todos los parámetros presente en la carga de buques. Dichos parámetros son: características de los tanques A/B/C como los son: nivel, temperatura y volumen, también el estatus de abierto o cerrado de las válvulas de control, se aprecia el flujo a través de las línea de carga e indicaciones de alarma visibles de cualquier eventualidad.

3.5.3 PMA Truck Loading

Pantalla empleada para iniciar el proceso de carga cisternas y mantener el control de la misma. La filosofía por la cual se rige el inicio de carga se describe a continuación.

a) Apertura de la Válvula Solenoide HV-8004(SOV).

La función de la válvula HV-8004(SOV), es suministrar aire de instrumento a la válvula de control HC-8004. Esta debe permanecer siempre energizada para que la válvula HC-8004 pueda funcionar correctamente.

b) Ingresando el Valor de BSET.

Este valor indica el total en toneladas de producto a cargar la cisterna. Para ingresar este valor se tiene que situar el cursor en el espacio indicado por el **BSET** y escribir la capacidad de toneladas a cargar. Cuando el totalizador del **BSET** alcanza el valor de toneladas deseado este se detiene automáticamente.

c) Comienzo de la Carga.

Una vez realizado los dos pasos anteriores presionar el botón **START**, cuyas letras se tornarán de color rojo, indicando el modo el cual se encuentra la carga. Una vez presionado el botón **START** el totalizador comenzara su cuenta progresiva hasta alcanzar el **BSET**. Se podrá pausar o detener la carga cuando se desee presionando los botones indicados como **PAUSE** y **STOP**.

d) Apertura de la Válvula HC-8004.

El proceso de la carga de cisternas y su control depende fundamentalmente de las maniobras de esta válvula, Esta se encuentra ubicada en la línea que va hacia el área de carga de la planta. Haciendo click sobre ella, esta desplegará una barra de porcentaje, con la cual, el operador podrá variar el porcentaje de apertura de la válvula, generalmente esta se abre a 22% para una carga segura.

e) Parámetros Presente en la Carga de Buques.

A través de esta pantalla también se pueden visualizar todos los parámetros presente en la carga de cisternas. Dichos parámetros son: características de los tanques A/B/C como los son: nivel, temperatura y volumen, también el estatus de abierto o cerrado de las válvulas de control, se aprecia el flujo a través de las línea de carga e indicaciones de alarma visibles de cualquier eventualidad.

Todas las características descritas anteriormente de la pantalla **PMA Truck Loading** y los TAG asociados a estas señales e podrán apreciar en la sección de los anexos. (Ver anexos A-4) de este trabajo.

CAPÍTULO 4. SISTEMA PROPUESTO

4.1 GENERALIDADES

Este capítulo describe las bases que fundamentan el proyecto, como lo son la nueva filosofía de operación temporal para la carga de buques y cisterna, la arquitectura de control propuesta, la programación del nuevo sistema de control y por último se explicarán las configuraciones para establecer la comunicación entre la sala de control de METOR y la sala de control del terminal marino.

4.2 REQUERIMIENTOS GENERALES DEL NUEVO SISTEMA

La nueva plataforma de control debe suplir el antiguo y obsoleto sistema de control, mientras perdure la parada de planta. El desarrollo de este nuevo sistema debe cumplir con el mismo modo operacional que el DSC pero bajo una plataforma distinta basada en la familia Logix, de Allen Bradley. Esta plataforma cuenta con un PLC CompactLogix de Allen Bradley existente en la planta, considerado capaz de realizar la lógica necesaria para el control de la carga de buques y cisternas durante la parada de planta, y que después de ella, servirá como Gateway entre el muelle del PVDSA y METOR también alojará algunas señales que serán posteriormente usadas por el nuevo DSC.

El PLC CompactLogix debe sustituir algunas funciones del Sistema de Control Distribuido (DCS) para el despacho de metanol durante el período de parada de planta como lo son: acciones de control para apertura y cierre de válvulas, encendido y paro de bombas, comunicación con el muelle PDVSA

(Terminal Marino) para permisivos de carga, sensor señales como temperatura, nivel, presión, flujo, entre otros factores que se emplean en el actual Sistema de control Distribuido (DCS).

Para esto será necesaria la construcción de un panel que aloje al PLC antes mencionado, y que contenga todas las borneras necesarias, donde se interconectarán todas las señales que queremos controlar y supervisar, provenientes desde campo. Dicho panel deberá estar con el cumplimiento de las normas de diseño y protección descritas a continuación

- ✓ PDVSA K-330 “Control Panel and Consoles”, Aplicada para los requerimientos, diseño y especificaciones de selección de los paneles de control.
- ✓ ISA. Estándar S5.4 “Instruments Loop Diagrams”. Aplicada para el diseño de los diagramas de lazo, de los equipos asociados al panel de control.

Para el diseño de la lógica de control fue necesario considerar la normativa siguiente:

- ✓ IEC 61131 estandarización de los PLCs y sus periféricos, incluyendo los lenguajes de programación que se deben utilizar.

También se incluirá una interfaz gráfica, para que el operador pueda interactuar directamente con el proceso de carga de buques y cisterna, y visualizar todas las señales anteriormente descritas, Esta interfaz contendrá una pantalla para configurar PID, una pantalla para permisivos, una pantalla para visualizar alarmas del sistema, una pantalla de tendencias para mostrar

gráficamente los valores de todas las señales. Estas dos últimas pantallas no se encontraban en el DCS, pero son anexadas como requerimientos necesarios en el nuevo sistema, para mejoras del sistema de carga de buques y cisterna.

4.3 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA TEMPORAL

El modo de operación temporal propuesto para el monitoreo y control en la carga de cisternas y carga de buques a través del muelle de PDVSA, consideró la antigua filosofía de operación como referencia. El sistema nuevo constará de siete pantallas de visualización que sustituirán las tres anteriores manejadas por el DCS, estas pantallas se realizarán bajo una nueva plataforma (familia Logix), y se explicarán con detalle más adelante.

En el proceso de despacho de metanol por el muelle de PDVSA es necesaria la comunicación desde la sala de control METOR hasta el terminal marino muelle de PDVSA, esta comunicación se establece mediante el envío de una señal de permisivo a través de la interfaz gráfica por parte de METOR, hacia el muelle, una vez cedido por éste, las bombas de transferencias estarán listas para proceder con el inicio de la carga de buques.

Es necesario interactuar con los equipos ubicados en campo que controlan el sistema de carga, sin la necesidad de ir al sitio donde se encuentra ubicado, para ello será necesario implementar en la interfaz gráfica, figuras que representen esquemáticamente los equipos que están en la planta. Es decir, se realizará una representación de las válvulas, tanques, bombas, etc., que interactúan en el proceso, para luego realizar la manipulación de los mismos mediante la interfaz.

Para la carga de buques es importante considerar los siguientes procedimientos:

- ✓ Aperturar la válvula HC-8002 (reversa).
- ✓ Ingresar el valor en toneladas de producto a despachar.
- ✓ Configurar PID de la Válvula FC-8001.
- ✓ Aperturar la válvula FV-8001 para dar inicio a la transferencia de metanol vía marítima.

Para la carga de cisternas es importante considerar los siguientes procedimientos:

- ✓ Aperturar Válvula Solenoide HY8004.
- ✓ Ingresar el valor en toneladas de producto a despachar.
- ✓ Aperturar Válvula HC-8004 para dar inicio a la transferencia de metanol vía terrestre.

Los pasos expresados anteriormente deben seguirse en la interfaz gráfica como medio para que el operador pueda realizar el despacho de metanol satisfactoriamente.

Otros valores deberán contemplarse en la interfaz a diseñar que son necesarios para el control de la carga de cisterna, como lo son niveles, presiones, temperaturas, alarmas entre otros.

A continuación se describe la función que deberá seguir cada una de las pantallas para el monitoreo y control de la carga de buques y cisternas.

❖ **Menú Principal:** Deberá mostrar una barra de menú compuesta por

seis botones de acceso que direccionan el ingreso hacia las otras pantallas que conforman al sistema, haciendo click en cualquiera de los botones se podrá trasladar hacia las otras pantallas.

❖ **Marine Terminal (Terminal Marino):** Pantalla en la cual se establece la comunicación entre METOR y el muelle de PDVSA, mediante la solicitud del permisivo para la carga de buques. Con la recepción del permiso de carga se percibirá el arranque de las bombas P-801A/B, también se dispondrá de la visualización de las señales de paro por ESD y by pass del permisivo para arranque y paro de las bombas.

A continuación se describe el proceso para la solicitud de permisivos, by pass para arranque y paro de bombas y paro de emergencia por ESD.

- a) **Solicitud de Permiso de METOR hacia PDVSA para la Carga de Buques.** Haciendo click en un botón determinado como “PERMISSION REQUEST OF LOADING”, para enviar la señal de permisivo de carga de buques, hacia el muelle Marine Terminal (PDVSA), desplegará un mensaje en la pantalla para la confirmación de la solicitud del permiso, de ser positiva la confirmación la señal se anunciará en el muelle de PDVSA.
- b) **Permiso Concedido por PDVSA para la Carga de Buques.** Una vez solicitado el permiso de METOR hacia PDVSA y concedido por este último se mostrará en la pantalla, una indicación en el botón MeOH PUMP START, el cual representará el encendido de las bomba P-801A o P-801B, siempre y cuando el MCC este armado.

- c) **Condición de Paro de Emergencia “ESD”**. Una condición de paro de emergencia “ESD” desde el muelle de PDVSA deberá inhabilitar las operaciones de las bombas, mostrando en la pantalla una indicación en el botón MeOH PUMP START, el cual representará el apagado de las bombas P-801A o P-801B y el paro de la carga.
- d) **Activación By Pass del Permisivo para arranque de las Bombas**. Consistirá en darle click al botón MeOH PUMP START, seguidamente aparecerá el mensaje de confirmación, si éste es afirmativo se dará el by Pass de la bomba. En caso contrario, para desactivar el by pass, se deberá hacer click en el mismo botón y aparecerá otro mensaje de confirmación, si la respuesta es afirmativa éste eliminará el by pass de la bomba que esté en funcionamiento.

Este procedimiento generalmente es realizado para inhibir el permisivo proveniente desde el Terminal Marino y dar arranque a las bombas para uso interno de transferencia en la planta metanol

❖ **SHIP TK-801A/B/C (PMA)**: Pantalla empleada para la carga de buques, en la cual se deberán apreciar los parámetros de los tanques A/B/C como lo son: nivel, temperatura y volumen, conjuntamente indicadores por alto nivel (mayor a 90%) o bajo nivel (menor al 10%) también el estatus de abierto o cerrado de las válvulas de control.

Otra característica que exhibirá esta pantalla es una ventana que contenga todas las características PID de la válvula FC-8001, como lo son flujo en M³/H y en T/H de la “**PV**”, el set point en M³/H de la “**SV**” (apertura de la válvula modo automático), el set point en % de la “**MV**” (apertura de la válvula modo manual) y el modo en que se encuentra manual o automático.

Una vez solicitados los permisos hacia el muelle de PDVSA, y concedidos por éste, se procederá a realizar la carga de metanol por el muelle de PDVSA a través de esta pantalla con los siguientes pasos.

- a)** Ingresar el Valor de BSET: Este valor indica el total en toneladas de producto a cargar el buque.
- b)** Ingresar el Valor de ALARM: Este valor establece a cuantas toneladas antes de alcanzar el BSET, el operador requiere que el sistema le recuerde que la carga está por terminar. Cuando el totalizador llega a este valor automáticamente se cierra la válvula FC-8001 al 16% y cuando llega al Bset se cierra completamente.
- c)** Apertura de la Válvula HC-8002 (reversa): Selector/indicador por el cual, el operador podrá variar el porcentaje de apertura HC-8002.
- d)** Botón START: Una vez realizado los pasos anteriores dar comienzo al totalizador e inicio de la carga presionando el botón START.
- e)** Apertura de la Válvula FC-8001: Ajustar la CONFIG PID (AUTO/MAN), mover la válvula FC-8001 al valor deseado.
- f)** Válvula XV-8001: Si el flujo a través de la válvula FC-8001 es menor que $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ la válvula XV-8001 se abrirá automáticamente, en caso contrario, cuando el flujo es mayor que $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ la válvula se cerrará.
- g)** Botón PAUSE: Detiene el totalizador. No produce cierre en ninguna válvula solo detiene el conteo del totalizador.

h) Botón RESET: Cuando se desee iniciar una nueva carga, se deben restablecer todos los valores de la carga. Para reiniciar el totalizador se debe presionar un botón RESET.

i) Total de Tanques: Indicador que muestra la sumatoria de contenido en todos los tanques en toneladas.

❖ **Pantalla 4: ALARMA PLC TO HMI:** En esta pantalla se muestran las distintas alarmas en el sistema como lo son alarmas por ESD, alto o bajo nivel en los tanques, alta presión en las líneas, fuego en las distintas secciones de la planta entre otras.

❖ **PMA TRUCK LOADING:** Pantalla empleada para la carga de cisternas, en la cual se deberán apreciar los parámetros de los tanques A/B/C como los son: nivel, temperatura y volumen, conjuntamente indicadores por alto nivel (mayor a 90%) o bajo nivel (menor al 10%) también el estatus de abierto o cerrado de las válvulas de control, abierto.

A continuación se describen los procedimientos para cargas de cisternas.

a) Apertura y Cierre de la Válvula Solenoide: Al presionar un botón la válvula solenoide SOV se abrirá y comenzará la carga de cisternas.

b) Ingresar el Valor de BSET: Este valor indica el total en toneladas de producto a cargar la cisterna.

c) Ingresar el Valor de ALARM: Este valor establece a cuantas toneladas antes de alcanzar el BSET, el operador requiere que el

sistema le recuerde que la carga está por terminar. Cuando el totalizador llega a este valor automáticamente se cierra la válvula HC-8004 al 16% y cuando llega al Bset se cierra completamente.

- d) Apertura de la Válvula HC-8004: Selector/indicador por el cual, el operador podrá variar el porcentaje de apertura HC-8004.
- e) Botón START: Una vez realizado los pasos anteriores dar inicio a la carga presionando START.
- f) Botón PAUSE: Detiene el totalizador. No produce cierre en ninguna válvula solo detiene el conteo del totalizador.
- g) Botón RESET: Cuando se desee iniciar una nueva carga, se deben restablecer todos los valores de la carga. Para reiniciar el totalizador se debe presionar un botón RESET.

❖ **TENDENCIAS:** Una tendencia es una representación visual o tabla de valores de tags actuales o históricos. Esta tendencia proporcionará a los operadores una manera de rastrear las actividades de la planta conforme van ocurriendo. El objetivo de esta, es mostrar datos en tiempo real y datos históricos de los registros de datos. Las plumillas en la tabla en tiempo de ejecución representan datos provenientes de tags y expresiones que se añaden al objeto de tendencia. Esta tendencia permite un control en tiempo de ejecución flexible y ampliable. A continuación se muestran señales analógicas que intervienen en el proceso vistas en la tendencia, ver tabla 4.1.

Tabla 4.1 TAG en las Tendencias.

TAG en las Tendencias	
•LT-8001A	•TK-8001A
•LT-8001B	•TK-8001C
•LT-8001C	•SET POINT
•PI-8001	•FC-8001 MV
•TK-8001A	•8001-PV

LT-8001 A/B/C: Transmisores de Nivel en los Tanque.

TK-8001 A/B/C: Temperatura en los Tanques.

PI-8001: Indicador de Presión en la Línea de la Válvula FC-8001.

SET POINT, FC-8001 MV, 8001-PV: Variables del Controlador PID.

❖ **ALARMAS DEL SISTEMA:** Pantalla en cual se almacenarán todos los registros de eventos y alarmas ocurridos durante el proceso de carga. Estos eventos se almacenarán como históricos en la aplicación y podrán ser consultados en cualquier momento.

Esta pantalla mostrará una barra de herramientas con aplicaciones sencillas que ayudará a detectar de manera rápida cualquier eventualidad de riesgo a través de sonidos de alarma que esté genera cuando ocurre un evento fuera de lo normal, también permitirá la impresión de todas la eventualidades ocurridas en un lapso de tiempo determinado o cuando sea necesario.

4.4 ARQUITECTURA DE CONTROL

La arquitectura de control estará integrada por un PLC de Allen Bradley modelo CompactLogix que contendrá la lógica necesaria para interactuar con los equipos ubicados en campos, mediante operaciones realizadas a través de una interfaz gráfica. Esta arquitectura estará basada en una red Ethernet para comunicar al PLC con la interfaz gráfica.

A continuación se describen las características del PLC CompactLogix, su composición, configuración e integración con los elementos fundamentales para el despacho de metanol.

4.4.1 Características del PLC CompactLogix

El PLC CompactLogix es una arquitectura integrada de control completa, con una memoria de usuario de hasta 1.5 Mb, con puerto serial, ethernet/IP o controlnet integrados, comunicaciones modulares devicenet y una capacidad de E/S locales de hasta 30 módulos de E/S, CompactLogix posee todas las características avanzadas de la última generación de controladores Logix.

Todos los módulos Compact I/O cuentan con un exclusivo diseño de machihembrado que engarza los módulos unos con otros. Esta modularidad permite a los usuarios construir exactamente el sistema que necesitan; no uno más grande ni más pequeño. Este diseño también significa que los módulos de E/S pueden instalarse ya sea en un panel, con dos tornillos de montaje o en un riel DIN, eliminando así la necesidad de rack y conservando espacio de panel.

Esta infraestructura de automatización industrial que ofrece soluciones escalables para toda la variedad de actividades relacionadas con la automatización, incluidas el movimiento secuencial, el control de procesos, el control de dirección, la seguridad y la información. A continuación en la figura mostrada se aprecia un PLC CompactLogix de Allen Bradley.



Figura 4.1. PLC CompactLogix. ^[11]

4.4.2 Composición del PLC CompactLogix

A continuación se describen brevemente cada uno de los módulos que conforman el PLC CompactLogix.

❖ **Fuente de Alimentación 1769-PA4:** Este módulo o mejor dicho esta fuente de alimentación provee el voltaje y la corriente necesarios que requieren todos los demás módulos que conforman el PLC. Para alimentar esta fuente es necesario un suministro de 120/240 Vac.

Las fuentes de alimentación Compact 1769, tiene la facilidad de distribuir energía desde cualquiera de sus lados, Por ejemplo, en nuestro caso la 1769-PA4, pueden proporcionar 2 amperios al derecho de la fuente

de alimentación y 2 amperios a la izquierda, trabajando con 24 Vdc, siendo la cantidad máxima de corriente que el sistema apoya en ambas direcciones.

La fuente de alimentación 1769-PA4 y su conexionado eléctrico, se pueden observar en la figura mostrada a continuación.



Figura 4.2. Fuente de Alimentación 1769-PA4.

Para la selección de la fuente fue necesario realizar los cálculos eléctricos, y así determinar que esta pueda soportar la plataforma del PLC a implantar. Para ver los detalles de los mismo revisar los anexos B-1 del presente Proyecto.

❖ **Procesador 1769-L32E:** El procesador 1769-L32E, Posee 750 Kbyte de memoria y acepta hasta 16 módulos de E/S locales. Tiene una memoria compact flash extraíble que ayuda a reducir el tiempo improductivo gracias a que almacena el programa, los valores de tags y firmware.

El 1769-L32E también ofrece un puerto en serie robusto RS-232 que permite la conexión por medio de los protocolos DH-485, DF1 ó ASCII a

dispositivos como los terminales de programación, módems, lectores de códigos de barra, básculas o impresoras.

Tiene indicadores de estado como procesador en falla, procesador en modo run, procesador con entradas o salidas forzadas, procesador en modo programación, y estado de la batería o de los canales de comunicación.

El controlador CompactLogix 1769-L32E ofrecen conectividad integrada con la red Ethernet, lo que elimina la necesidad de comunicaciones modulares, simplifica la programación y recorta costos de instalación y configuración. En la figura 4.3, mostrada a continuación se observan las partes de un controlador CompactLogix 1769-L32E.

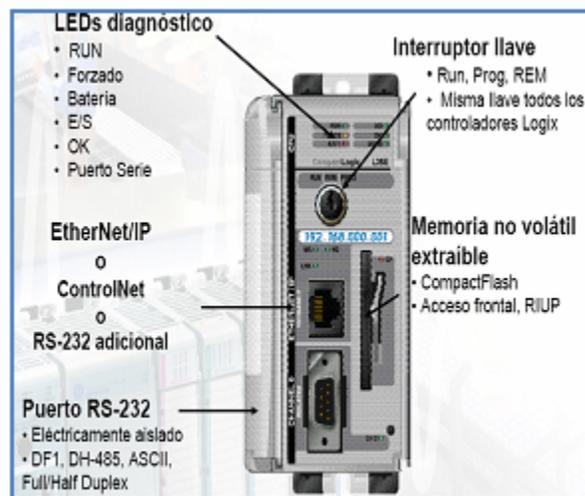


Figura 4.3. Procesador Compactlogix. ^[11]

❖ **Módulo de Entrada Analógica 1769-IF8:** Como en nuestro proceso existen variables físicas por controlar, como temperatura, nivel y flujo, se requieren del manejo de señales analógicas, y por lo tanto también de módulos de entrada que puedan manejar este tipo de señales. Los rangos de las señales que se utilizarán por estos módulos son de corriente de 4 a 20

mA, y voltaje de 1 a 5 Vdc y 0-10 vdc. Estos módulos realizan una conversión analógico/digital, de modo que una variable física obtenida a través de un sensor pueda ser representada como un número binario y así realizar las operaciones necesarias. Los módulos de entrada analógicos tienen integrado un conjunto de convertidores analógico/digital y lo que entregan al CPU del PLC es un número binario. Las representaciones típicas de este procesador es de 16 bits.

El módulo de entrada es un módulo de una sola ranura y no requiere fuente de alimentación externa. Ver Figura 4.4.



Figura 4.4. Módulo de Entrada Analógica 1769-IF8.^[11]

❖ **Módulo de Conteo de Pulsos 1769-HSC:** El 1769-HSC es un módulo de entrada de contador/encoder de 1 MHz con cuatro salidas surtidor de 5 a 30 VCC incorporadas para aplicaciones de control de alta velocidad tales como control de flujo, medición de longitud, posición, velocidad, frecuencia o duración. El módulo puede hacer interface simultáneamente con un máximo de dos encoders incrementales de cuadratura o cuatro entradas de conteo de entrada única de dispositivos tales como detectores de

proximidad, células fotoeléctricas, encoders de salida de pulso único (con o sin dirección) o productos similares usados para monitorear conteo, flujo o frecuencia.

El voltaje de entrada tiene un rango de 2.6 a 30 VCC. El módulo es compatible con los controladores programables CompactLogix y MicroLogix 1500 y con el adaptador 1769-ADN DeviceNet Serie B. Ver figura 4.5.



Figura 4.5. Módulo de Conteo de Pulsos 1769-HSC. ^[11]

El módulo 1769-HSC incluye todas las características del módulo de E/S 1769 estándar: sin rack, bloque de terminales extraíble, bus/backplane de alta velocidad integrado, montaje en panel o en riel DIN. Además, posee lo siguiente:

- ✓ Dos (2) entradas diferenciales de cuadratura (ABZ) configurables alternativamente para:

- Entrada de dirección interna de impulso (4 contadores en esta configuración).

- Entrada de dirección externa de impulso.
- Entrada de impulso ascendente y descendente.
- Entrada de encoder de cuadratura X1, X2 ó X4.

- ✓ Valores de conteo de 32 bits (± 2 mil millones de conteos).
- ✓ Valores de régimen de 21 bits (± 1 MHz).
- ✓ Valores de conteo mínimo y máximo definidos por el usuario.
- ✓ 16 rangos definidos por el usuario con cada rango asignable individualmente a uno de los cuatro canales de contador.
- ✓ Valor preseleccionado definido por el usuario.
- ✓ Operación de contador lineal o en anillo.
- ✓ Filtros de entrada seleccionables.
- ✓ Salidas de control y entradas de contador/encoder de 5 a 30 VCC.
- ✓ 4 salidas reales (físicas) y 12 salidas virtuales (bit de control).
- ✓ Las salidas reales tienen protección electrónica contra sobrecorriente y una corriente nominal de 0.5 A por canal.
- ✓ Opciones de control de estado de seguridad (las cuales dependen del controlador usado) para permitir que el módulo funcione durante condiciones de fallo o programa.

❖ **Módulo de Entrada Discreta 1769-IQ16:** Las señales eléctricas provenientes de algún sensor o detector, de un botón pulsador o interruptor; serán indicio de la necesidad de una entrada de tipo discreto o digital y por lo tanto el módulo que estaremos usando para recibir estas señales debe ser del mismo tipo.

Se recuerda que las señales de tipo discreto solo tienen dos estados, presencia o no presencia de voltaje, y los valores más comunes son: de 0 - 5 Vdc, de 0 - 10 Vdc, y de 0 - 24 Vdc que es el más utilizado a nivel industrial.

El módulo de entrada es un módulo de una sola ranura y no requiere fuente de alimentación externa. Ver Figura 4.6.



Figura 4.6. Módulo de Entrada Discreta 1769-IQ16. ^[11]

❖ **Módulo de Salida Analógica 1769-OF8:** Al igual como se explicaba con las entradas analógicas, la existencia de variables físicas por controlar, como temperatura, nivel y flujo, requiere del manejo de señales analógicas, y por lo tanto también de módulos de salida que puedan manejar este tipo de señales. Los rangos de las señales que se utilizarán para estos módulos son de corriente de 4 mA a 20 mA. Y en voltaje de 1 a 5 o 1 a 10 vdc, estos valores será traducidos por la conversión A/D a valores en cuenta leídas por el PLC en escala de -32676 a 32676.



Figura 4.8. Módulo de Salidas a discretas 1769-OB32. ^[11]

Los diagramas de cableados y configuración de los módulos serán explicados detalladamente en los anexos B-2 de este trabajo.

Entre las primicias del proyecto se requirió la necesidad de armar un panel que alojará la nueva plataforma del PLC CompactLogix, con la construcción del mismo se procuró distribuir de manera aleatoria la ubicación de todos los módulos, la ubicación de las borneras que recibirán las señales provenientes de campo y la distribución eléctrica, para la alimentación y resguardo del PLC, ver figura 4.9. Todos estos detalles de construcción del panel serán abordados en los anexos B-3 del presente proyecto.



Figura 4.9. Detalle Final del Panel.

4.4.3 Distribución de Módulos del PLC CompactLogix

La distribución del PLC CompactLogix con respecto a la posición de slot que ocupan los módulos en panel se muestra en la figura 4.10.

SLOT 0	SLOT 1	SLOT 2		SLOT 3	SLOT 4	SLOT 5
Procesador 1769-L32E	Contadora de Pulsos 1769-HSC	Entrada Discreta 1769-IQ16	Fuente de Alimentación 1769-PA4	Entrada Analógica 1769-IF8	Salida Analógica 1769-OF8	Salidas a Discretas 1769-OB32

Figura 4.10. Distribución de Módulos del PLC CompactLogix.

Las señales provenientes de campo se han distribuido en los módulos E/S dependiendo de la función que están realizando, es decir, las señales discretas son cableadas en los módulos digitales y las señales analógicas en

los módulos analógicos, esta distribución de señales en los módulos de E/S podrán ser apreciados en los anexos B-4 de este proyecto.

4.4.4 Integración del PLC CompactLogix

Ya se ha referido como se han compuesto y distribuido el PLC y las señales que nos interesan para el proceso de carga de buques y cisterna, la integración de este PLC a la interfaz gráfica y hacia el muelle de PDVSA se podrá apreciar en la figura 4.11.

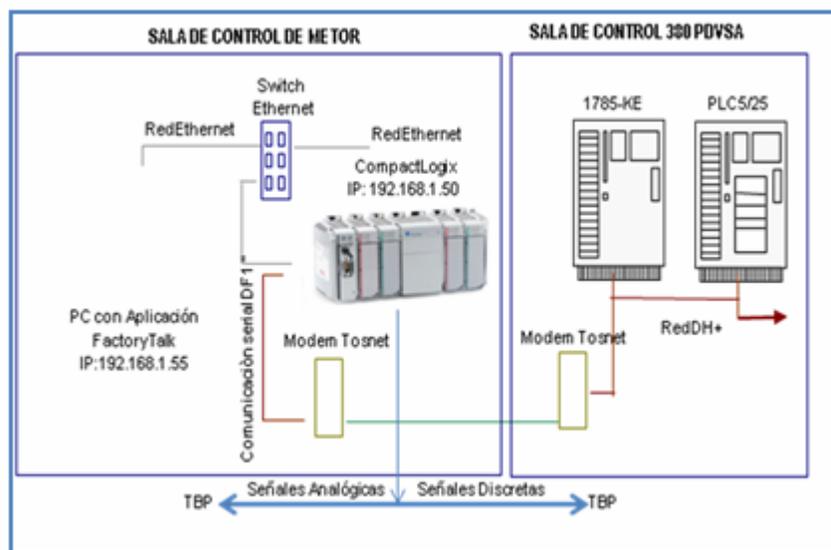


Figura 4.11. Arquitectura de Control.

4.5 PROGRAMACIÓN DEL PLC PARA EL CONTROL DEL PROCESO DE CARGA DE BUQUES Y CISTERNAS

Una vez analizados los requerimientos del nuevo sistema de control y considerando la plataforma que se asignó para la realización de este

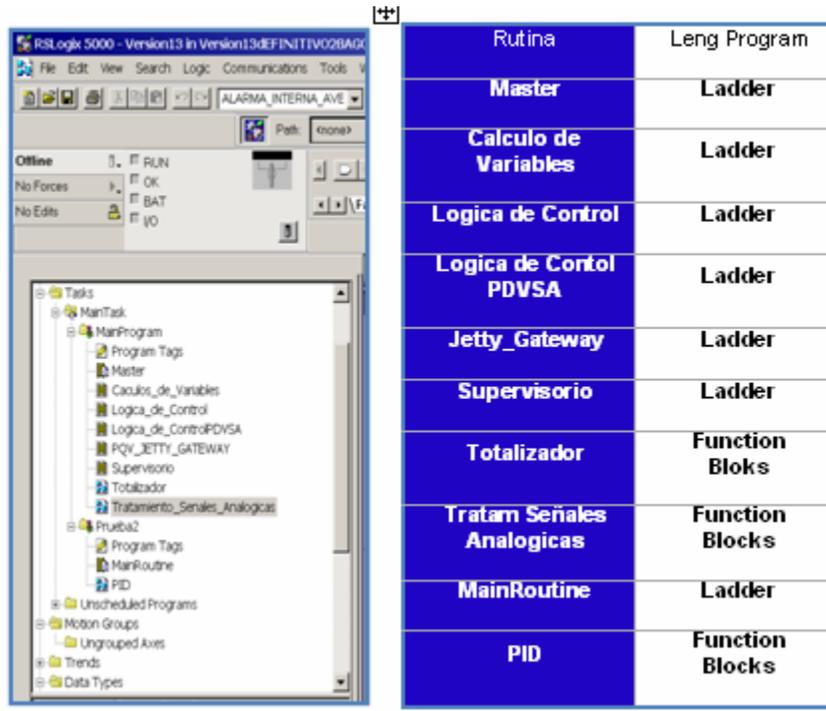
proyecto, se explica la programación realizada al sistema de carga de buques y cisternas.

4.5.1 Desarrollo del Programa de Control

Según lo estudiado en el estándar IEC 61131 sobre los diferentes lenguajes de programación se determinó utilizar los más idóneos y fáciles de manejar para adaptar la lógica de control para la carga de buques y cisternas a las variables que se requieren manipular.

La programación del PLC CompactLogix para el proyecto despacho de metanol por el muelle PDVSA, se realizó tanto en diagramas de escalera como en Bloques Funcionales o Function Blocks.

En el desarrollo de la programación fue necesario crear y nombrar diversos archivos que en cierto modo, permiten organizar las secuencias del programa de control, como se observa en la figura 4.12.



Rutina	Leng Program
Master	Ladder
Calculo de Variables	Ladder
Logica de Control	Ladder
Logica de Control PDVSA	Ladder
Jetty_Gateway	Ladder
Supervisorio	Ladder
Totalizador	Function Bloks
Tratan Señales Analogicas	Function Bloks
MainRoutine	Ladder
PID	Function Bloks

Figura 4.12. Archivos del Programas.

A continuación se describe la función de cada una de las rutinas indicadas anteriormente en la figura 4.12.

4.5.1.1 Máster

Esta es la rutina principal, esto significa que todas las demás subrutinas que conforman el programa de control son “llamadas” desde la principal para que se puedan ejecutar. Esta secuencia se realiza por medio de instrucción JSR (Jump to Sub Routine). Ver figura 4.13.



Figura 4.13. Rutina Máster.

4.5.1.2 Cálculo de Variables

Esta sección se inicia con la secuencia para guardar el número de lote en un registro del PLC para su visualización en el sistema supervisorio.

A partir del rung 3 se inicia el bit para habilitar el conteo de la tarjeta de pulsos (1769-HSC), para las señales correspondientes a la FT-8001 y FT-8004. En esta sección se utiliza la instrucción de cálculo (CPT), para realizar la conversión de Hertz a m^3/h basados en los parámetros entregados por METOR para cada una rata de pulsos. Ver tabla 4.1.

El cálculo del Flujo de PMA en Metros Cúbicos/Hora expuesto en la tabla 4.1, se realizó debido a que se debía controlar el flujo a través de la tubería de PMA (Linea principal de producto), realizando la comparación de la señal de flujo con su correspondiente en m^3/h .

Cálculo del Flujo de PMA en Toneladas/Horas. Por otra parte, se requería que el flujo FT-8001, para efectos de supervisión por parte del

operador estuviese expresada en toneladas, para lo cual se necesitaba otro dato adicional como lo es la gravedad específica, según información suministrada por METOR la gravedad específica se calcula con la siguiente expresión:

$$TZ8001 = 0.810 - 0.923 * 10^{-3} * TI8001EC.1$$

El parámetro TZ8001 representa la gravedad específica del PMA, y el parámetro TI8001 la temperatura del PMA en °C. Obtenida la gravedad específica, el cálculo del flujo de PMA en metros cúbicos, resulta de multiplicar la gravedad específica (TZ8001) por el flujo de PMA obtenido en m³/h.

Tabla 4.1. Conversión de Hz a m³/h.

	Rata de Pulsos	m³/h	Factor L/P
FT-8001	682Hz	2500	1
FT-8004	301Hz	86	0,7936

Desde del rung 15 de la rutina de cálculo de variables, se procede a realizar el cálculo de las toneladas en la línea de PMA, también el volumen en toneladas en los tanques TK-801-A TK-801-B y TK-801-C y el total de volumen entre los 3 tanques. Para más detalles acerca de los cálculos aquí mostrados se recomienda analizar los anexos B-5 suministrados por la planta METOR.

Seguidamente se procedió hacer la rutina del registro del Bset para el conteo del flujo FC-8001, se puede apreciar a partir del run 32. Se cuenta con un registro donde el operador podrá ingresar el valor de alarma con la cual se activará un mensaje en la pantalla indicando que se está

aproximando al BSET. Cuando el total de la suma alcanza la cantidad del Bset colocado se procede a pausar el totalizador automáticamente.

Seguidamente en el run 38 se inicia el procedimiento para introducir el Bset de carga de cisternas en m^3 , para introducir este valor del Bset es necesario confirmar el valor introducido en la computadora presionando un botón de aceptar, y justo en ese momento el valor es movido hacia el tag del PLC (*BSET8004*). Para generar una alarma cuando se esté por alcanzar el total a cargar, se creó una rutina que cuando resten 2 unidades menos el valor del BSET 8004 colocado por el operador, se guarde en el tag *BSET8004_HA* y cuando la cantidad totalizada sea igual a este registro se genere un bit de alarma que despliega el mensaje “Restan 2 m^3 ” en la interfaz gráfica. El tag *Restante_Bset_8004* se compara contra la constante “2” cuando estos son iguales, se procede a colocar la apertura de la válvula HV-8004 en un 16% moviendo la constante “16” al registro *HV8004_R*. Cuando el valor del registro (*Restante_Bset_8004*) se hace igual a cero (0) el bit *HY8004_2stage* se hace cierto (cambia su condición a un 1 lógico) momento en el cual se procede a cerrar totalmente la válvula HV8004. En la figura 4.17 se muestra el comienzo de la programación en esta rutina.

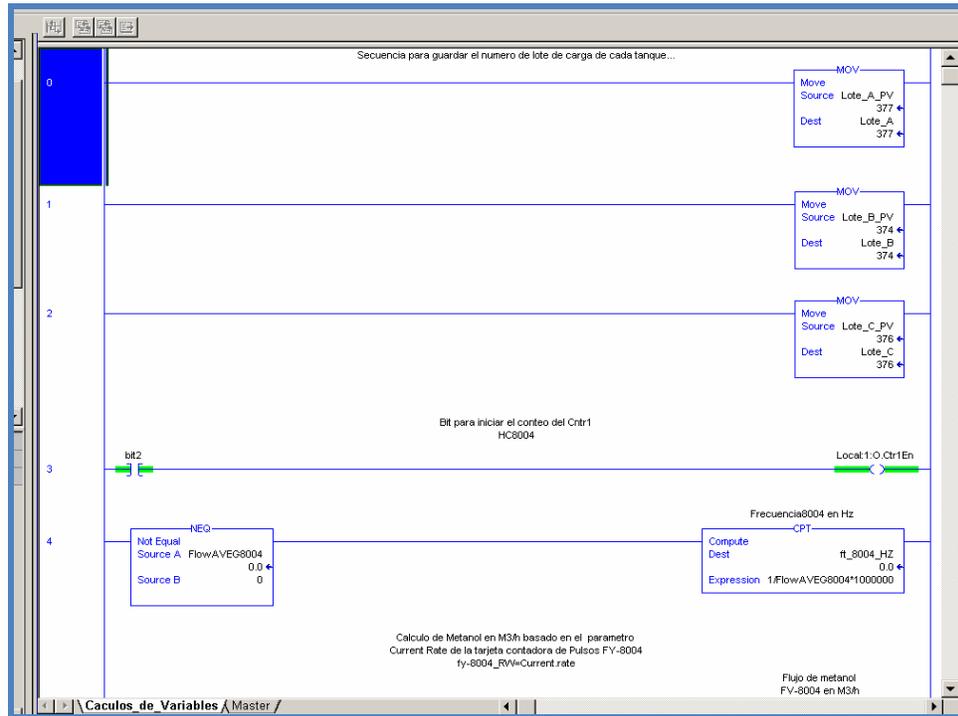


Figura 4.17. Cálculo de Variables.

4.5.1.3 Lógica de Control

Esta subrutina consiste en el conjunto de secuencias para el arranque de los contadores de las señales de pulsos FC8001 y FC8004 desde el sistema supervisorio si se presiona el botón Pause se detiene el totalizador respectivo sin resetear la cantidad de producto que ha sido ya contado, cuando se presiona el botón de RESET de detiene el totalizador y se borra la cantidad de producto contada hasta ese momento. Cabe acotar que los comandos de Pause en las pantallas para las señales de flujo FC8001 y FC8004 solo detienen el conteo del sumador, no producen ningún paro de Bombas o cierre de válvulas.

4.5.1.4 Lógica de Control PDVSA

Esta subrutina se encarga de todo lo concerniente a la solicitud de permisos de carga a PDVSA para el arranque y paro de las bombas P-801 A y B. Desde el sistema se dá arranque a las bombas siempre y cuando el MCC (Centro de Control de Motores) está en remoto y arrancan cuando llega el permiso desde PDVSA. Cuando se retira la señal de permiso de PDVSA (XA_908M3) o se dá una condición de alta presión en la línea de carga de PMA (switch PSHH-8003) se produce un paro de las bombas y se debe ir a la subestación eléctrica a resetear el contacto de arranque para poder volver a armar la botonera local para un próximo arranque. Cuando las bombas están arrancadas y se produce una señal desde el sistema ESD desde PDVSA se produce un paro de las bombas y no se puede dar reinicio a las mismas hasta que la condición del ESD se normalice, momento en el cual se procede a resetear el contacto para que las bombas queden armadas para un nuevo arranque.

Control XVRO, en el rung 11 se inicia la secuencia de apertura de la válvula XVRO-8001 comparando la cantidad de flujo FC-8001, cuando esta variable es menor que 1000 m^3 se produce la apertura a la válvula de bajo flujo hasta que el flujo se hace mayor que este valor. Cuando se envía el comando de apertura hacia la válvula y después de 2 seg. El Switch de indicación de abierto GS-8001 no se ha accionado, se produce una señal de alarma por falla en la apertura de la XVRO-8001.

En el rung 17 se encuentra la programación referente al accionamiento de la válvula solenoide HV-8004 (SOV). Esta debe permanecer energizada para que la válvula de control HV-8004 tenga aire de instrumento y pueda funcionar.

En el rung 20 se inicializa el valor de las válvulas HV-8001 y HV8004 en cero (0) durante al primer scan del PLC esto previendo la condición de que cuando ocurra una falla en el PLC todas las válvulas se vayan a un estado seguro, para el caso de la HV-8002 se lleva a 100% ya que esta válvula es reversa y cuando en el sistema supervisorio se encuentra en 100% la válvula se encontrara cerrada totalmente.

El rung 22 corresponde a la subrutina para mover los valores de alarma de PDVSA que llegan a través de la estación modem 15 vía serial, puerto 232 del PLC para luego ser llevadas bajo protocolo ethernet desde el PLC hacia la pantalla “Alarma PLC to HMI”.

4.5.1.5 Jetty_Gateway

Esta subrutina consta de la secuencia de mensajería hacia PDVSA para leer y escribir desde y hacia el PLC5/25 alojado en esa localidad. Se mapea la dirección N:15 del PLC-5 a un tag del CompactLogix para poder realizar los mensajes con los que se va a manejar la data mapeada en la configuración de los mensajes. En primer lugar se envía una instrucción de mensaje tipo escritura para la señal digital de salida que se debe escribir en el PLC 5 para solicitar permiso para carga a PDVSA, esto se hace en el registro N15:2/0 señal correspondiente a la solicitud de permiso. Luego se incluye la instrucción de mensaje de lectura para leer la entrada digital correspondiente al permiso de carga recibido en el PLC CompactLogix lado METOR al igual que las señales de alarmas provenientes de PDVSA que son reflejadas en la pantallas “Alarmas PLC to HMI”. Ver figura 4.18.

Tabla 4.3. Direcciones del Archivo N de PLC5/25 para Configuración de Mensajería.

Dirección N archivo PLC5/25	Nombre señal	Tipo mensaje	Estado normal
N15:2/0	Request Loading	Escritura	0
N15:1/0	ESD DOCK	Lectura	0
N15:1/1	Permit Loading	Lectura	0

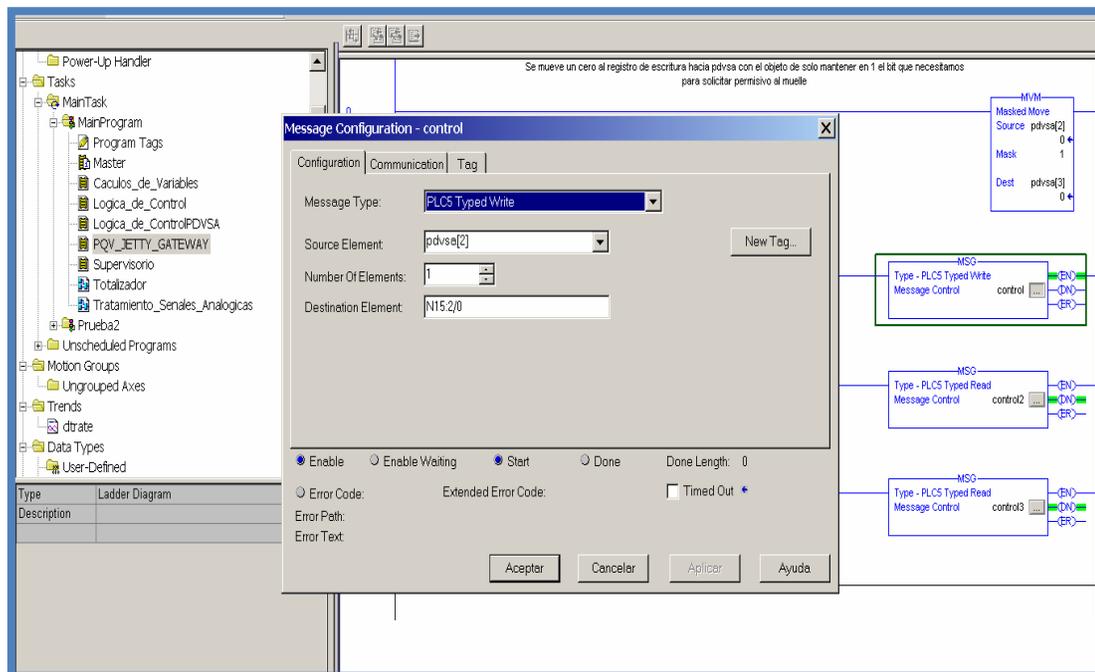


Figura 4.18. Configuración de Mensajes PLC 5/25.

En la figura 4.19, se detallan las señales del PLC 5 lado de PDVSA, vista desde el PLC CompactLogix.

Tag Name	Value	Force Mask	Style	Type	Description
PAUSE_PV	0		Decimal	BOOL	Bit para detener el conteo sin res...
PAUSE_PV_Color	1		Decimal	BOOL	
PAUSE8001_PV_Color	0		Decimal	BOOL	
PAUSE8004_PV	0		Decimal	BOOL	
pdvsa	(...)	(...)	Decimal	INT[4]	
pdvsa[0]	0		Decimal	INT	
pdvsa[1]	2176		Decimal	INT	
pdvsa[1].0	0		Decimal	BOOL	ESD DOCK
pdvsa[1].1	0		Decimal	BOOL	PERMIT LOADING
pdvsa[1].2	0		Decimal	BOOL	H.PRESS LOAD LINE
pdvsa[1].3	0		Decimal	BOOL	20' ESD FULL OPEN
pdvsa[1].4	0		Decimal	BOOL	6'ESD FULL OPEN
pdvsa[1].5	0		Decimal	BOOL	FIRE EAST SECTION
pdvsa[1].6	0		Decimal	BOOL	FIRE WEST SECTION
pdvsa[1].7	1		Decimal	BOOL	1ST ARM MOVEMENT
pdvsa[1].8	0		Decimal	BOOL	HIGH LEVEL TKD8-90801
pdvsa[1].9	0		Decimal	BOOL	LOW LEVEL TKD8-90801
pdvsa[1].10	0		Decimal	BOOL	HIGH LEVEL TKD8-90802
pdvsa[1].11	1		Decimal	BOOL	LOW LEVEL TKD8-90802
pdvsa[1].12	0		Decimal	BOOL	
pdvsa[1].13	0		Decimal	BOOL	
pdvsa[1].14	0		Decimal	BOOL	
pdvsa[1].15	0		Decimal	BOOL	

Figura 4.19. Tabla de Datos de las señales en PLC5/25 lado PDVSA.

4.5.1.6 Supervisorio

En esta subrutina se encuentra el manejo de los despliegues de los mensajes de confirmación que son utilizados en la PC del HMI tales como, los mensajes de confirmación para setear Bset activar y retirar el By pass de arranque de las bombas, variar el set point del bloque PID en la HV8001 y los mensajes de confirmación para variar la salidas de las válvulas HV-8004 y HV-8002.

En el rung 19 se encuentra la secuencia para el despliegue de alarmas de instrumentación del lado METOR en el sistema supervisorio, tales como, las altas temperaturas y niveles en los tanques TK801 A/B/C, la señal de alarma por alto nivel en cada tanque se produce cuando el nivel es mayor que el 90% de la capacidad total del tanque.

4.5.1.7 Totalizador

Estas subrutinas están realizadas en Function Blocks. El bloque totalizador (TOT) nos permite contabilizar la cantidad de flujo que pase por la línea de carga de buques basado en el conteo de m^3/h que nos aporta la turbina de medición de flujo. El bloque se inicia, detiene y resetea por botones ubicados en las pantallas correspondientes de START, PAUSE y RESET. El parámetro que ingresa para ser contado es el FC8001_Ton correspondiente al valor del flujo FC8001 en toneladas. Ver figura 4.20.

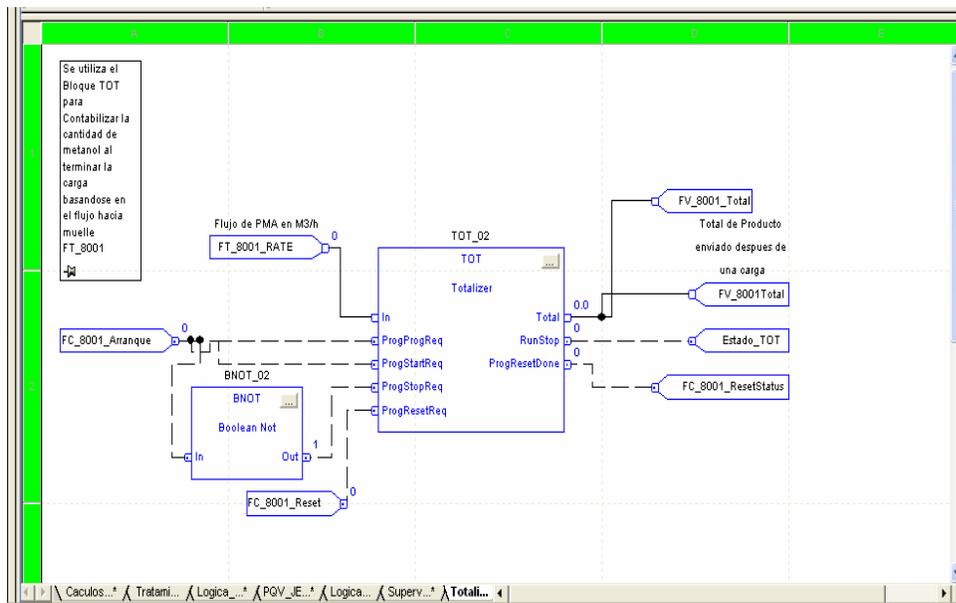


Figura 4.20. Totalizador para la Carga de Buques.

En la figura 4.21, se muestra la configuración hecha al bloque TOT para contabilizar la cantidad de metanol que es exportada hacia el muelle.

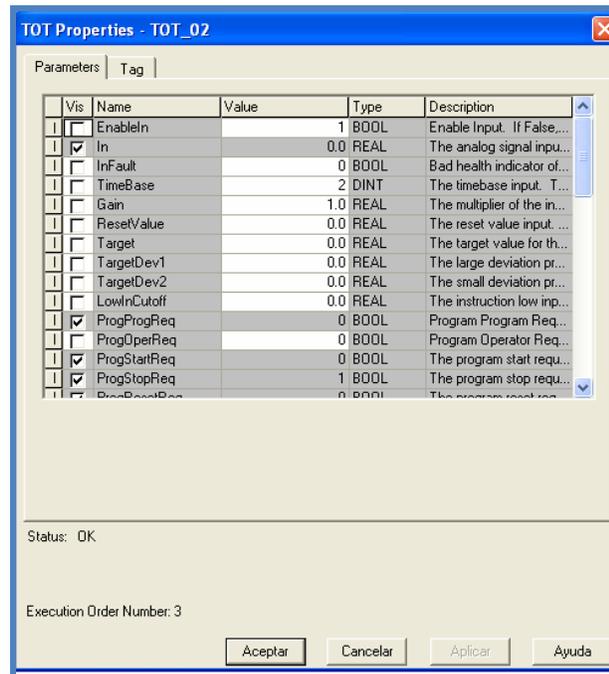


Figura 4.21. Configuración del Bloque TOT.

El Function block TOT_03 correspondiente al contador del flujo de la FC8004 tiene su control en la pantalla correspondiente a la carga de cisternas desde esta, se inicia la pausa y reset de este bloque. El parámetro que es ingresado para su totalización corresponde al FT_8004_RATE correspondiente al flujo de metanol 8004 en m^3/h , a la salida del bloque tenemos el registro FV_8004_Total correspondiente al registro en m^3 del total contabilizado por la línea de carga de cisternas. Ver figura 4.22.

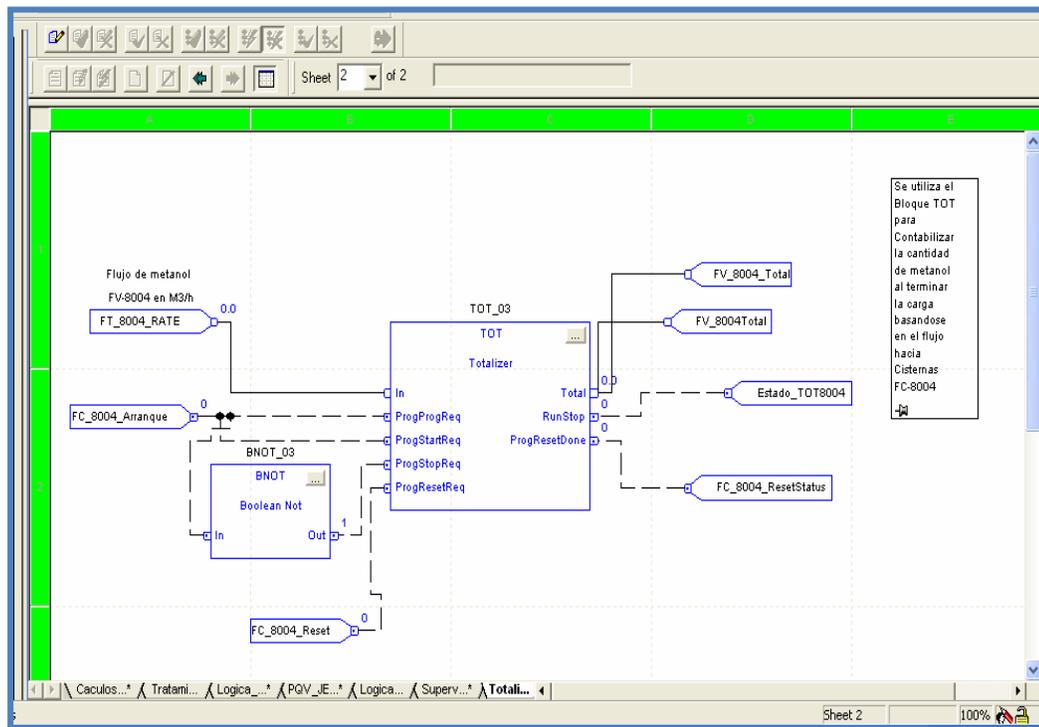


Figura 4.22. Totalizador para la Carga de Cisternas.

4.5.1.8 Tratamiento de Señales Analógicas

La siguiente hoja de Function Blocks corresponde al escalamiento de las señales analógicas de entrada, aquí se convierten los valores de las entradas analógicas en valores de cuentas (dependiendo del instrumento o equipo involucrado) a unidades de ingeniería, para el manejo interna del PLC y su posterior despliegue en el sistema supervisorio. Este cálculo se realiza para todas señales de nivel y temperatura así como la presión en la línea de carga. Ver figura 4.23.

Dentro de esta hoja también se incluye la secuencia de cable abierto, es decir se comparan los valores de entrada analógica con un valor fuera del rango, para con ello logra indicar en la pantalla del HMI un mensaje en

amarillo llamado “IOP” cuando tenemos valores fuera de rango en cada señal.

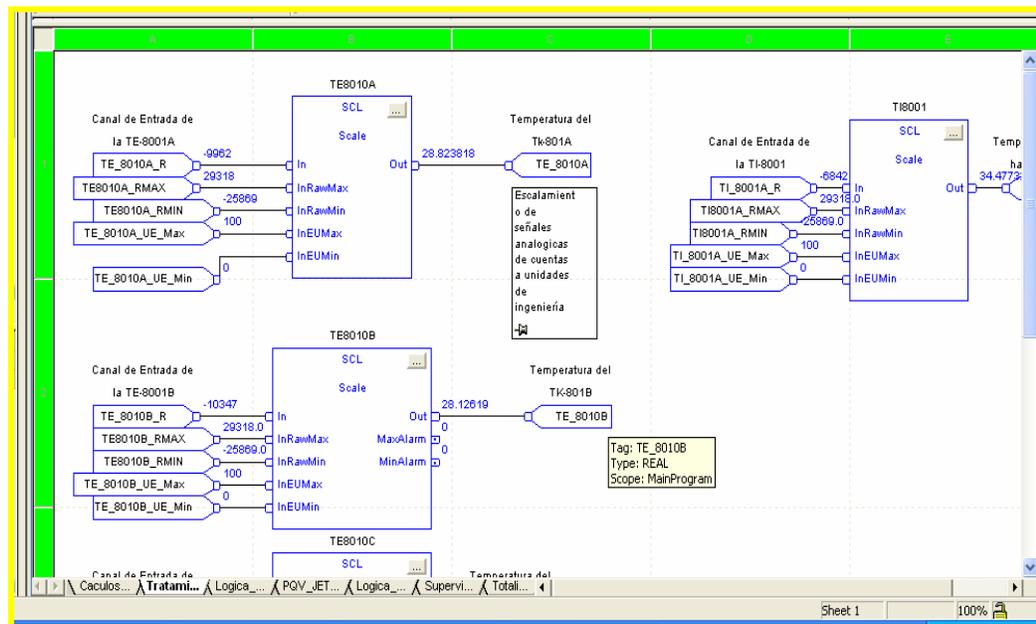


Figura 4.23. Secuencia de Cable Abierto.

La hoja de “Apertura de Válvula de Recirculación” corresponde a la secuencia para la apertura de las válvulas HV8002 y HV8004 desde el sistema supervisor, se toma el valor en unidades de ingeniería (0-100%) y se escala a un valor en cuenta de 0-32768 para que pueda ser leído por el módulo de salida analógica. Ver figura 4.24.

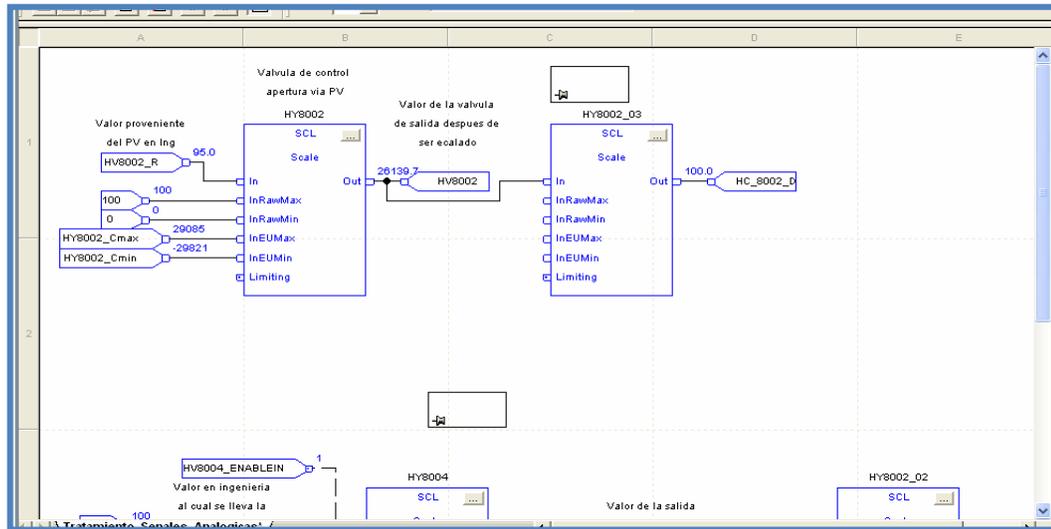


Figura 4.24. Apertura de Válvula de Recirculación.

4.5.1.9 PID FC8001

El control del flujo en m^3/h en la línea de carga hacia los buques es controlado por un lazo PID, el cual debe ser configurado para operar en modo automático o manual desde la pantalla “SHIP LOADING”, se crearon registros variables para ingresar el valor para el Set point cuando el lazo opera en modo automático ya que este será el único registro al cual podrá acceder el operador en este modo. Cuando el lazo PID se encuentre operando en modo Manual el operador tendrá la facilidad de escribir directamente sobre el registro de salida de la HV8001 para poder abrir la válvula al porcentaje deseado. Ver figura 4.25.

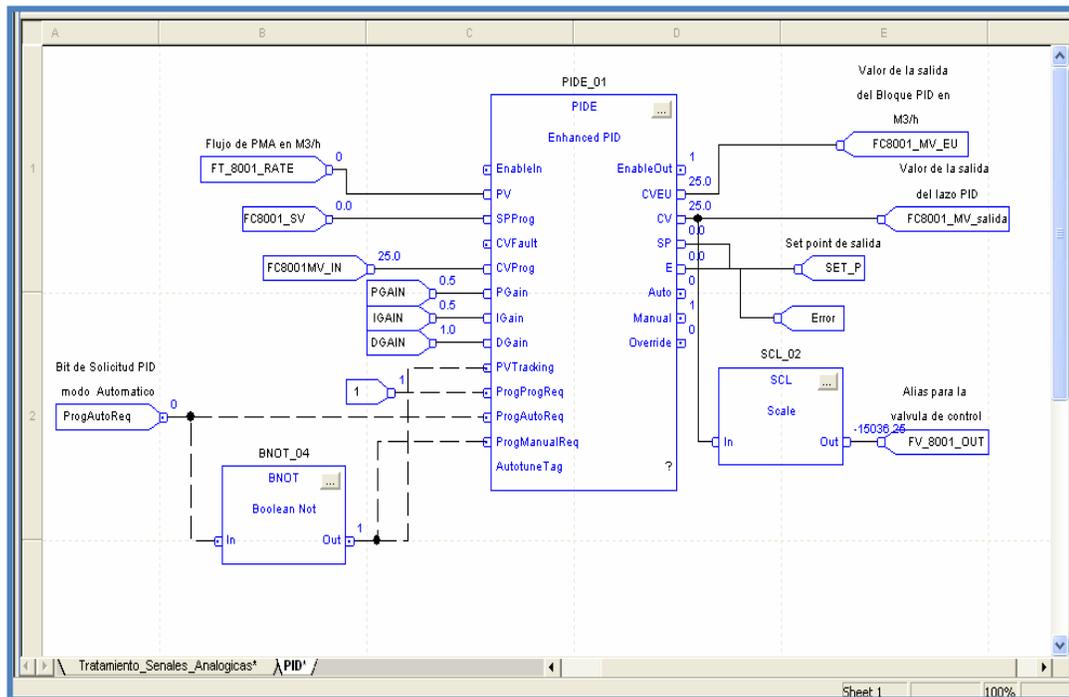


Figura 4.25. Configuración lazo PID.

La opción Automática no pudo ser comprobada, ni utilizada debido a que en el muelle se encontraba otro PID en operación correspondiente al medidor controlador de flujo del muelle PDVSA utilizados para fiscalización y contabilización del flujo hacia los buques, es decir ambos no podían trabajar en conjunto. El manejo de este se realiza generalmente en modo manual.

En los anexos B-6 de este proyecto se podrá observar el código desarrollado para el control de la carga de buque y cisterna, además la base de datos arrojada por el programa.

4.5.2 Ejecución del Programa de Control

4.5.2.1 Modo On-Line

El modo On-Line permite establecer la comunicación con el PLC. Para el estado actual de la lógica.

4.5.2.2 Transferencia del Programa

Una vez realizada la comunicación con el PLC mediante el modo On-Line, se que debe transferir el programa creado con el diagrama escalera al PLC. Para ello, debemos hacer click en el icono de OFFLINE y seleccionar la opción DOWNLOAD. Es posible seleccionar las partes del programa a transferir.

4.5.2.3 Verificación del Programa

El chequeo del programa se realiza durante la compilación. Los posibles errores o avisos de la programación se mostrarán en una ventana de salida del mismo programa.

Haciendo doble clic sobre el error, el cursor se posiciona en rojo sobre la instrucción o parte del programa que tiene el error.

En todo caso, la compilación se realiza automáticamente antes de hacer una transferencia al PLC.

4.5.2.4 Modo de Operación del PLC

- ✓ Modo RUN: hace que el PLC ejecute el programa y no permite escribir ni forzar parámetros en la lógica.
- ✓ Modo PROGRAM: hace que el PLC no ejecute el programa, pero permite modificaciones en la lógica.
- ✓ Modo REM: hace que el PLC ejecute o no el programa y permite escribir o modificar la lógica en ambas modalidades.

4.6 COMUNICACIÓN ENTRE EL TERMINAL MARINO PDVSA Y LA SALA DE CONTROL METOR

Utilizando las facilidades de comunicación existente y de acuerdo a las necesidades requeridas por la empresa METOR S.A, la arquitectura propuesta para el establecimiento de la comunicación con el muelle PDVSA es la que a continuación se muestra:

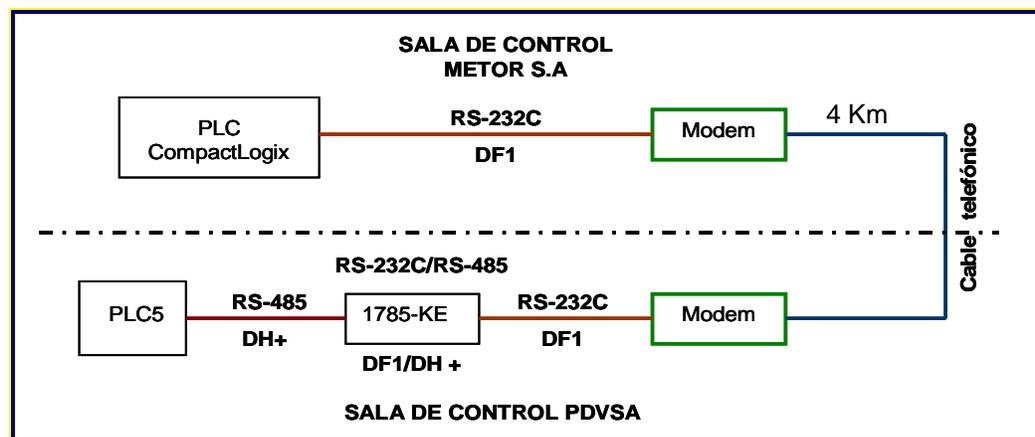


Figura 4.26. Arquitectura para la Comunicación con PDVSA.

Para lograr la comunicación con el muelle de PDVSA fue necesaria la integración de los siguientes equipos, estos conformarán la plataforma de automatización del Proyecto. A continuación se describen dichos equipos.

- ✓ Computador Scada con aplicación de supervisión en FactoryTalk SE. (Software Factory Talk Site Edition Version 5.0.).
- ✓ Switch Ethernet de 8 puertos.
- ✓ PLC Plataforma CompactLogix de Allen Bradley.
- ✓ Modem Toshiba modelo Tosnet 200.
- ✓ Módulos de comunicación Serial /DH+ modelo 1774-KE de Allen Bradley.
- ✓ PLC modelo PLC5/25 de Allen Bradley.

4.6.1 Integración de los Niveles de Comunicación

4.6.1.1 Comunicación Vía Red Ethernet

El Sistema Supervisorio (Computador) se comunica a través de un switch Ethernet con el PLC CompactLogix, haciendo uso del puerto Ethernet embebido en el procesador, tomando todos los datos referentes a las señales de entrada y salida, así como también, de las señales provenientes del muelle de PDVSA.

4.6.1.2 Comunicación Serial

Para que el PLC CompactLogix pueda interactuar con la plataforma de comunicación existente en el muelle de PDVSA, se hace uso del puerto serial (CH0) embebido en el procesador, el cual maneja un protocolo DF1, este puerto es conectado a un Modem instalado en la sala de control de

METOR, este último a su vez se comunica a través de un cable de 2 pares telefónicos de 4 Km con otro modem similar instalado en la sala de control de PDVSA, la salida serial del Modem es conectada al puerto serial de un módulo 1785-KE encargado de servir de puente para transformar el protocolo DF1 serial a el protocolo DH+ integrando al PLC CompactLogix a la red DH+ existente en PDVSA. En la red DH+ el PLC CompactLogix envía y recibe datos desde y hacia el PLC 5/25 GATEWAY, cuya dirección DH+ es 16 (octal), que sirve como puerta de enlace con la secuencia de carga controlada en el muelle.

4.6.1.3 Comunicación entre PLC CompactLogix y el Modem Tosnet

Para el establecimiento de la comunicación entre PLC CompactLogix y el Modem Tosnet 200, fue necesaria la construcción de un cable DB9 a DB25 para realizar el conexionado del PLC CompactLogix con el dispositivo modem. Ver figura 4.27.

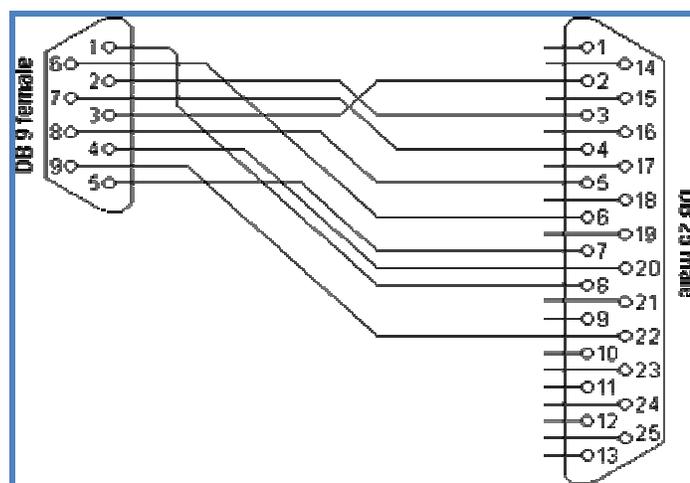


Figura 4.27. Conexionado Físico del Cable para la Comunicación Serial DB9 Female DB25 Male.

Tabla 4.4. Funciones de los Pines del Conector Usadas para la Construcción del Cable para la Comunicación Serial PLC-Modem.

Pin DB 9	Pin DB25	Nombre	Descripción
3	2	TXD	Transmitir datos (Salida)
2	3	RXD	Recibir datos (Entrada)
7	4	RTS	Solicitud de envío (Salida)
8	5	CTS	Libre para envío (Entrada)
6	6	DSR	Equipo de datos listo (Entrada)
5	7	SG	Tierra (Referencia para señales)
1	8	DCD	Detección de portadora (Entrada)
4	20	DTR	Terminal de datos listo (Salida)
9	22	RI	Indicador de llamada (Entrada)

4.6.1.4 Configuración del Puerto RS-232 del PLC CompactLogix

Una vez Construido e instalado el cable para la comunicación serial, se necesitó configurar tanto la dirección IP del puerto ethernet, como los parámetros de velocidad, bit de datos, bit de parada, paridad, Tipo de chequeo, el tipo de transmisión, protocolo, conector del puerto serial del PLC CompactLogix, de tal manera, que estuvieran acorde con la configuración presentada por la estación modem ó estación 14 empleada para el proceso de comunicación. Esta configuración se realizó a través del software RSlinx. Por lo tanto, según la hoja de datos del modem, la configuración realizada en el puerto Ethernet y el puerto serial del PLC es la que se describe en la tabla que a continuación se muestra.

Tabla 4.5. Configuración de los Parámetros del Puerto Ethernet y Puerto Serial.

Medios de Comunicación.	Parámetros Configurados.	
Puerto Ethernet	192.168.1.50	
Puerto Serial (CRC, STATION 14, FULL DUPLEX)	Baudios	9600
	Bit de Datos	8
	Bit de Parada	1
	Paridad	NONE
	Tipo de Chequeo	CRC
	Tipo de Transmisión	Full Duplex
	Estación DH+	4
	Protocolo	DF-1
Conector	DB-9	

La configuración descrita en la tabla del puerto serial también se puede observar en la figura 4.29. La figura representa una impresión de la pantalla del software RSlinx, realizada durante la configuración del puerto serial.

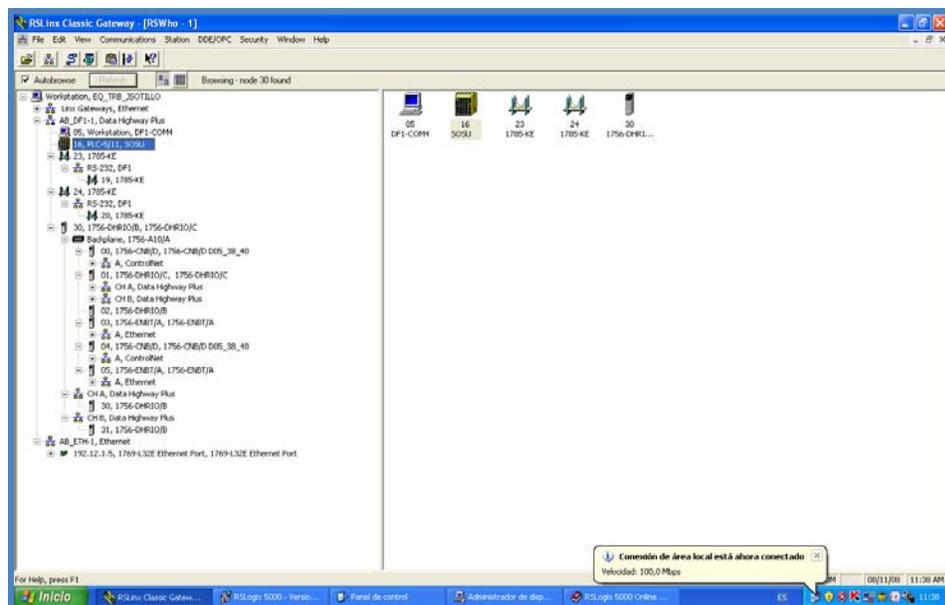


Figura 4.29. Comunicación con PDVSA del Programa RS-LINX.

4.6.1.5 Configuración de la Tarjeta de Comunicaciones 1785-KE a Comunicación Serial Full Dúplex

El último paso para el logro de la comunicación con el muelle PDVSA, fue el configuración de la tarjeta 1785-KE, así como la construcción del cable para el conexionado de este último con el modem PDVSA. Pruebas iniciales indicaron que la configuración de la 1785-KE era halfduplex para el momento en que el sistema de control estaba sujeto al DCS, de esta manera se necesitaba que esta fuese cambiada a fullduplex para poder establecer la comunicación con el PLC. Según la hoja de datos de esta tarjeta y para que la misma tuviera la configuración requerida, para cada uno de los switches se adaptó lo siguiente.

Tabla 4.6.Posición de los Switches del SW1.

SW	Posición	Descripción
1	Down (on)	No usar
2	Down (on)	No usar
3	Down (on)	Dirección 04
4	Down (on)	
5	Down (on)	
6	Up (off)	
7	Down (on)	
8	Down (on)	

Tabla 4.7. Posición de los Switches del SW2 para indicar la dirección DH+.

SW	Posición	Descripción
1	Down (on)	No usar
2	Down (on)	No usar
3	Down (on)	Dirección 04
4	Down (on)	
5	Down (on)	
6	Up (off)	
7	Down (on)	
8	Down (on)	

Tabla 4.8. Posición de los Switches del SW3, para la Indicación de la Velocidad de Transmisión.

SW	Posición	Descripción
1	Down (on)	No usar
2	Down (on)	No usar
3	Up (off)	9600
4	Down (on)	Modo Local
5	Down (on)	
6	Down (on)	

Tabla 4.9. Posición de los Switches del SW4, Uso Futuro.

SW	Posición	Descripción
1	Down (on)	No usar
2	Down (on)	No usar
3	Down (on)	Dirección 04
4	Down (on)	

El cable utilizado para la comunicación del Modem-1785KE, fue el mismo que se empleaba con el antiguo sistema de control (DCS Centum XL).

CAPÍTULO 5. SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE LA CARGA DE BUQUES Y CISTERNA

5.1 GENERALIDADES

En este capítulo se muestran todas las bondades que ofrece el software para diseños de interfaz gráfica, como también, se describe la realización del HMI para solventar la problemática presente en la planta METOR y los nuevos procedimientos a seguir para realizar la carga de buques y cisternas mediante la interacción hombre-máquina.

Se explicará detalladamente como el sistema será capaz de monitorear y controlar las señales necesarias para el despacho de metanol por el muelle de PDVSA. Las variables registradas en los instrumentos de campo podrán apreciarse en tiempo real en el HMI y podrá manipularse directamente desde la sala de control a través de este medio.

Dentro de las señales o variables que se podrán apreciar en el HMI se encuentran las siguientes:

Señales Analógicas:

- ✓ Temperaturas: Tanque de almacenamiento, y líneas de despacho.
- ✓ Presión: Líneas de despacho,
- ✓ Flujo: Líneas de despacho,
- ✓ Nivel: Tanque de almacenamiento

Señales Discretas:

- ✓ Solicitud de Carga.
- ✓ LIMIT SWITCH válvula HV-8001 y HY-8004.
- ✓ Alta presión en las líneas de transferencias.

5.2 TERMINOLOGÍAS UTILIZADAS EN EL SISTEMA

En la Tabla 5.1 se presenta un cuadro de terminologías con sus respectivas definiciones.

Tabla 5.1. Cuadro de Terminología.

TERMINO	DEFINICIÓN
➤ Variables de Proceso	Conjunto de transmisores que participan en el proceso, cuya finalidad es mostrarle al operador los niveles de flujo, presión y temperatura que existen actualmente en el proceso.
➤ Instrumentos de Campo	Se refiere a todos los interruptores de presión, flujo, temperatura y nivel que se encargan de verificar las condiciones ideales para el despacho de metanol.
➤ Secuencia de Despacho	Se refiere a la activación de todas las etapas que se necesitan para él para el despacho de metanol.
➤ Diagramas de Carga	Se encarga de desplegar cual es el estado actual del carga, en lo referente a la posición abierto o cerrado de las válvulas, estados de bombas y tanques; y al encendido de los mismos.
➤ Detección de Alarmas	Se refiere a todas las alarmas que pueden ocurrir en el proceso y en el sistema. Una vez detectadas cada una de estas alarmas serán almacenadas en una lista para mantener un histórico de las mismas, con fecha y hora de ocurrencia.

5.3 REQUERIMIENTOS ESENCIALES DEL SISTEMA

Las funciones y características que el sistema debe cumplir, se especifican a continuación:

- ✓ El Sistema debe ser de fácil acceso, y comprensible para un aprendizaje rápido.
- ✓ El Sistema de poseer un menú principal para acceder a la opción deseada.
- ✓ El Sistema debe contar con botones de desplazamiento entre pantallas.
- ✓ El Sistema debe contar con un despliegue donde se aprecien las variables del proceso (presión, flujo, temperatura y nivel).
- ✓ El Sistema debe tener una pantalla de las alarmas que están activas en un determinado momento.
- ✓ El Sistema debe contar con despliegues donde se pueda configurar los parámetros de control del proceso (apertura y cierre de válvula, modos del PID y ajustes de alarmas).
- ✓ El Sistema debe generar un histórico de alarma con fecha y hora de ocurrencia.
- ✓ El Sistema debe tener una pantalla donde se puedan apreciar las variables gráficamente con relación al tiempo real del proceso.

5.4 ACTORES DEL SISTEMA

Luego de haber propuesto la nueva filosofía de operación para el despacho de metanol, este capítulo procederá a identificar los distintos casos de uso del sistema y los distintos actores que interactúan con cada uno de ellos,

Los actores aquí definidos, son las entidades externas e internas al sistema de supervisión, que realizarán algún tipo de interacción con el mismo.

Cada uno de los usuarios del sistema está representado mediante uno ó más actores, los cuales se corresponden con el personal encargado de ejercer la operación de despacho. La función desempeñada fue empleada para obtener los roles que debe cumplir cada actor del sistema, para así asignar a cada etapa un caso de uso de las funciones a desarrollar dentro del mismo.

En la Tabla 5.2 se identifican los distintos actores del nuevo Sistema y la descripción de sus funciones.

Tabla 5.2. Actores del Sistema y sus Funciones.

Actor	Funciones
➤ Operador	Gestiona el despacho de metanol, es decir, supervisar que todas las condiciones del despacho sean las adecuadas para dar inicio a la carga.
➤ Mantenedor	Verifica que el despacho de metanol se encuentre en óptimas condiciones para su buen funcionamiento, es decir, chequea que la instrumentación para controlar el despacho se encuentre en buen estado.
➤ PLC	Dispositivo que controla todo lo referente al despacho de metanol. (Buques, cisterna, alarmas, variables de proceso, etc.).
➤ Alarmas y Eventos	Base de Datos <i>ODBC</i> que almacena las alarmas y eventos del histórico.

5.5 CONTEXTO DEL SISTEMA

Los casos de uso fueron una poderosa herramienta para obtener los requerimientos funcionales del Sistema. Estos, facilitaron la comunicación entre los analistas y los actores hasta obtener un definitivo Diagrama de Funcionamiento del Sistema. Este último, es un diagrama de interacción entre el usuario y el sistema de supervisión el cual representa gráficamente los procesos, en los cuales interactuaran los actores.

Los principales procesos que contendrán el sistema de supervisión y los actores que interactuaran en cada uno, se describen en la Tabla N° 5.3.

Tabla N° 5.3. Descripción de los Principales Casos de Uso del Sistema.

Acción	Descripción	Actor
➤ Comunicación	Mediante esta se logra completar los permisos primordiales para el despacho de metanol vía marítima.	➤ Operador ➤ PLC
➤ Gestionar despacho de Metanol	Muestra al usuario la activación de las etapas que permiten el despacho de Metanol.	➤ Operador ➤ PLC
➤ Visualizar Proceso	Indica al usuario el estado de y la etapa en la que se encuentra el despacho de metanol..	➤ Operador ➤ PLC
➤ Gestionar Alarmas	Se refiere a la indicación por activación de alarmas y a la generación de histórico de las mismas.	➤ Operador ➤ Mantenedor ➤ PLC ➤ Alarmas
➤ Tendencias	Refiere al registro de las variables del proceso a través del tiempo real.	➤ Operador

Basados en los casos de usos principales, se tiene ahora el primer modelo del proyecto: el Diagrama de Funcionamiento del Sistema, el cual tiene por denominación “Monitoreo y Control para el despacho de Metanol”.

En la Figura N° 5.1 se muestra el Diagrama de Casos de Usos de Funcionamiento del Sistema.

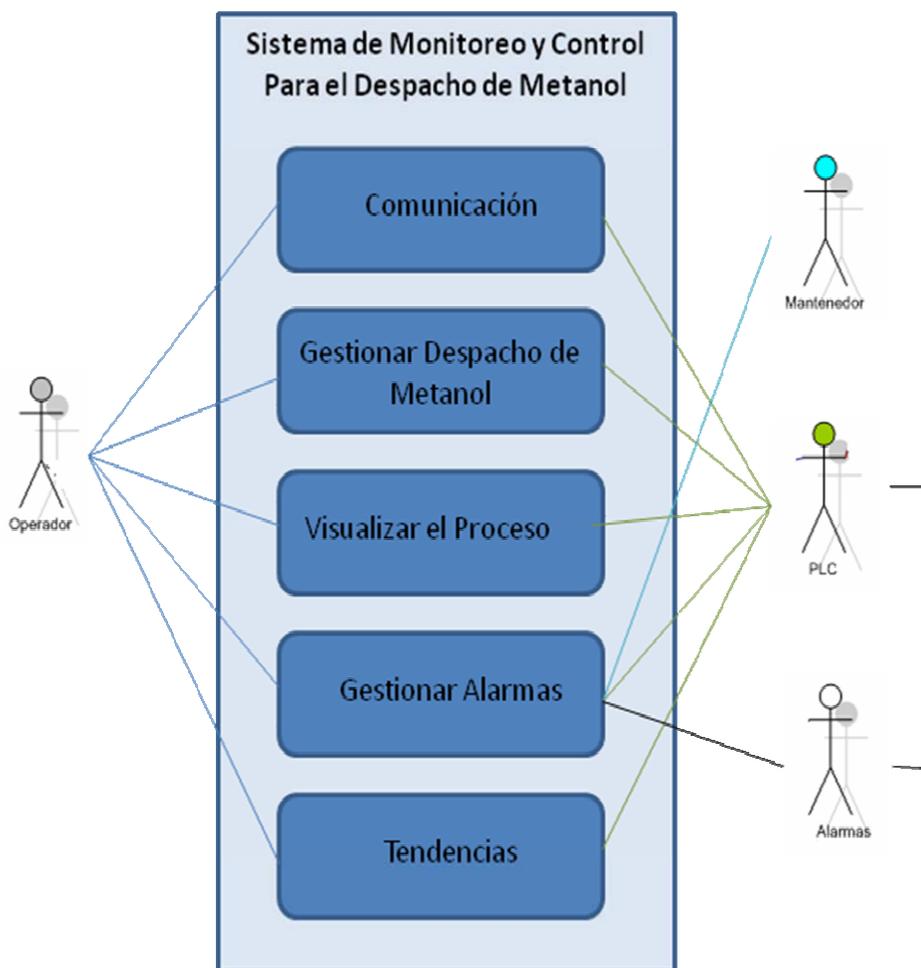


Figura N° 5.1. Diagrama de Casos de Uso de Funcionamiento del Sistema.

5.6 EQUIPOS Y SOFTWARE

- ✓ Computador HP ProLiant ML330 Generation 3: equipo empleado para a desarrollar la interfaz gráfica, almacenar registros y contenedor de HMI.
- ✓ Monitor plano y con pantalla ancha de 22 pulgadas Dell E2209W.
- ✓ Sistema Operativo Microsoft Windows XP Profesional versión 2002: Sistema operativo que se adapta a los requerimientos del software que se usará para el desarrollo y manejo del HMI.
- ✓ Software RSLogix 5000 Versión 13.00.00: software empleado para desarrollar la programación lógica del PLC.
- ✓ Software de Interfaz Gráfica FactoryTalk View Site Edition versión 5.0.00 software indispensable para el desarrollo del HMI.
- ✓ Software de Aplicación y diseño FactoryTalk View Studio Client versión 5.0.00: software empleado para ejecutar el MHI. Desarrollado con FactoryTalk View Site Edition. Mediante este software el operador puede interactuar con el proceso de despacho de metanol, controlarlo y visualizar todos los parámetros asociados.
- ✓ Software RSLinx Enterprise y RSLinx Classic versión 2.52.00: software necesario para establecer la comunicación entre el HMI y PLC, bajo modo Ethernet.
- ✓ Software Visual basic 6.0: herramienta empleada para configurar algunas acciones en el desarrollo del HMI bajo el software FactoryTalk View Site Edition.
- ✓ Software Microsoft Office Access 2003: empleado para almacenar la base del PLC.

5.7. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN EN FACTORYTALK VIEW SITE EDITION

Los siguientes, son los pasos generales para crear una aplicación:

- 1) Crear una aplicación local o de red.
- 2) Si es una aplicación de red, añada una o más áreas.
- 3) Si es una aplicación de red, puede añadirse un servidor HMI por área (local crea uno automáticamente). Seleccione la adición de cualquiera de las pantallas de plantillas en el servidor HMI.
- 4) Configure las comunicaciones del servidor de datos. Añada uno o más de los siguientes servidores de datos.
 - a- Servidor de dispositivos de Rockwell Automation.
 - b- Servidor de datos OPC.
- 5) Configure el servidor de eventos y alarmas de tags.
- 6) Cree pantallas gráficas, objetos globales y otros componentes en su servidor HMI.
- 7) Configure el registro histórico de alarmas y eventos FactoryTalk.
- 8) Configure un módulo Runtime de FactoryTalk View SE Client.

El desarrollo de estos pasos serán explicados en los anexos C-1 de este trabajo, como iniciar en en FactoryTalk View SE.



Figura 5.2. Diagrama de Desarrollo de la Aplicación en FactoryTalk View Site Edition.

5.8 DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA PARA LA CARGA DE BUQUES Y CISTERNA.

5.8.1 Como ingresar en FACTORYTALK VIEW SITE EDITION CLIENT

Con la instalación completa de FACTORYTALK VIEW SITE EDITION CLIENT para Windows el administrador de programa dispuso de un grupo de programas como el que se muestra en la figura 5.3. Una vez instalado, basta con presionar el botón Inicio/Todos los programas, seleccionar ROCKWELL SOFTWARE efectuar un click en el icono del programa FACTORYTALK VIEW SITE EDITION CLIENT y con esto iniciar la sesión de trabajo.

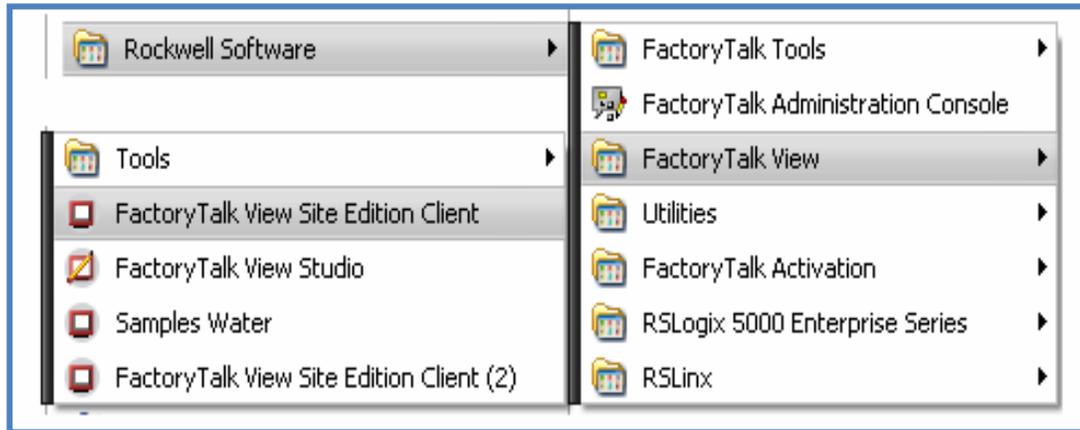


Figura 5.3. Grupo de Programas Rockwell Software.

Seguidamente se mostrará un mensaje en la pantalla referenciando una ruta de acceso de la aplicación, este se seleccionará, se pulsará el botón Run y la aplicación empezará a compilar.

Otro modo para iniciar la aplicación, se implementó un botón de acceso directo en el escritorio de la computadora con el fin de facilitarle el ingreso al usuario, tan solo tendrá que hacerle doble click al icono de FACTORYTALK VIEW SITE EDITION CLIENT cuya denominación es “MUELLE”, y la aplicación compilará.

5.8.2 Aplicación “MUELLE”

El sistema ha sido diseñado para supervisar, monitorear y controlar todo el funcionamiento de carga de cisternas y buques de Metanol por el muelle de PDVSA.

Este sistema comprende siete (7) pantallas, las cuales le permitirán al operador apreciar a través del Panel View cada uno de los cambios que se

vayan presentando en el proceso, así como también poder manipular algunas variables que intervienen en el control de carga.

Las pantallas que conforman el sistema de monitoreo, supervisión y control de carga de cisternas y buques de Metanol por el muelle de PDVSA son las siguientes.

- ✓ Pantalla 1: MENU PRINCIPAL.
- ✓ Pantalla 2: MARINE TERMINAL (TERMINAL MARINO).
- ✓ Pantalla 3: SHIP TK-801A/B/C (PMA).
- ✓ Pantalla 4: ALARMA PLC TO HMI.
- ✓ Pantalla 5: PMA TRUCK LOADING.
- ✓ Pantalla 6: TENDENCIAS.
- ✓ Pantalla 7: ALARMAS DEL SISTEMA.

A continuación se describirán las pantallas descritas anteriormente y la metodología que los operadores de planta deberán seguir para proceder con el despacho de metanol.

5.8.2.1 Pantalla 1: MENU PRINCIPAL



Figura 5.4. Menú Principal.

En la figura 5.4, se muestra una barra de menú en la parte inferior de la pantalla compuesta por seis botones de acceso directo que direccionan el ingreso hacia las otras pantallas que conforman al sistema, haciendo click en cualquiera de los botones indicados se podrá trasladar a las siguientes pantallas:

- ✓ **PERMISIVOS MARINE TERMINAL:** Solicitud de permiso para carga de buques al muelle de PDVSA, recepción del permiso de carga para arranque de las bombas P-801A/B, así como visualización y control de señales de bypass para arranque y paro de emergencia desde el muelle de PDVSA.

- ✓ SHIP TK-801A/B/C (PMA): Se visualiza el estatus de algunos parámetros de los tanques A/B/C como los son: nivel, temperatura y flujo, así como también el estatus de algunas válvulas de control. Este se emplea para la carga de buques.
- ✓ ALARMA PLC TO HMI: Representa las distintas alarmas en el sistema como lo son alarmas por ESD, alto y bajo nivel en los tanques, alta presión en las líneas, fuego en las distintas secciones de la planta, entre otras, todas provenientes de PDVSA.
- ✓ PMA TRUCK LOADING: Se visualiza el estatus de algunos parámetros de los tanques A/B/C como los son: nivel, temperatura y flujo así como también el estatus de algunas válvulas de control. Este se emplea para la carga de cisternas.
- ✓ TENDENCIAS: Se detalla mediante una gráfica a través del tiempo el estado de todas las señales analógicas y las del controlador PID del FC-8001. Permite el acceso a históricos o eventualidades pasadas.
- ✓ ALARMAS DEL SISTEMA: Muestra mediante un log de alarmas todos los acontecimientos de alarmas del sistema, indicando todas sus características, fecha, hora, área, etc.

El diagrama que se muestra a continuación expresa todo lo descrito anteriormente sobre el menú principal, ver figura 5.5.

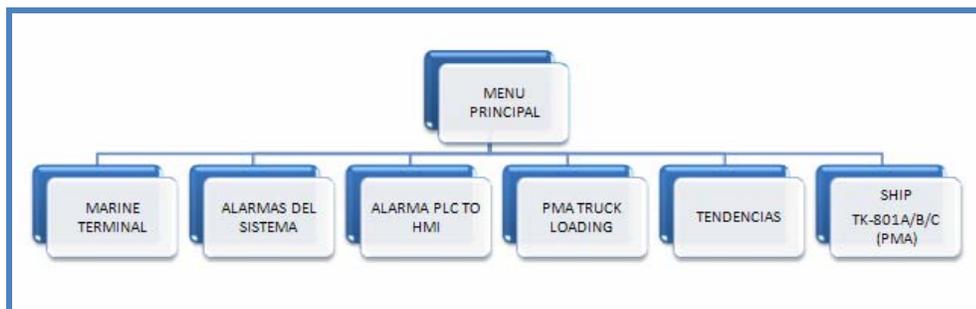


Figura 5.5. Diagrama Menú Principal.

5.8.2.2. Pantalla 2: MARINE TERMINAL (TERMINAL MARINO)

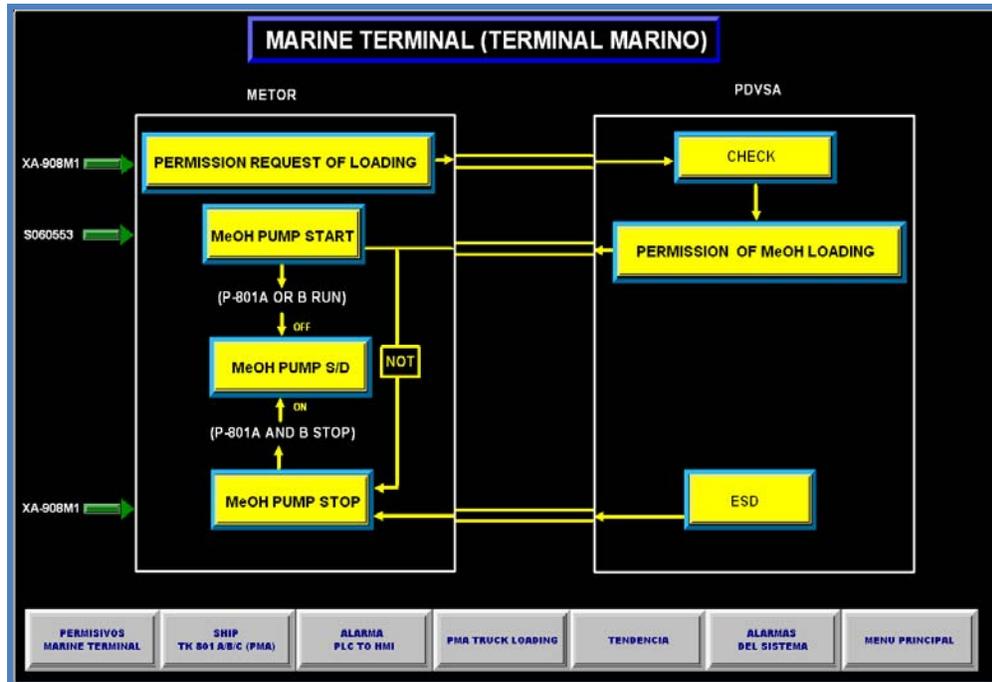


Figura 5.6. Marine Terminal.

En la figura 5.6, se aprecia la pantalla en la cual se establece comunicación entre METOR y PDVSA, mediante la solicitud de permisos para la carga de buques. A continuación se describe el proceso para la solicitud de permisos.

1- Solicitud de permiso de METOR hacia PDVSA para la carga de buques, haciendo click en el botón PERMISSION REQUEST OF LOADING se desplegará un mensaje en la pantalla indicando la confirmación del permiso, en caso afirmativo este botón pasara a color rojo y en caso negativo este permanecerá igual, el botón "x" ocultara el mensaje. El ejemplo que se muestra en la figura 5.7, nos detalla la metodología antes descrita.



Figura 5.7. Solicitud de Permiso de METOR hacia PDVSA.

Para retirar el permiso una vez solicitado bastará con solo hacer click nuevamente en el mismo botón se desplegará otro mensaje de confirmación para el retiro del permiso solicitado, en caso afirmativo este botón pasará a color amarillo y en caso negativo este permanecerá igual, el botón “x” ocultará el mensaje. Ver figura 5.8.



Figura 5.8. Retiro de Permiso de METOR hacia PDVSA.

2- Una vez solicitado el permiso de METOR hacia PDVSA y concedido por este último la pantalla se mostrará de la manera siguiente; ver figura 5.9, resaltando el botón de permiso hacia la bomba P-801A o P-801B, la cual se tornará también de rojo indicando su estado de operabilidad.

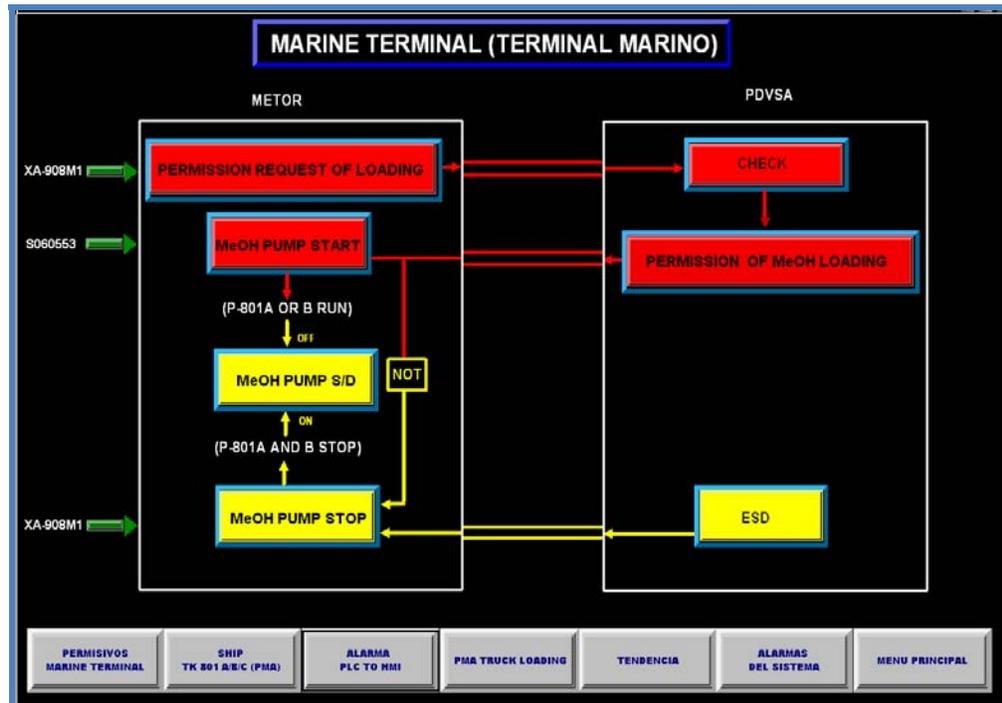


Figura 5.9. Permisivo Aceptado por PDVSA.

3- Una condición de paro de emergencia "ESD" del muelle de PDVSA inhabilitará la operación de la bomba retornándola a color amarillo, como se muestra en la figura 5.10.

Un paro de la carga por ESD, es únicamente posible del lado de PDVSA, es decir METOR no podrá realizar ningún paro por emergencia desde esta pantalla. Cualquier condición anormal dada o prevista por los operadores del muelle con el proceso de carga de metanol, podrán realizar el paro de bomba por ESD.

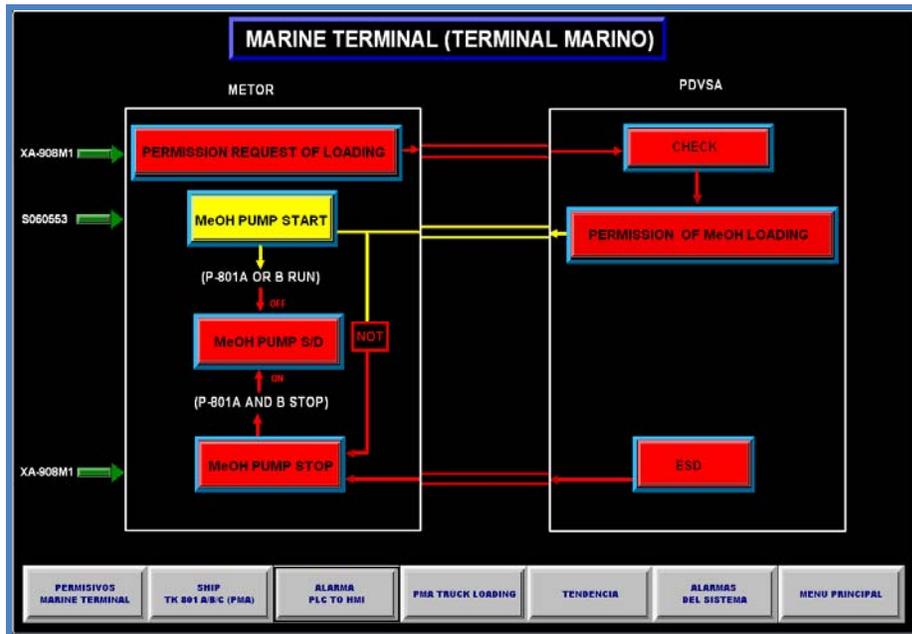


Figura 5.10. Condición de Paro de Emergencia “ESD”.

4- Otra condición que pueda darse en la operación es el bypas del permiso para poder arrancar la bomba y realizar transferencia dentro de la planta, el cual consiste en darle click al botón MeOH PUMP START seguidamente aparecerá el mensaje de confirmación, si este es afirmativo el botón se tornará rojo. En caso contrario para desactivar el bypass hacer click en el mismo botón aparecerá otro mensaje de confirmación, si la respuesta es afirmativa este volverá a tornarse de color amarillo logrando así, el paro de la bomba. A continuación la figura 5.11 y 5.12, muestran los dos casos para activar y desactivar el by pass del permiso para arranque y para de bombas.

En la figura 5.13 se puede apreciar cómo se encuentra la pantalla cuando el By Pass para arranque de la bomba se encuentra activado, y cumple con el procedimiento cuatro, mensaje de confirmación de retiro de By Pass.

Las funcionalidades de esta pantalla descritas anteriormente se pueden representar gráficamente con el siguiente diagrama, ver figura 5.14.

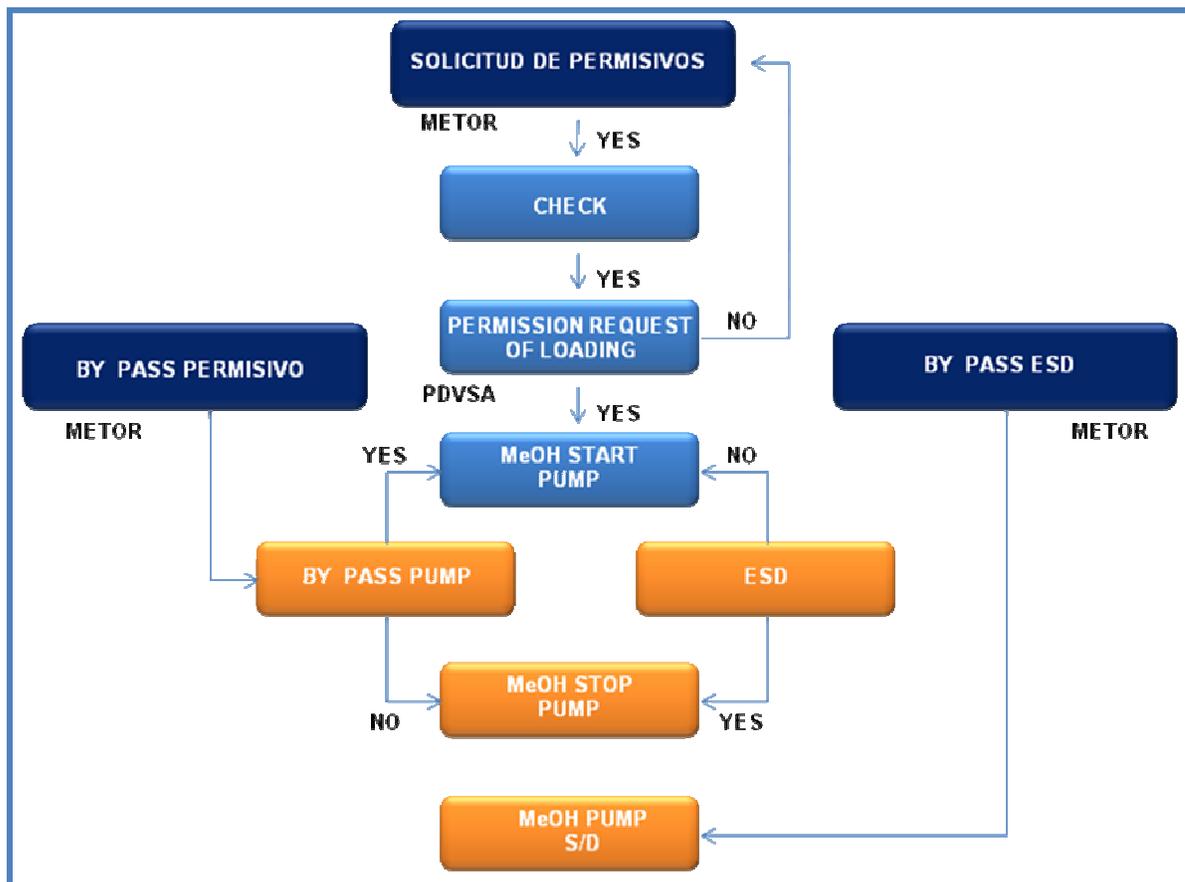


Figura 5.14. Diagrama de la Pantalla Marine Terminal.

El botón MeOH PUMP S/D representa el by pass de la señal de ESD contemplada en el antiguo DCS, para esta aplicación no fue requerida la utilización del mismo.

5.8.2.3. Pantalla 3: SHIP TK-801A/B/C (PMA)

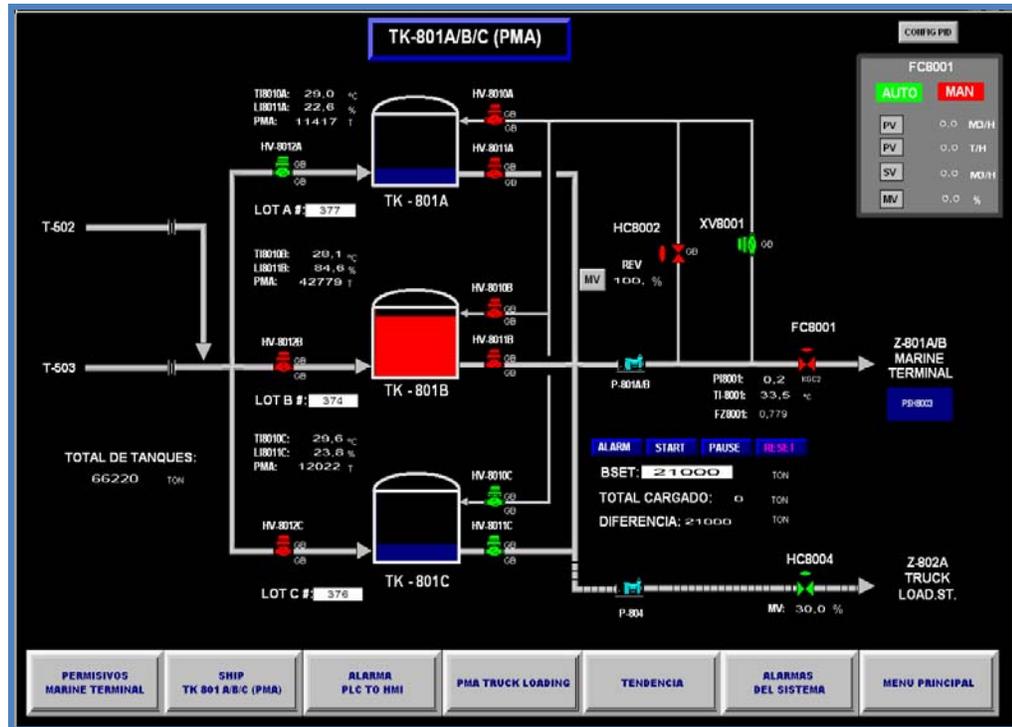


Figura 5.15. SHIP TK-801A/B/C (PMA).

SHIP TK-801A/B/C (PMA), figura 5.15, pantalla empleada para la carga de buques. Se podrán apreciar algunos parámetros de los tanques A/B/C como los son: nivel, temperatura y volumen, conjuntamente las indicación de alarmas por alto > 90% o bajo nivel < 10% (color Rojo en el contenido del tanques), también el estatus de abierto o cerrado de las válvulas de control, abierto (verde) cerrado (rojo).

Nota: El color de las válvulas de los tanques es solo indicativo no pueden ser manipuladas desde el sistema para su apertura y cierre. El operador podrá cambiar de estatus una válvula haciendo click sobre ella solo a manera de representar cual es el estado real de la válvula en campo a fin

de verificar la posición de las mismas durante la carga. El color rojo del contenido del tanque B indica alarma por alto nivel.

Además, esta pantalla muestra una ventana que contiene todas las características de la válvula FC-8001, como lo son flujo en m³/h y en T/h de la “PV”, el flujo del set point en m³/h “SV”, el porcentaje de apertura de la “MV” y el modo en que se encuentra manual o automático. El color verde indica el modo de operación en la que se encuentra el PID. Ver figura 5.16.

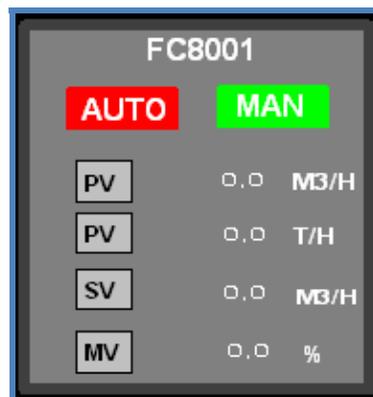


Figura 5.16, Características de la Válvula FC-8001.

Una vez solicitado los permisos hacia el muelle de PDVSA, y concedidos por esté (ver explicación de la pantalla anterior), se procederá a realizar la carga de metanol por el muelle de PDVSA a través de esta pantalla con los siguientes pasos.

1- Ingresar el Valor de BSET: Este valor indica el total en toneladas de producto a cargar el buque. Para ingresar este valor se tendrá que situar el cursor en el espacio en blanco al lado del BSET, escribir la capacidad de toneladas a cargar seguidamente presionar ENTER. Ver Figura 5.17.



Figura 5.17. Ingresar el Valor de BSET.

2- Ingresar el Valor de ALARM: Este valor establece a cuantas toneladas antes de alcanzar el BSET, el operador requiere que el sistema le recuerde que la carga está por terminar. Este valor indica que cuando la diferencia se aproxima al valor del BSET establecido se mostrará un mensaje de alerta que indica **“ALCANZANDO EL TOTAL”**. Para ingresar este valor se pulsará el botón de ALARM, se presentará un mensaje solicitando el valor de ALARM como se muestra en la figura 5.18, se escribe el valor en toneladas, seguidamente presionar ENTER y aceptar para confirmación. Si se pulsa el botón cancelar este no realizará ningún cambio y si pulsamos “X” el mensaje se cerrará.



Figura 5.18. Mensaje para Ingresar Valor de ALARM.

3- Apertura de la Válvula HC-8002 (reversa): Haciendo click en el botón indicado con “MV” este desplegará un mensaje en la que el operador podrá variar el porcentaje de apertura de la válvula paulatinamente o

directamente al valor requerido. observe la figura 5.19, mostrada a continuación.

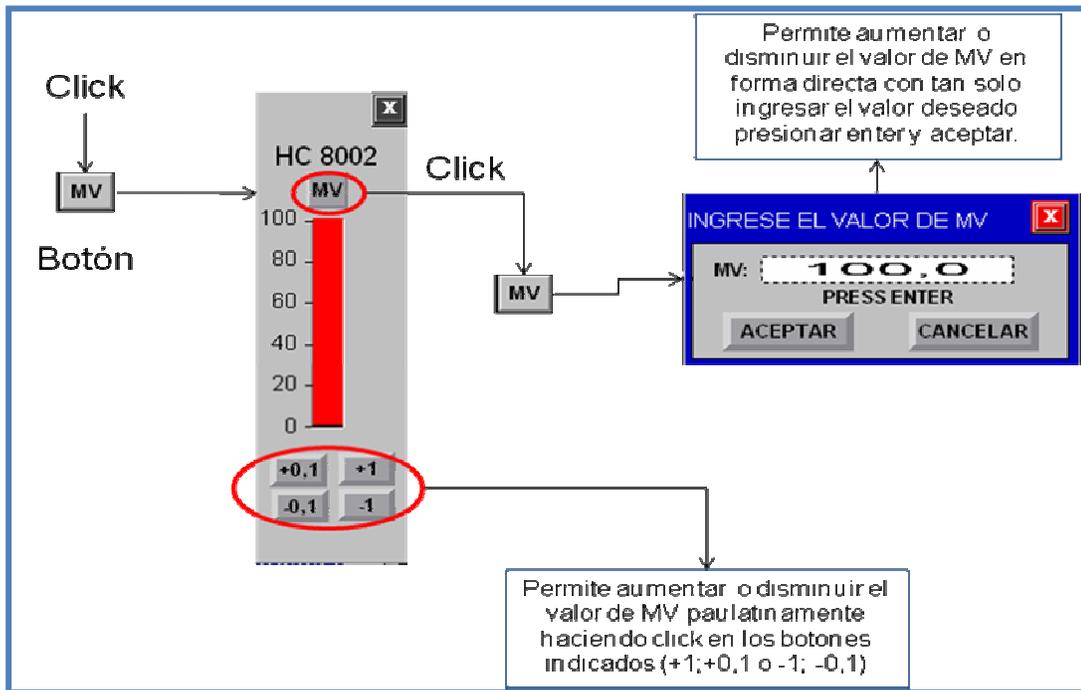


Figura 5.19. Apertura válvula HC-8002.

4- Botón START: Una vez realizado los pasos anteriores presionar el botón START, cuyas letras se tornarán de color rojo, indicando el modo el cual se encuentra. observe la figura 5.20, mostrada a continuación.

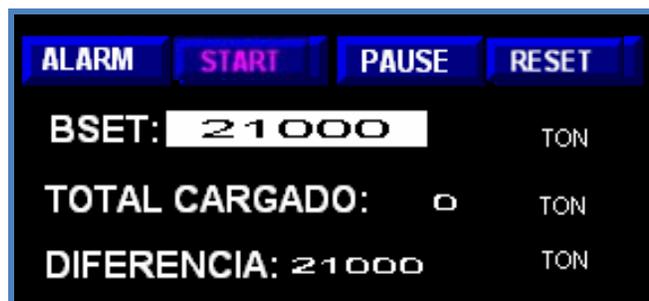


Figura 5.20. Comienzo de la Transferencia de Metanol.

5- Apertura de la Válvula FC-8001: Se debe presionar el botón de “CONFIG PID” para que se despliegue la ventana de la FC-8001, para mover la válvula se debe presionar los botones localizados a la derecha del icono “MV” +1,-1 según el caso correspondiente.

Configuración PID Modo Manual: El color verde en el botón de manual en la ventana del FC-8001 indica que el lazo se encuentra en modo manual por lo cual para realizar el control se debe variar la MV de la válvula. En la figura 5.21, se detalla la configuración manual.

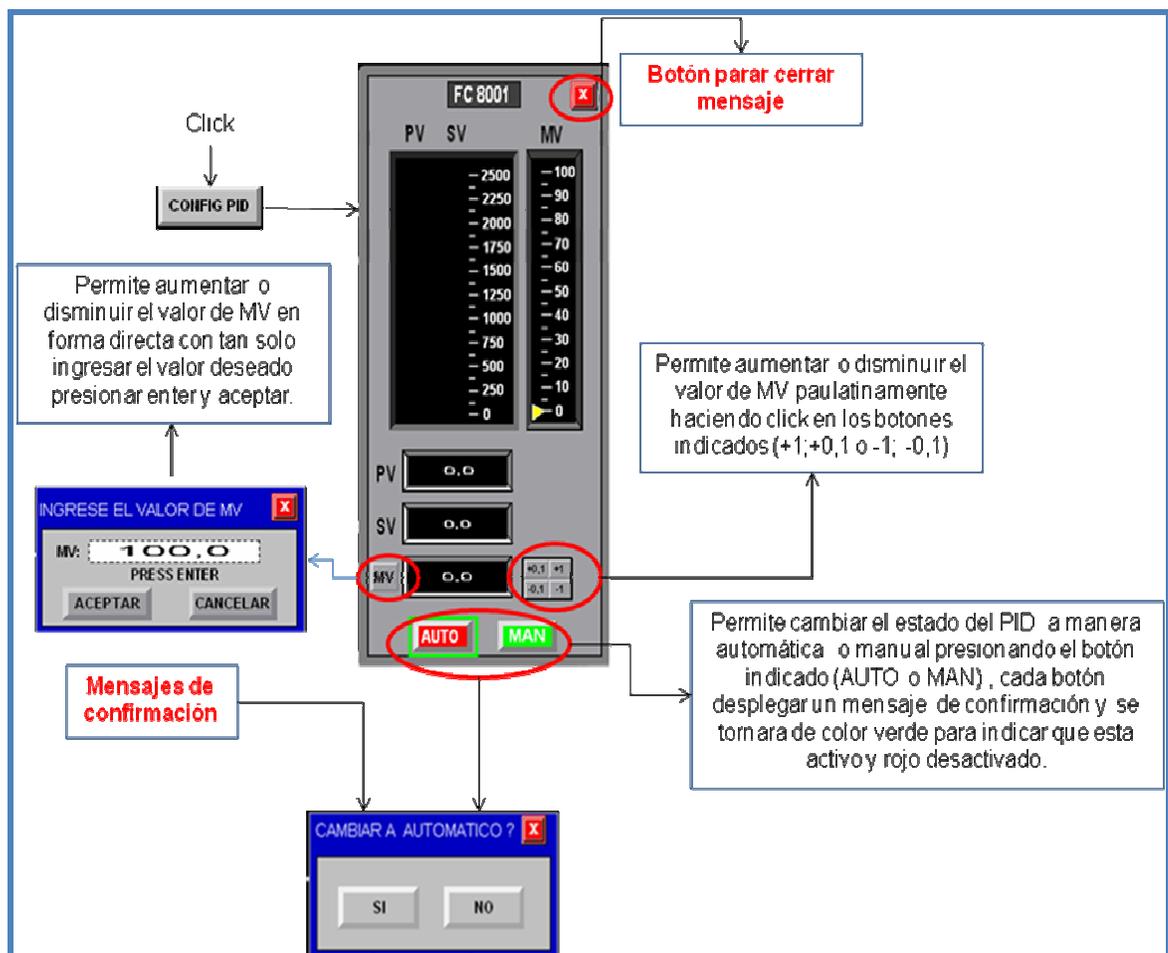


Figura 5.21. Configuración PID Modo Manual.

Configuración PID Modo Automático: El color verde en el botón de automático en la ventana del FC-8001 indica que el lazo se encuentra en modo automático por lo cual para realizar el control se debe variar la SV de la válvula. En la figura 5.22 se detalla la configuración Automático.

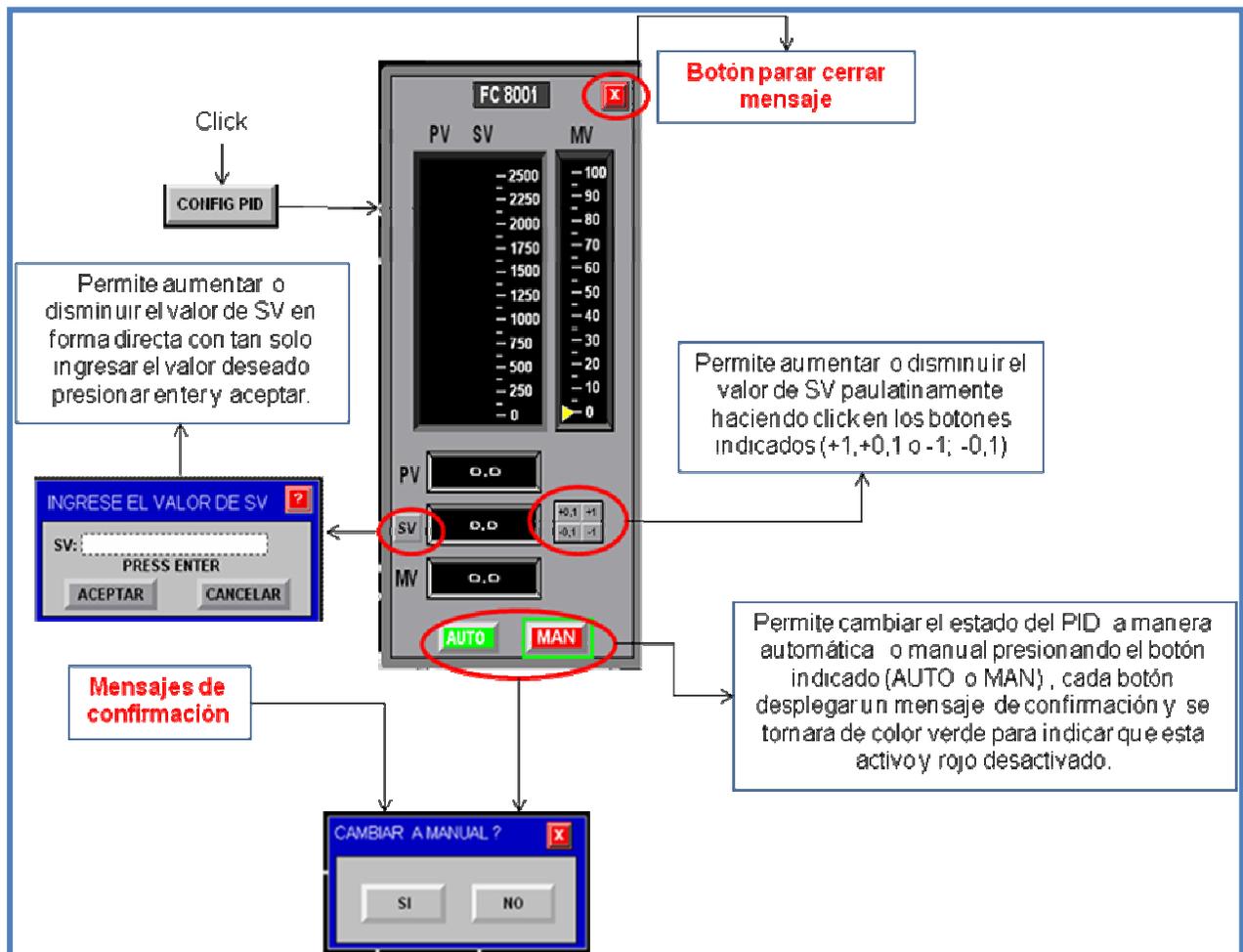


Figura 5.22. Configuración PID Modo Automático.

6- Válvula XV-8001: Si el flujo a través de la válvula FC-8001 es menor que $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ la válvula XV-8001 se abrirá tornándose de color

verde, en caso contrario, cuando el flujo es mayor que $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ la válvula se cerrará volviéndose roja.

Se destaca que la válvula FC-8001 se mostrará de color verde siempre y cuando exista flujo a través de ella, si no existe flujo la válvula se notará en color rojo. La bomba P-801A/B de color rojo indica que está encendida, cuando se muestre de color azul estará apagada. Ver figura 5.23.

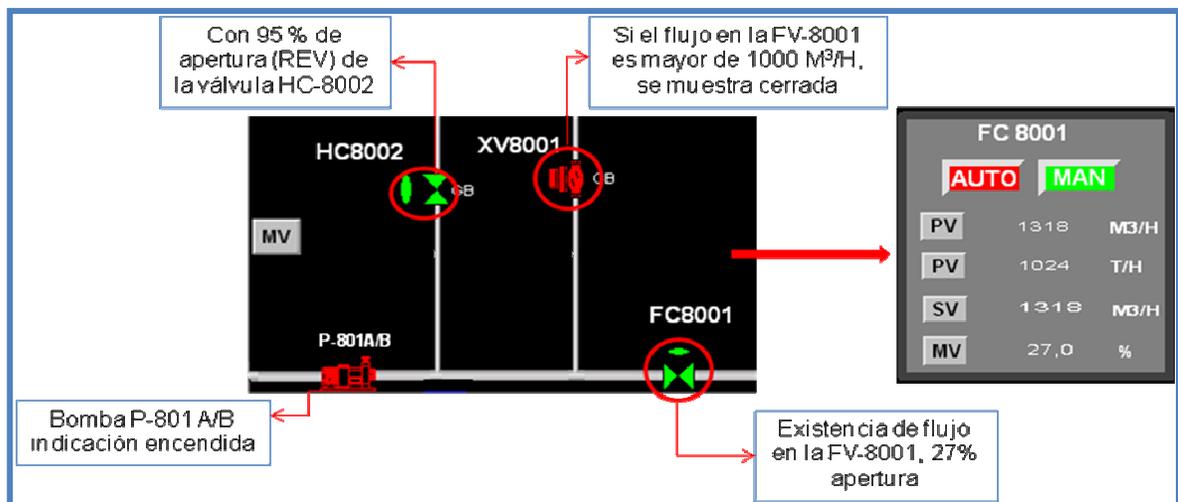


Figura 5.23. Válvulas que Actúan en el Proceso de Carga.

Cuando exista alta presión en la línea de la FC-8001, un cuadro en la pantalla se tornará de color rojo alertando al operador del evento. El cuadro en estado normal estará en color azul. Ver figura 5.24.



Figura 5.24. Alarma por Alta Presion PSH-8003.

7- Botón PAUSE: Para detener el totalizador se debe presionar el botón PAUSE, sus letras se tornarán de color rojo indicando el modo el cual se encuentra. No produce cierre en ninguna válvula solo detiene el conteo del totalizador.

8- Botón RESET: Cuando se desee iniciar una nueva carga, se deben restablecer todos los valores de la carga. Para reiniciar el totalizador se debe presionar el botón RESET, sus letras se tornarán de color rojo indicando el modo el cual se encuentra. No produce cierre en ninguna válvula solo limpian los valores antes leído por el totalizador.

9- Ingresar el Valor de LOT: Para introducir este valor, deberá situarse en la casilla blanca debajo de cada tanque, ingresar el valor deseado y presionar ENTER. Ver figura 5.25.

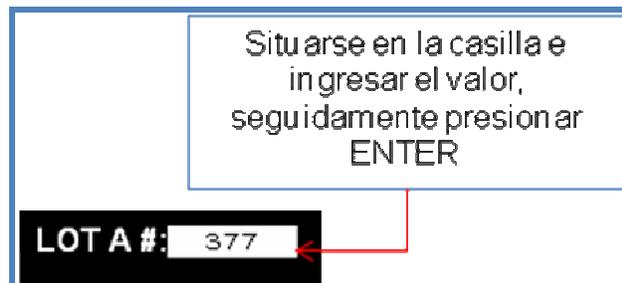


Figura 5.25. Ingresar el Valor de LOT.

10- Total de Tanques: Muestra la sumatoria de contenido en todos los tanques en toneladas. Ver figura 5.26.



Figura 5.26. Totalizador de los Tanques.

A continuación el diagrama mostrado en la figura 5.27 representa la secuencias de pasos a seguir para realizar carga de buques

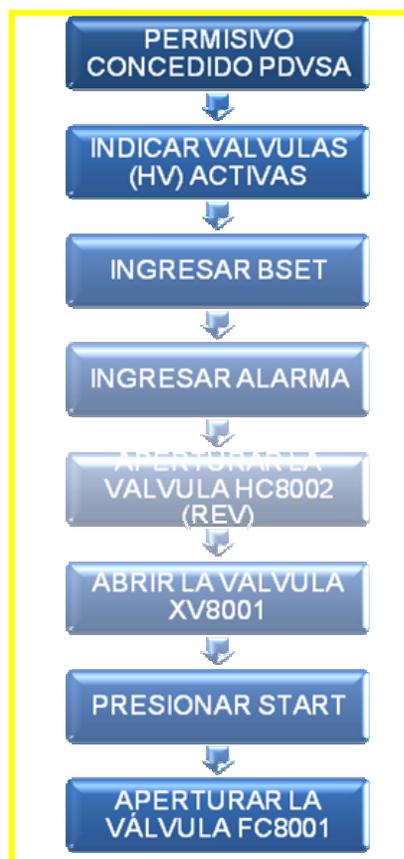


Figura 5.27. Secuencia de Pasos para Realizar una Carga de Buques.

5.8.2.4. Pantalla 4: ALARMA PLC TO HMI

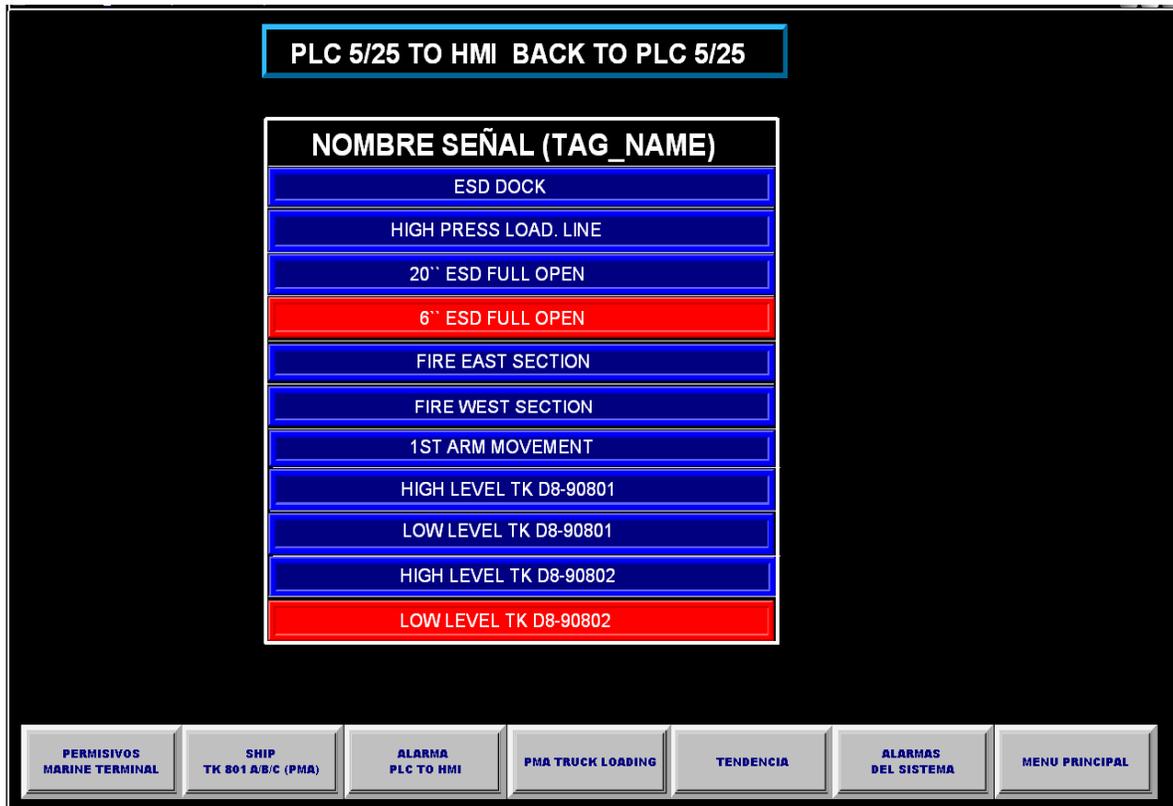


Figura 5.28. ALARMA PLC TO HMI.

En la figura 5.28 se aprecia la pantalla que representa las distintas alarmas presentes en lado del muelle de PDVSA estas alarmas pueden ser por ESD, alto o bajo nivel en los tanques, alta presión en las líneas, fuego en las distintas secciones de la planta entre otras.

En el caso de que ocurra una eventualidad o alarma en cualquiera de las secciones mostradas en la pantalla, dicha sección se tornará de color rojo indicado la alarma, en estado normal se mostrará de color azul.

5.8.2.5. Pantalla 5: PMA TRUCK LOADING

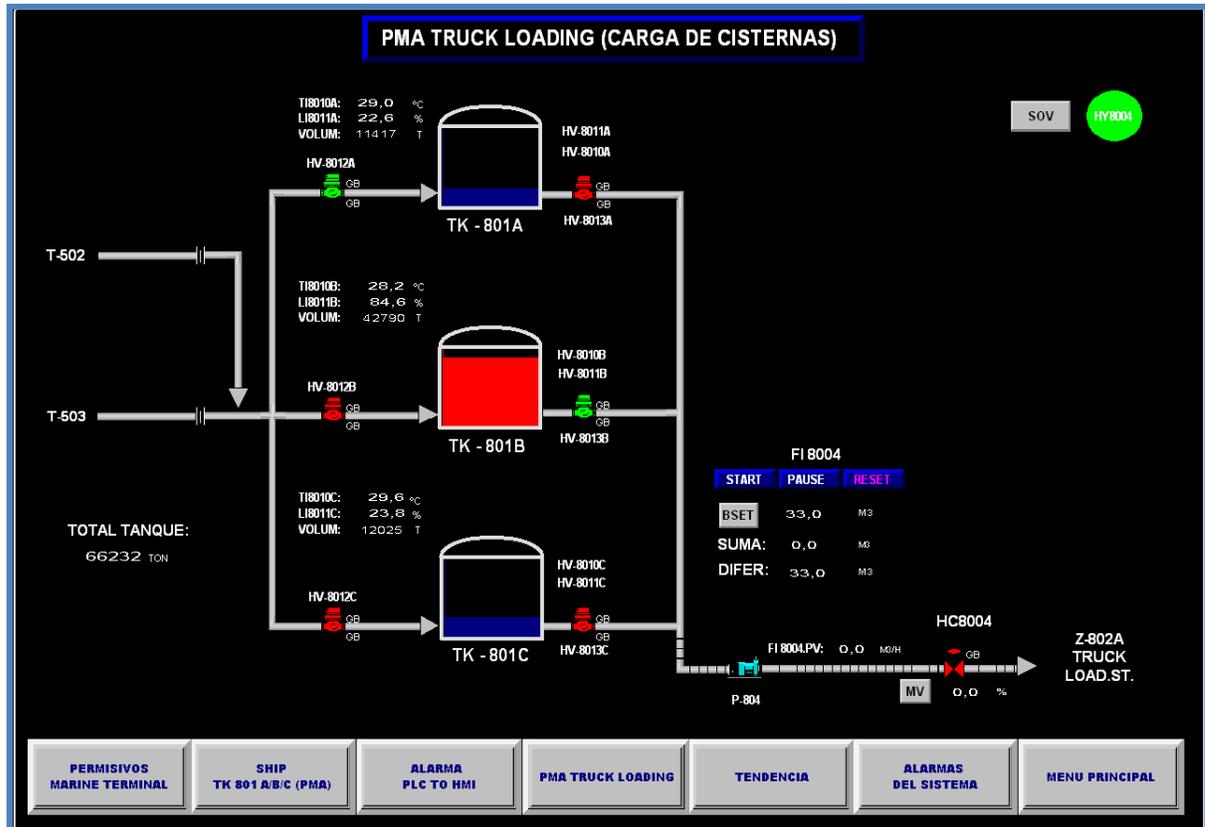


Figura 5.29. PMA TRUCK LOADING.

En la figura 5.29 se muestra la Pantalla empleada para la carga de cisternas. Se aprecian algunos parámetros de los tanques A/B/C como los son: nivel, temperatura y volumen, conjuntamente las indicación de alarmas por alto > 90% o bajo nivel < 10% (color Rojo en el contenido del tanques), también el estatus de abierto o cerrado de las válvulas de control, abierto (verde) cerrado (rojo).

Nota: Las válvulas de los tanques son solo indicativas no tienen efecto en el campo, el operador podrá cambiar de estatus un la válvula haciendo click sobre ella solo a manera de representar cuales válvulas deban estar

ejecutándose en el proceso de carga. El color rojo del contenido del tanque B indica alarma por alto nivel, los demás tanques su contenido en color azul, estado normal.

Una vez confirmada la carga de cisterna vía radio, a través de esta pantalla se procede con los siguientes pasos.

1- Apertura y Cierre de la Válvula Solenoide: Al presionar el botón de la esquina superior derecha SOV se mostrara un mensaje para confirmar el estatus de la válvula de abierto (verde) o cerrado (Rojo). Ver figura 5.30.

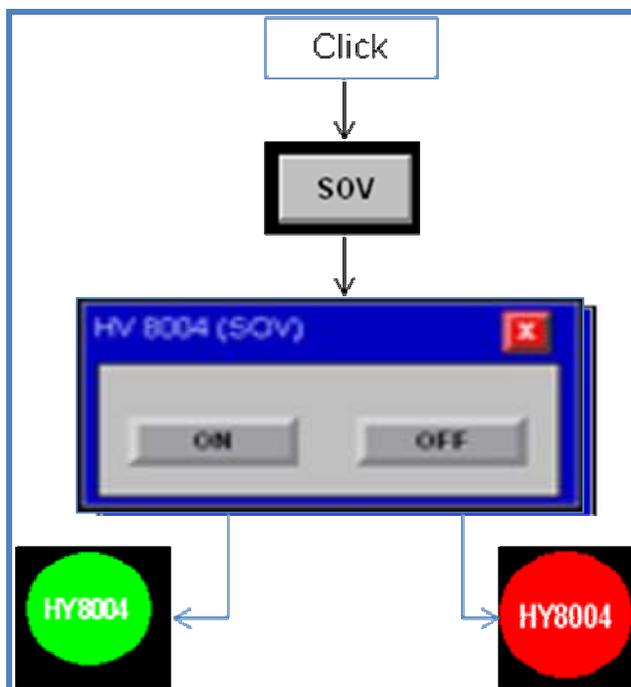


Figura 5.30. Confirmar la Apertura o Cierre de la Válvula HV8004.

2- Ingresar el Valor de BSET: Este valor indica el total en toneladas de producto a cargar las cisternas. Para ingresar este valor hacer click en el botón “BSET” este desplegará un mensaje en la que el operador podrá

ingresar el valor, seguidamente presionar ENTER y aceptar para su confirmación. Si se pulsa el botón cancelar no realizará ningún cambio o “X” para cerrar el mensaje. observe la figura 5.31 mostrada a continuación.



Figura 5.31. Mensaje para Ingresar el BSET.

3- Botón START: Una vez realizado el paso uno y dos presionar el botón START, cuyas letras se tornarán de color rojo, indicando el modo el cual se encuentra.

4- Apertura de la Válvula HC-8004: haciendo click en el botón indicado “MV” este desplegará un mensaje en la que el operador podrá variar el porcentaje de apertura de la válvula paulatinamente o directamente al valor requerido. observe la figura 5.32 mostrada a continuación.

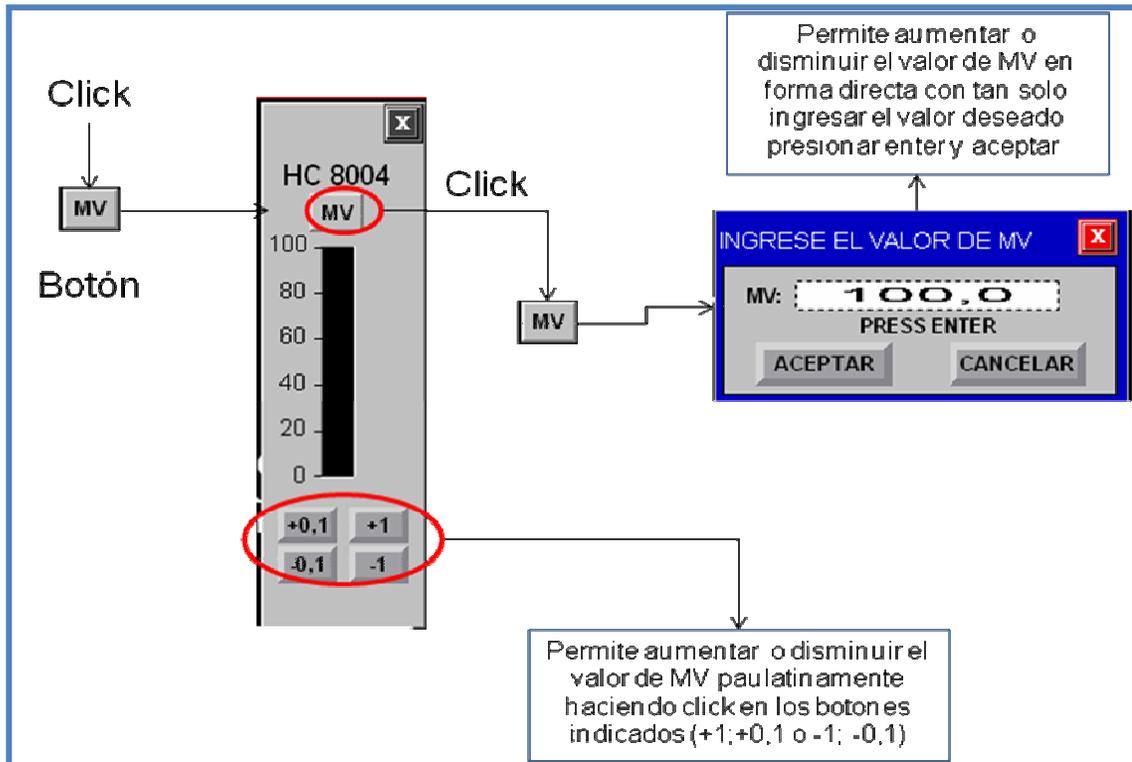


Figura 5.32. Apertura válvula HC-8004.

5- Botón PAUSE: Para detener el totalizador se debe presionar el botón PAUSE, sus letras se tornarán de color rojo indicando el modo el cual se encuentra. No produce cierre en ninguna válvula solo detiene el conteo del totalizador.

6- Botón RESET: Para reiniciar el totalizador se debe presionar el botón RESET, sus letras se tornarán de color rojo indicando el modo el cual se encuentra. No produce cierre en ninguna válvula solo limpian los valores antes leído por el totalizador.

7- Mensaje de alarma: cuando la diferencia este alcanzado un valor de dos toneladas un mensaje aparecerá en la pantalla **RESTAN 2 TONELADAS** alertando al operador la finalización de la carga.

A continuación el diagrama mostrado en la figura 5.33 representa la secuencias de pasos a seguir para realizar carga de buques



Figura 5.33. Secuencia de Pasos para Realizar una Carga de cisternas.

5.8.2.6. Pantalla 6: TENDENCIAS



Figura 5.34. Tendencias ALL PENS.

La finalidad de las tendencias es proporcionar a los operadores un registro las actividades de la planta conforme van ocurriendo. Esta tendencia tiene la versatilidad de mostrar los datos en tiempo real y datos históricos de los registros. Las plumillas en la tabla en tiempo de ejecución representan datos provenientes de tags y expresiones que se añaden al objeto de tendencia.

Esta tendencia muestra también las señales analógicas que intervienen en el proceso, descrita anteriormente.

Otra particularidad de la pantalla tendencia es que al presionar el botón ALL PENS la gráfica, ver figura 5.34 mostrará todas las señales analógicas importantes que deben ser supervisadas, en el otro caso el mismo botón cambiará de nombre y pasará a ser el botón PID PENS, ver figura 5.48 el cual al hacerle click la gráfica mostrará solo las señales contraladas por el PID como lo son:

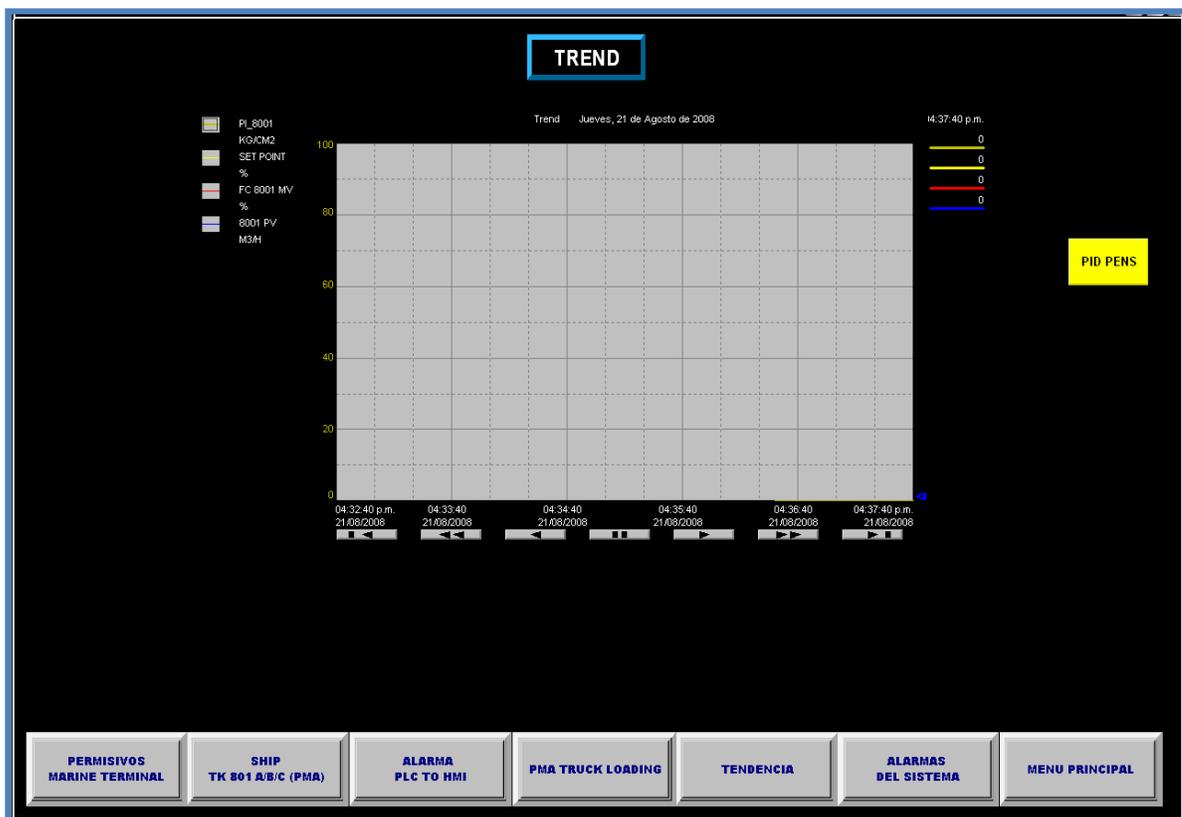


Figura 5.34. Tendencias PID PENS.

Es muy fácil acceder a cualquiera de las dos gráficas de esta tendencia bastará con solo hacer click en el mismo botón y este cambiará de nombre indicando que gráfica quisiera mostrar.

5.8.2.7. Pantalla 7: ALARMAS DEL SISTEMA

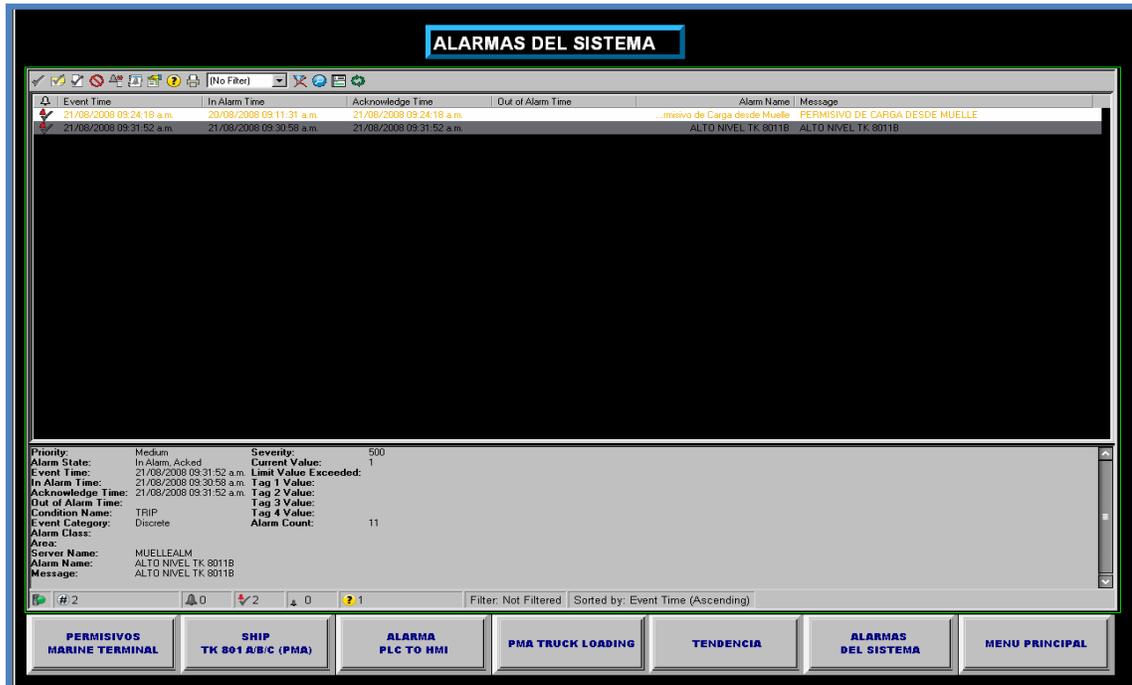


Figura 5.35. Alarmas del Sistema.

Las alarmas y eventos ocurridos durante el proceso de carga se registran en esta pantalla en cual se almacenarán como históricos en la aplicación y podrán ser consultados en cualquier momento.

En la figura 5.35 se aprecia la pantalla de alarmas del sistema muestra una barra de herramientas con aplicaciones sencillas que ayudará a detectar de manera rápida cualquier eventualidad a través de sonidos de alarma que este genera cuando ocurre un evento fuera de lo normal, también permitirá la impresión de todas la eventualidades ocurridas en un lapso de tiempo determinado o cuando sea necesario. En la figura siguiente se muestra con detalle las propiedades de esta pantalla.

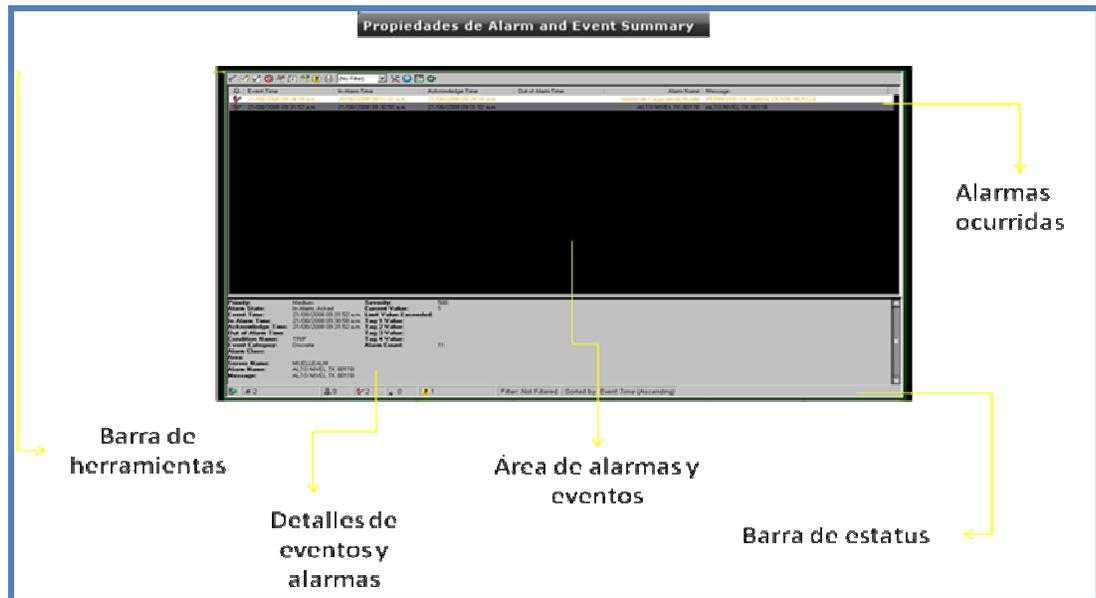


Figura 5.36. Propiedades de la Pantalla Alarmas del Sistema.

En las propiedades de esta pantalla, ver figura 5.36 se pueden apreciar ciertos elementos de la barra de herramienta que son indispensables para el manejo de las alarmas activas. A continuación en la figura 5.37, se describen cada una de estas funciones.

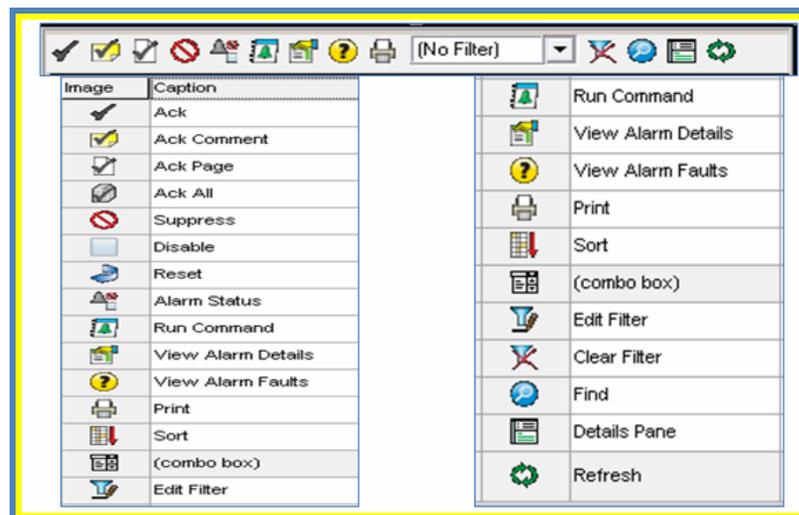


Figura 5.37. Elementos de la Barra de Herramienta.

Cuando una alarma ocurrida es monitoreada a travez de esta pantalla está tiene la capacidad de dar cualquier detalles del evento, como lo es la fecha y hora de ocurrencia, la hora del reconocimiento etc., almacenarse hasta una capacidad de 500 eventos esto con el fin de llevar un control en la ocurrencia de eventos. Ver figura 5.38.

Priority:	Medium	Severity:	500
Alarm State:	In Alarm, Acked	Current Value:	1
Event Time:	21/08/2008 09:24:18 a.m.	Limit Value Exceeded:	
In Alarm Time:	20/08/2008 09:11:31 a.m.	Tag 1 Value:	
Acknowledge Time:	21/08/2008 09:24:18 a.m.	Tag 2 Value:	
Out of Alarm Time:		Tag 3 Value:	
Condition Name:	TRIP	Tag 4 Value:	
Event Category:	Discrete	Alarm Count:	2
Alarm Class:			
Area:			
Server Name:	MUELLEALM		
Alarm Name:	Permisivo de Carga desde Muelle		
Message:	PERMISIVO DE CARGA DESDE MUELLE		

Figura 5.38. Detalles de Eventos y Alarmas.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se puede concluir lo siguiente:

- ✓ El diseño control y monitoreo de carga de buques y cisternas para lograr el despacho de metanol, se desarrollo bajo lineamientos estrictos, cumpliendo con normas nacionales e internacionales en el desarrollo de la programación y construcción del panel de control.
- ✓ Fue factible la implementación del sistema de control basado en la tecnología de los controladores lógicos programables, para la carga de buques y cisternas de metanol durante la parada de planta en la Empresa Metanol de Oriente METOR, S.A. adaptándose fácilmente a los requerimientos de los PLC y permitiendo que la filosofía se cumpliera con rigurosidad.
- ✓ Se hizo evidente que los PLC son soluciones probadas para control secuencial, proporcionan un control confiable para procesos de fabricación y funcionan con plataformas de software abiertas. Por lo que se pudo demostrar es un dispositivo tecnológico con amplias ventajas desde el punto de vista de soluciones rápidas, esta plataforma de control permite reducir los costos de mantenimiento y tiempo en capacitación a los operadores y tiempo de ingeniería e implementación.
- ✓ Acorde a la metodología planteada se logró hacer una revisión bibliográfica de los equipos a conectar y de los software, así como también de un análisis detallado de las características de operación del equipo a

supervisar, para proporcionarle un medio eficiente y familiar al personal de mantenimiento y operación.

✓ El trabajo realizado desde el punto de vista operacional, fue exitoso debido a que se pudieron seleccionar los datos de mayor importancia que se debían integrar al sistema de supervisión y control, satisfaciendo así las necesidades del personal de mantenimiento y operaciones.

✓ Con la nueva filosofía de operación se garantiza la seguridad del operador en el proceso de despacho de metanol, ya que fue diseñada de una manera muy similar a la que el personal de la empresa usualmente estaban acostumbrados a manejar con el antiguo DSC.

✓ La puesta en marcha del sistema de supervisión y control permitió la concentración de la información proveniente de diferentes partes del proceso controlados por el PLC, para dar soporte y facilitar las tareas al personal de operaciones en cuanto al proceso de carga, brindando información en tiempo real del proceso mediante el sistema de supervisión FactoryTalk View Site Edition Client.

✓ Este trabajo representa un aporte en el desarrollo de sistemas de control y monitoreo temporales, que permiten la seguridad en la carga de buques y cisterna y así cumplir a cabalidad los lineamientos necesarios para lograr el despacho de metanol, además que permite el funcionamiento del sistema sin pérdidas de dinero.

✓ Por otra parte vale destacar la trascendencia de este trabajo, ya que este documento plasmado, queda como base para futuras paradas de

Planta en el desarrollo técnico del proyecto y puede ser utilizado como fuente bibliográfica de consulta para cualquier persona al momento de implementar sistemas como el desarrollado en este trabajo especial de grado.

RECOMENDACIONES

Para el buen funcionamiento del sistema se recomienda:

Utilizar la documentación del proyecto antes de operar el sistema, en especial el manual suministrado a la empresa con la nueva filosofía de operación para la carga de buques y cisterna y así cumplir a cabalidad los lineamientos necesarios para lograr el despacho de metanol.

Debido a que el proyecto se ha demorado más tiempo de lo previsto se recomienda adquirir una licencia para el software FactoryTalk View Site Edition por un periodo mayor a los tres meses que se tenía previsto la culminación del proyecto.

La programación del PLC y sus instalaciones mecánicas son únicas y exclusivamente para controlar la carga de buques y cisterna, no fue diseñado para alojar y controlar señales de otros procesos de la planta. Cualquier cambio y reutilización del PLC consultar con la empresa ejecutante del proyecto facilidades temporales para el despacho de metanol por el muelle de PDVSA.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] OCA, J., “Diseño de una Unidad Portátil de Transmisión Remota de datos utilizando comunicación Inalámbrica con los Instrumentos de Monitoreo y Control”. Trabajo Especial de Grado. Universidad de Oriente (2006).

- [2] NAVARRO, D., “Controlador Lógico Programable (PLC). Curso Tutorial.”. Trabajo Para Ascender a la Categoría de Profesor Agregado Universidad de Oriente (2001).

- [3] ESCALONA, J., “Automatización del Sistema de Medición de Gas en una Estación de Descarga y del Separador de una Estación de Flujo en una Compañía de Exploración y Producción de Petróleo y Gas”. Trabajo de Grado. Universidad de Oriente (2008).

- [4] HERRERA, R., “Ingeniería Básica y de Detalle para la Actualización Tecnológica de los Paneles de Control del Sistema de Aire para Instrumentos/Servicio y de los Compresores de Tope de la Planta de Extracción San Joaquín”. Trabajo de Grado. Universidad de Oriente (2001).

- [5] HIDALGO, L., “Mejoras en la Capacidad de Intercambio de Señales entre un Controlador lógico Programable y un Sistema de Detección y Mitigación de Fuego”. Trabajo de Grado. Universidad de Oriente (2007).

- [6] RIVERA, N., “Automatización del sistema de Medición de Gas en una Estación de Descarga y del Separador de una Estación de Flujo en una

Compañía de Exploración y Producción de Petróleo y Gas”. Trabajo Especial de Grado. Universidad de Oriente (2006).

[7] ARIAS, F [2001]. “Mitos y Errores en la Elaboración de Tesis y Proyectos de Investigación”. Caracas: Editorial Episteme, c.a. 2ª Edición.

[8] GARRIDO, A., “Estudio de confiabilidad y disponibilidad del sistema de parada de Emergencia de la Planta de Extracción San Joaquín E Ingeniería Básica Para el reemplazo de la Lógica de Control por un Sistema Electrónico con Capacidad de Redundancia y Auto diagnostico”. Trabajo Especial de Grado. UNEFA (2001).

[9] Proyecto Expansión de la Planta de Metanol de Oriente, METOR S. A Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural (EsiASC). Enero 2007.

[10] Manual de instrucciones para usuarios del DSC. Septiembre 2008.

[11] <http://www.ab.com/>. (2008).

[12] ALLEN B., “FactoryTalk View SE Programming”. Publicación ABT-CCV207-TIM -- Mayo 2008.

[13] ALLEN B., “Factorytalk View Site Edition User’s Guide I”. Publicación UM004E-EN-E–August 2007.

[14] ALLEN B., “1785-KE Data Highway Plus RS-232-C”. Publicación 1770-6.5.16- February 1989.

- [15] ALLEN B., "Controladores Logix. Manual de Usuario". Publicación 1756-QR107C-ES-P - Junio 2005.
- [16] ALLEN B., "1769-HSC Compact I-O High Speed Counter Module". Publicación 1769-IN030A-EN-P - December 2001.
- [17] <http://www.depeca.uah.es/IT-INF/ctr-eco/Tema4.pdf> (2008).
- [18] <http://instrumentacionunexpo.blogspot.com/ingenieriabas.html> (2008).
- [19] <http://domino.automation.rockwell.com>. (2008).
- [20] http://www.unicrom.com/cmp_red_lan.asp. (2008).
- [21] BERNAY, D., "Diseño de un Sistema Automatizado para la Supervisión y Control a Distancia de Residencias Empleando Tecnología Inalámbrica". Trabajo de Grado. Universidad de Oriente (2005).

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

TÍTULO	“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA CARGA DE BUQUES Y CISTERNA EN LA PLANTA METANOL DE ORIENTE METOR, S.A. COMPLEJO PETROQUÍMICO JOSÉ ANTONIO ANZOÁTEGUI. EDO. ANZOÁTEGUI”
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
GARCÍA Q. , ANTONIO J.	CVLAC: 16.852.123 E MAIL: antonio.jgarcia@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

MONITOREO

CONTROL

CARGA DE BUQUES

PLC

DSC

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	INGENIERÍA ELÉCTRICA

RESUMEN (ABSTRACT):

El presente trabajo de aplicación profesional fue desarrollado en el Complejo Petroquímico Jose Antonio Anzoátegui, en la empresa Metanol de Oriente, Metor S.A, el mismo tuvo como propósito el desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo y control para el despacho de metanol. Esta alternativa de control pretende mantenerse temporalmente durante el período en que la empresa realiza una parada de planta para un mantenimiento mayor de la misma. Actividad durante la cual se hará el reemplazo del sistema de control distribuido (DCS) Yokogawa Centum XL, por el modelo Centum CS3000, así como también se llevará a cabo el proceso de expansión de la planta. Por lo tanto durante este tiempo, se requiere garantizar el despacho de metanol de manera confiable y segura por vía marítima y terrestre. Dicho sistema de control temporal se compondrá por un PLC de última generación existente en la planta y equipos de comunicación empleados por el antiguo DSC.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / EMAIL				
Ing. Verena Mercado	ROL	CA	AS	TU X	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL	verenamercado@yahoo.com			
	E_MAIL				
Ing. Margarita Heraoui	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Dr. Félix García	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2.009	07	23
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE: SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Tesis. sistema de monitoreo y control.doc	APPLICATION/WORD

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I J K L M N O
P Q R S T U V W X Y Z . a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z . 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 .

ALCANCE

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

INGENIERO ELECTRICISTA

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

PREGRADO

ÁREA DE ESTUDIO:

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

INSTITUCIÓN:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**DERECHOS**

*De acuerdo con el Artículo 44 del reglamento de trabajos
de grado de la Universidad de Oriente:*

**“LOS TRABAJOS DE GRADO SON PROPIEDAD DE LA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SÓLO PODRÁN SER
UTILIZADOS PARA OTROS FINES CON EL
CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO
RESPECTIVO, QUIEN LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO
UNIVERSITARIO”**

AUTORES

BR. ANTONIO GARCÍA

TUTOR

PROF. VERENA MERCADO.

JURADO

PROF. MARGARITA HERAOUI

JURADO

PROF. FÉLIX GARCÍA

POR LA SUBCOMISION DE TESIS

PROF. VERENA MERCADO