



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

AUTOR: JONATHAN DAVID REINOSO QUIROZ.

**TEMA: ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA SCADA Y DE
CONTROL PARA LOS REACTORES MQ5 Y MQ6 DE LA
PLANTA DE PINTURAS CONDOR, SHERWIN WILLIAMS
ECUADOR**

DIRECTOR: ING. PROAÑO, VÍCTOR.

SANGOLQUÍ, 2015.

CERTIFICACIÓN

Ing. Víctor Proaño

Certifican:

Que el trabajo titulado: ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA SCADA Y DE CONTROL PARA LOS REACTORES MQ5 Y MQ6 DE LA PLANTA DE PINTURAS CONDOR, SHERWIN WILLIAMS ECUADOR, fue realizado en su totalidad por la Sr JONATHAN DAVID REINOSO QUIROZ como requerimiento parcial a la obtención del título de INGENIERA ELECTRÓNICA EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL.

17 DE JULIO DEL 2015



Jonathan Reinoso



Ing. Víctor Proaño
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

JONATHAN DAVID REINOSO QUIROZ

Declaro que:

El proyecto de investigación denominado ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA SCADA Y DE CONTROL PARA LOS REACTORES MQ5 Y MQ6 DE LA PLANTA DE PINTURAS CONDOR, SHERWIN WILLIAMS ECUADOR, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando los derechos intelectuales de terceros, conforme a las citas que constan en el texto cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consiguientemente este trabajo es de mi autoría.

SANGOLQUÍ, 17 DE JULIO DEL 2015



Jonathan Reinoso

AUTORIZACIÓN

JONATHAN DAVID REINOSO QUIROZ.

Autorizo que:

El proyecto de investigación denominado ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA SCADA Y DE CONTROL PARA LOS REACTORES MQ5 Y MQ6 DE LA PLANTA DE PINTURAS CONDOR, SHERWIN WILLIAMS ECUADOR, sea publicado en la biblioteca virtual de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

SANGOLQUÍ, 17 DE JULIO DEL 2015



Jonathan Reinoso

DEDICATORIA

Con todo mi cariño y mi amor a Dios mi guía bajo el cielo, mi fortaleza en medio de la debilidad, a mi mayor bendición mis padres Edgar Reinoso y Anita Quiroz y mi hermano Pablo Reinoso por su paciencia, comprensión y amor, pues hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, a mi novia Alexandra por darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento eterno.

Jonathan Reinoso

AGRADECIMIENTOS

A Dios mi guía, mi fortaleza, mi corazón agradecido por la vida, la inteligencia y la sabiduría para saber actuar en cada etapa y permitirme llegar a cumplir un objetivo en mi formación académica.

A mis padres Edgar y Anita y mi hermano Pablo, que me han formado como un hombre de éxito.

A mi novia Alexandra mi estrecha colaboradora.

Al Ing. Víctor Proaño y al Ing. Hugo Ortiz que han colaborado en el presente trabajo por su motivación, apoyo, ánimo y la confianza en mí depositada, por compartir conmigo sus lecciones y experiencias, formándome como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida. Gracias por su amistad.

A mis amigos gracias por formar parte de mi camino, por su apoyo y ayuda incondicional.

CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iv
AUTORIZACIÓN	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.4. ALCANCE DEL PROYECTO.....	5
CAPÍTULO II	7
2. ANTIGUO SISTEMA DE CONTROL	7
2.1. CONTROL DE PROCESO REACTOR MQ6	7
2.2. CONTROL DE PROCESO REACTOR MQ5	16
2.3. MOTORES Y VÁLVULAS.....	24
2.4. TANQUES MEZCLADORES.....	27
CAPÍTULO III	29
3. INGENIERÍA BÁSICA	29
3.1. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS PELIGROSAS.....	29
3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y FILOSOFÍA DE OPERACIÓN.....	30
3.3. DIAGRAMA P&ID	38
3.4. DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESOS	40
3.5. SELECCIÓN DE HARDWARE Y SOFTWARE	42
3.6. ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL.....	49
CAPÍTULO VI	51
4. INGENIERÍA DE DETALLE	51

4.1. <i>HARDWARE</i>	51
4.2. <i>SOFTWARE</i>	71
CAPÍTULO V	99
5. PRUEBAS Y RESULTADOS	99
5.1. <i>PRUEBAS DE CONEXIONES ELÉCTRICAS</i>	99
5.2. <i>RESULTADOS</i>	106
CAPÍTULO VI	108
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
6.1. <i>CONCLUSIONES</i>	108
6.2. <i>RECOMENDACIONES</i>	109
CAPÍTULO VII	110
7. BIBLIOGRAFÍA	110
ANEXOS	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de áreas peligrosas	29
Tabla 2 Detalle de control de las fases de las recetas de resinas.....	36
Tabla 3 Nomenclatura P&ID MQ6	39
Tabla 4 Nomenclatura P&ID MQ5	39
Tabla 5 Elementos regleta X0, tablero de control MQ5	55
Tabla 6 Elementos regleta X1, tablero de control MQ5	56
Tabla 7 Elementos regleta X2, tablero de control MQ5	57
Tabla 8 Elementos regleta X2, tablero de control MQ5	58
Tabla 9 Señales de campo, PLC reactor MQ5	65
Tabla 10 Secciones, PLC reactor MQ5	75
Tabla 11 Opciones de la pantalla del Proceso del Reactor MQ5.	82
Tabla 12 Submenú de Navegación de la ventana del proceso del Reactor MQ5.....	83
Tabla 13 Opciones de la Ventana de Tendencias del Proceso MQ5	88
Tabla 14 Opciones de la Pantalla del Proceso del Reactor MQ6.....	91
Tabla 15 Submenú de Navegación de la ventana del proceso del Reactor MQ6.....	91
Tabla 16 Opciones de la Pantalla de Tendencias del Proceso MQ6	94
Tabla 17 Pruebas modo de operación del reactor MQ6	101
Tabla 18 Pruebas modo de operación del reactor MQ5	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Planta Pinturas Condor	1
Figura 2 Reactor MQ5 y MQ6	2
Figura 3 PLC Modicon Premium TSX P57-104M, Reactor MQ6	3
Figura 4 PLC Modicon 984-A120, Reactor MQ5.....	4
Figura 5 Esquema general MQ6.....	8
Figura 6 Tanque TQ_02, Reactor MQ6	10
Figura 7 Tanque TQ_01, Reactor MQ6	10
Figura 8 Tolva TLV_01, Reactor MQ6	11
Figura 9 Agitador Reactor MQ6	11
Figura 10 Tanque Separador, Reactor MQ6	13
Figura 11 Manhole	14
Figura 12 Camisas, Reactor MQ6	14
Figura 13 Caldero	15
Figura 14 Torres de enfriamiento	16
Figura 15 Esquema general MQ5.....	18
Figura 16 Tanque de Monómeros TQ3, Reactor MQ5	19
Figura 17 Agitador del Reactor MQ5	21
Figura 18 Tanque de Oxidantes TQ1, Reactor MQ5	22
Figura 19 Tanque de Reductores TQ1, Reactor MQ5	23
Figura 20 Reactor MQ6.....	27
Figura 21 Reactor MQ5.....	28
Figura 22. Clasificación de áreas peligrosas	30
Figura 23 Tablero de control Reactor MQ6, mando MQ6.....	31
Figura 24 Tablero de control de Válvulas, Reactor MQ5	34
Figura 25 Tablero de control Reactor MQ6, mando MQ5.....	35
Figura 26 Curvas Ideales de Temperatura de las recetas de Resinas del Reactor MQ5	38
Figura 27 Diagrama de flujo Reactor MQ5	40
Figura 28 Diagrama de flujo Reactor MQ5	41
Figura 29 Características principales del PLC MODICON 340.....	42
Figura 30. Switch MOXA EDS-308	43
Figura 31. ODF Furukawa	44
Figura 32. UPS 1.5 KVA SURTA	45
Figura 33. Distribuidor de entradas y salidas STB.....	46
Figura 34. Computadora LENOVO	47
Figura 35 Software Unity Pro	48
Figura 36 Software Intouch Wonderware	48
Figura 37. Arquitectura de Control del Reactor MQ5	50
Figura 38 Doble fondo, tablero de control MQ5.....	52
Figura 39 UPS y ODF, tablero de control MQ5	53
Figura 40 PLC, tablero de control MQ5	54

Figura 41 Regleta X0, tablero de control MQ5	54
Figura 42 Regleta X1, tablero de control MQ5	55
Figura 43 Regleta X2, tablero de control MQ5	56
Figura 44 Regleta X3, tablero de control MQ5	58
Figura 45 Regleta X4, X5, X6 y X7, tablero de control MQ5	59
Figura 46 Distribución regleta X4, X5, X6 y X7, tablero de control MQ5	60
Figura 47 Tablero de control del reactor MQ5	61
Figura 48 STB, reactor MQ6.....	62
Figura 49 Rack de comunicaciones.....	63
Figura 50 Rack de comunicaciones concluido	64
Figura 51 Recorrido fibra óptica vista aérea	71
Figura 52 Representación de una sección FBD	72
Figura 53 Nuevo Proyecto, Unity Pro	72
Figura 54 Configuración, Unity Pro.....	73
Figura 55 Nueva sección, Unity pro.....	73
Figura 56 Sección FBD, Unity Pro	74
Figura 57 Secciones, PLC reactor MQ5.....	74
Figura 58 SCADA antiguo reactor MQ5	77
Figura 59 SCADA antiguo reactor MQ6	78
Figura 60 Estructura de navegación de las pantallas del sistema SCADA	79
Figura 61 Pantalla de acceso.	80
Figura 62 Menú Inferior de Navegación (a) Menú cuando MQ5 y MQ6 se encuentran desactivados, (b) Menú cuando MQ5 ha sido seleccionado, (c) Menú cuando MQ6 ha sido seleccionado	81
Figura 63 Pantalla del Proceso del Reactor MQ5	84
Figura 64 Ventana Confirmación de Petición de Inicio de Proceso	84
Figura 65 Ventana Confirmación de Petición de Finalización de Proceso	85
Figura 66 Ventana de Fases del Reactor MQ5.....	85
Figura 67 Ventana para seleccionar receta del Reactor MQ5	86
Figura 68 Arquitectura de Control del Upgrade del Reactor MQ5.....	86
Figura 69 Pantalla de Alarmas del Reactor MQ5	87
Figura 70 Pantalla de Tendencias del Reactor MQ5.....	89
Figura 71 Ventana de Tablas del Proceso del Reactor MQ5	89
Figura 72 Registros de los datos de cada producción del Reactor MQ5	90
Figura 73 Pantalla del Proceso del Reactor MQ6	92
Figura 74 Ventana de Fases del Proceso del Reactor MQ6	92
Figura 75 Ventana de Alarmas del Reactor MQ6	93
Figura 76 Ventana de Tendencias del Reactor MQ6	95
Figura 77 Registros de los datos de cada producción del Reactor MQ6.....	95
Figura 78 Pantalla de Solventes del Reactor MQ6	96
Figura 79 Ventana de Tanque de Xileno que incluye el Reactor MQ6	96
Figura 80 Pantalla de Tanque 01 del Reactor MQ6	97

Figura 81 Pantalla de Tanque 02 del Reactor MQ6.....	98
Figura 82 Calibración Sensor de temperatura reactor MQ5	104
Figura 83 Receta Viva	105
Figura 84 Receta Elasthane	105

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A Diagrama P&ID Reactor MQ6
ANEXO B Diagrama P&ID del reactor MQ5.
ANEXO C1 Selector UPS.
ANEXO C2 Alimentación tablero de control
ANEXO C3 Alimentación módulos de entrada del PLC
ANEXO C4 Conexiones eléctricas generales
ANEXO C5 Alimentación de equipos de campo
ANEXO D1 Entradas discretas del PLC
ANEXO D2 Entradas/salidas discretas del PLC
ANEXO D3 Salidas discretas del PLC
ANEXO D4 Entradas análogas del PLC
ANEXO E1 Bomba de agua #1
ANEXO E2 Bomba de agua #2
ANEXO E3 Torre de enfriamiento 1
ANEXO E4 Torre de enfriamiento 2
ANEXO E5 Bomba de VAM
ANEXO E6 Bomba de BUTIL

ANEXO E7 Bomba de agua desmineralizada

ANEXO E8 Bomba de enfriamiento MQ6

ANEXO E9 Agitador de Monómeros

ANEXO E10 Agitador MQ5

ANEXO E11 Agitador Oxidantes

ANEXO E12 Agitador Monómeros

ANEXO E13 Válvula de VAM

ANEXO E14 Válvula de BUTIL

ANEXO E15 Válvula de Vapor Nivel 3

ANEXO E16 Válvula de Vapor Nivel 2

ANEXO E17 Válvula de Vapor Nivel 1

ANEXO E18 Válvula de Recirculación de Agua Nivel 3

ANEXO E19 Válvula de Recirculación de Agua Nivel 2.

ANEXO E20 Válvula de Recirculación de Agua Nivel 1

ANEXO E21 Válvula de Recirculación de Vapor Nivel 3

ANEXO E22 Válvula de Recirculación de Vapor Nivel 2.

ANEXO E23 Válvula de Recirculación de Vapor Nivel 1.

ANEXO E24 Válvula de Vapor Agua 3.

ANEXO E25 Válvula de Vapor Agua 2.

ANEXO E26 Válvula de Vapor Agua 1.

ANEXO E27 Transmisor de temperatura.

ANEXO E28 Variador de Frecuencia.

ANEXO E29 Arrancador Progresivo.

ANEXO E30 Diagrama de Fuerza de Motores.

ANEXO F1 Sección Motores

ANEXO F2 Sección válvulas

ANEXO F3 Sección Receta1

ANEXO F7 Sección Semiautomático

ANEXO F8 Sección Datos ideales curvas

ANEXO F9 Sección Tiempos de Activación

ANEXO F10 Sección Eventos

ANEXO F11 Sección Alarmas

RESUMEN

El presente proyecto se realizó en la planta de Pinturas Condor exclusivamente en el área de resinas donde se elaboran distintos tipos de resinas las cuales son usadas para la fabricación de lacas, sistemas catalizados al ácido y esmaltes horneables. Los sensores y actuadores utilizados en los reactores MQ5 y MQ6 para la producción de resina, al cumplir con su vida útil o debido a fallas ya sean eléctricas o mecánicas son reemplazados o retirados. Debido a este factor y a la utilización de nuevo software y equipos más robustos disponibles para esta área, se crea la necesidad de modernizar el sistema SCADA de los reactores MQ5 y MQ6 y realizar la migración del sistema de control del reactor MQ5. El tablero de control que se instaló en campo contiene los equipos necesarios para el control del Reactor MQ5, tal como un PLC Modicon M340, un transformador de 110v a 24v, un switch industrial, relés, etc., para el control; este tablero está conectado con las señales eléctricas de control de válvulas, bombas y motores para de ésta manera arrancarlos o pararlos cuando sea necesario. En el sistema SCADA se elaboró un rediseño y configuración de las HMIs nuevas y adicionales, basándose en la HMIs que se encuentran operando actualmente. Motivo por el cual se obtuvo un sistema SCADA amigable e intuitivo para el operador. En el sistema SCADA, como en el sistema de control del reactor MQ5 se incluyó las recetas para la elaboración de nuevas resinas, así como sus modos de operación manual y semiautomática.

PALABRAS CLAVES:

- **RESINA**
- **SISTEMA DE CONTROL**
- **PLC**
- **SISTEMA SCADA**
- **HMI**

ABSTRACT

This project was conducted in the plant Condor paints exclusively in the area of resins where different types of resins which are used for the manufacture of lacquers are made, acid catalyzed systems and baking enamels. Sensors and actuators used in MQ5 and MQ6 reactors for the production of resin, to meet their service or due to failures either electrical or mechanical are replaced or retired. Because of this factor and the use of new software and more robust equipment available for this area, is created the need to modernize the SCADA system of the MQ5 and MQ6 reactors and the migrate of the control system of the MQ5 reactor. The control board that was installed in field contains the equipment necessary to control MQ5 Reactor, such as a Modicon M340 PLC, a transformer 110v to 24v, industrial switch, relays, etc., for control; this board is connected to the electrical control signals of valves, pumps and motors for this way start or stop them when necessary. In the SCADA was developed system redesign and configuration of new and additional HMIs, based on the HMIs that are currently operating. Why a friendly and intuitive for the operator SCADA system was obtained. Reason for it was obtained a friendly and intuitive for the operator of the SCADA system. In the SCADA system, and control system of the MQ5 reactor is included recipes for the development of new resins, as well as their modes of manual and semi-automatic operation.

KEYWORDS:

- **RESIN**
- **CONTROL SYSTEM**
- **PLC**
- **SCADA SYSTEM**
- **HMI**

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La planta de Pinturas Condor (figura 1) ubicada en el antiguo parque industrial al sur de la ciudad de Quito, se dedica al diseño, fabricación y comercialización de pinturas, barnices, resinas, solventes y productos afines; las cuales son utilizadas en cualquier tipo de superficies desde ambientes industriales, madereros, automotrices hasta los residenciales.



Figura 1 Planta Pinturas Condor

Pinturas Condor posee un área especializada para la producción de resinas, en la cual se elaboran los diferentes tipos de resinas y donde se realizan los respectivos controles de calidad, las resinas producidas son usadas para la fabricación de lacas, sistemas catalizados al ácido y esmaltes horneables.

En el área de resinas se dispone de varios tanques de gran capacidad conocidos como reactores por las reacciones químicas y cambios de temperatura producidas en su interior durante las diferentes etapas de la elaboración de las resinas, en dichos reactores se realiza la adición y mezcla de la materia prima con los productos químicos necesarios para la producción de resina.

En los reactores MQ5 y MQ6 (figura 2) de 8 toneladas cada uno se elaboran resinas, las cuales son producidas en los reactores mediante el funcionamiento en

conjunto de cisternas de enfriamiento, calderos, condensador, tolva, tanques de agua, reguladores de PH, separadores, así como motores, bombas, válvulas, válvulas neumáticas, servo-válvulas y sensores/transmisores de temperatura y de flujo.



Figura 2 Reactor MQ5 y MQ6

Los reactores MQ5 y MQ6 ubicados en el área de resinas poseen sistemas SCADAs donde se realiza el control y monitorización de: temperaturas, ingreso de materias primas, agitación de los tanques y reactores y el seguimiento de las fases de producción.

La temperatura de los reactores es controlada mediante controladores lógicos programables (PLCs) los cuales realizan el encendido/apagado de bombas y la apertura/cierre de electroválvulas; permitiendo de esta manera el ingreso de vapor de agua proveniente de un caldero para el calentamiento del reactor o el ingreso de agua proveniente de cisternas para el enfriamiento del reactor.

Los sensores y actuadores utilizados en los reactores MQ5 y MQ6 para la producción de resina, al cumplir con su vida útil o debido a fallas ya sean eléctricas o mecánicas son debidamente reemplazados o retirados según amerite el caso por el

departamento de mantenimiento de Pinturas Condor. Debido a este factor y a la utilización de nuevo software y equipos más robustos disponibles por el gran desarrollo tecnológico que existe en esta área, se crea la necesidad de modernizar el sistema SCADA y realizar la migración del sistema de control.

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El software utilizado en la creación del HMI del SCADA (Intouch v9.5) para los reactores MQ5 y MQ6 así como los equipos utilizados para la visualización de los mismo se han venido tornando obsoletos, motivo por el cual se requiere una actualización del HMI del sistema SCADA a una versión más reciente (Intouch v10.5), así como el remplazo de los computadores con las especificaciones necesarios para poder ejecutar el nuevo Sistema SCADA.

El sistema de control del reactor MQ6 se implementó en el año 2007, en un PLC Modicon Premium TSX P57-104M (figura 3) marca Schneider Electric. Él mismo se encuentra trabajando de manera adecuada por lo que no necesita ser reemplazado.



Figura 3 PLC Modicon Premium TSX P57-104M, Reactor MQ6

El sistema de control del reactor MQ5 se implementó en el año de 1998, en un PLC Modicon 984-A120 (figura 4) marca Schneider Electric. Él mismo se encuentra obsoleto y presenta fallos en su funcionamiento por lo cual es necesario realizar una migración urgente del sistema de control.



Figura 4 PLC Modicon 984-A120, Reactor MQ5

La importancia del proyecto consiste en que es necesario garantizar la continuidad operativa de la producción de resina en los reactores MQ5 y MQ6 mediante la confiabilidad de los sistemas SCADAs y de control, en los cuales no exista ningún tipo de fallo o de error en el transcurso de la producción de resina.

Al realizar una correcta capacitación a los operarios del nuevo sistema SCADA, estos podrán reducir tiempos de producción al realizar la producción de resina en modo Semiautomático, ya que por falta de confiabilidad en los actuales sistemas se los maneja únicamente en modo manual.

De esta manera se reducirá de forma drástica los lotes perdidos y paros de producción innecesarios, gracias a las alarmas y advertencias que tendrá el nuevo sistema SCADA. Obteniendo de esta manera una mayor posibilidad de que la empresa utilice el máximo de su capacidad instalada en la elaboración de resinas en los reactores MQ5 y MQ6.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

- Actualizar el sistema SCADA y de control para los reactores MQ5 y MQ6 de la planta de Pinturas Condor, Sherwin Williams Ecuador.

1.3.2. Específicos

- Realizar el levantamiento de señales de control del tablero antiguo con el cual funcionaba el reactor MQ5.

- Diseñar e implementar la lógica de control en el PLC para el control de temperatura y seguimiento de las recetas del Reactor MQ5.
- Rediseñar e implementar las HMIs del sistema SCADA para la supervisión de las señales de monitoreo y control de los reactores MQ5 y MQ6.
- Efectuar pruebas del sistema SCADA y del sistema de control implementados en los reactores MQ5 y MQ6.

1.4. ALCANCE DEL PROYECTO

En primera instancia se partirá con la migración del sistema de control del reactor MQ5, para lo cual se reemplazara todo su tablero de control y se mantendrá el tablero de fuerza.

Es necesario realizar el levantamiento de señales del tablero de control actual, para poder conocer con precisión todas las señales que se encuentran habilitadas ya que algunos dispositivos fueron retirados, reemplazados o adicionados en campo y no existe la debida documentación de la misma.

El tablero de control que se instalará en campo contendrá los equipos necesarios para el control del Reactor MQ5, tal como un PLC Modicon M340, un transformador de 110v a 24v, un switch industrial, relés, etc., para el control; este tablero estará conectado con las señales eléctricas de control de válvulas, bombas y motores para de ésta manera arrancarlos o pararlos cuando sea necesario.

En el cuarto de control de la sala de resinas se instalará un Rack de comunicaciones en el cual constará un servidor, dos CPU, un UPS, un ODF, etc. Este permitirá la comunicación entre los equipos de campo, los PLCs y las PCs para que mediante el sistema de adquisición de datos se pueda realizar un control remoto y local.

La red de comunicación a utilizarse es una red tipo anillo implementada mediante fibra óptica, este es un bucle que comienza y termina en la misma central,

que será el cuarto de control de la planta de resinas, teniendo una comunicación de los reactores MQ5 y MQ6 en la misma red.

En el sistema SCADA se elaborará un rediseño y configuración de las HMIs nuevas y adicionales, basándose en la HMIs que se encuentran operando actualmente en los reactores MQ5 y MQ6. Motivo por el cual se obtendrá un sistema SCADA amigable e intuitivo para el operador y de esta manera pueda se realizar la supervisión y control de cada sistema individualmente y de las variables que influyen en él

En el sistema SCADA, como en el sistema de control del reactor MQ5 se incluirá las recetas para la elaboración de nuevas resinas, así como sus modos de operación manual y semiautomática.

Se realizará los diagramas, los planos de revisión y los planos As Built y documentación requerida en el transcurso de la realización del proyecto, los cuales deben ser elaborados de acuerdo a las normas y códigos vigentes de la NEC, ISA, IEE.

Los tableros serán instalados en base a la Norma NFPA 70E en la cual los requisitos de equipos eléctricos y alambrado se encuentran en la clase I, división 1 de lugares peligrosos.

CAPÍTULO II

2. ANTIGUO SISTEMA DE CONTROL

2.1. CONTROL DE PROCESO REACTOR MQ6

En el reactor MQ6 se fabrica la resina urea-formaldehído, esta es un tipo de resina o adhesivo cuya principal propiedad es que una vez moldeada, no se ablanda con el calor, sino que se endurece debido a su estructura interna generada. Estas resinas se utilizan en adhesivos, acabados, tableros de densidad media y objetos moldeados.

En el proceso de fabricación de resina urea-formaldehído, la planta cuenta con varios tanques adicionales al reactor MQ6. Dos de estos tanques son utilizados para realizar la premezcla de materias primas. Estas materias primas son trasvasadas mediante un conjunto de bombas desde los tanques de almacenamiento de materias primas.

Los tanques de premezcla poseen agitadores mediante los cuales se realiza la homogenización de las materias primas. Al concluir las mezclas de las materias primas se produce un producto diferente el cual es trasvasado al reactor MQ6.

En el reactor MQ6 se dosifica el producto terminado de los tanques de premezcla y se realiza la homogenización de estos productos mediante el agitador del reactor.

Al realizar el trasvase hacia el reactor se producen variaciones de temperatura en él. Las que son controladas mediante un sistema de tuberías las cuales provienen de unas torres de enfriamiento para hacer circular agua en el reactor y enfriarlo o de una caldera la cual produce vapor de agua para calentar el reactor.

Adicionalmente se cuenta con un condensador que es encargado de convertir el vapor generado en el interior de reactor en líquido. Este líquido es transportado a un tanque separador el cual separa el agua formada por la reacción química de la resina.

En la figura 5 se presenta el esquema general del proceso de fabricación de resina del reactor MQ6.

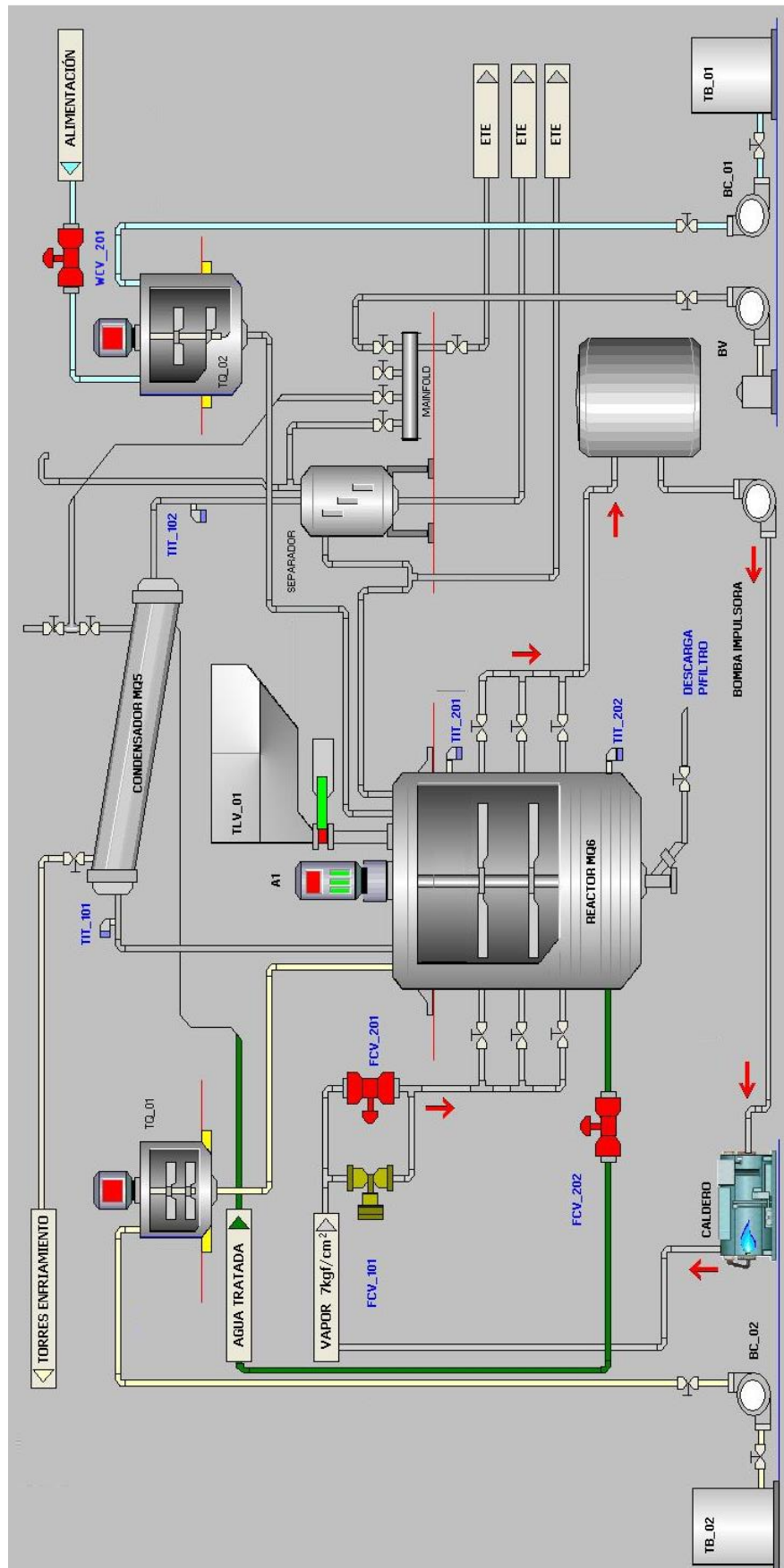


Figura 5 Esquema general MQ6

Para la obtención de los niveles de pureza y viscosidad necesarios en el proceso de la fabricación de resina urea- formaldehído se debe cumplir con las siguientes fases:

- Carga de butanol
- Carga de paraformaldehído
- Agitación del reactor MQ6
- Carga de urea y regulador de PH básico
- Carga de regulador de PH ácido
- Salida de agua
- Carga de xileno
- Descarga de resina
- Control de temperatura Calentamiento/Enfriamiento

2.1.1. CARGA DE BUTANOL

El butanol es un líquido incoloro, es conocido como un agente deshidratante en destilaciones. Se usa como solvente para la fabricación de explosivos a base de nitrocelulosa y para la extracción de diversas grasas, aceites, ceras y resinas.

La carga de butanol es realizada desde unos tanques de almacenamiento hacia el tanque TQ_02 (figura 6) mediante una válvula neumática WCV_201 para posteriormente ser descargada hacia el reactor MQ6. El proceso de carga de butanol debe ser completado en dos partes para alcanzar la cantidad de butanol en el reactor MQ6 requerida por la receta.

En el tanque TQ_01 (figura 7) el operador deposita una cierta cantidad de butanol de forma manual y ácido fosfórico desde el tanque de almacenamiento BC_02, los cuales se mezclarán y formarán el regulador de PH ácido que será descargado posteriormente en el reactor MQ6.



Figura 6 Tanque TQ_02, Reactor MQ6



Figura 7 Tanque TQ_01, Reactor MQ6

2.1.2. CARGA DE PARAFORMALDEHÍDO

El paraformaldehído se encuentra como polvo cristalino blanco con olor acre, se descompone al calentarlo a altas temperaturas y reacciona con oxidantes, ácidos y bases fuertes para producir resinas.

Una vez completada la descarga de butanol en el reactor MQ6, se procede a la descarga manual por el operador del paraformaldehído dentro de la tolva TLV_01 (figura 8). Al completar la cantidad necesaria de paraformaldehído en la tolva el

operario por medio de una palanca activa la válvula de la cuchilla de la tolva permitiendo el ingreso del paraformaldehído al reactor MQ6.



Figura 8 Tolva TLV_01, Reactor MQ6

2.1.3. AGITACIÓN DEL REACTOR MQ6

Paralelamente a la carga de paraformaldehído, el motor A1 (figura 9) del agitador del reactor MQ6 es activado de forma manual por el operador. El agitador debe permanecer encendido hasta la fase final del proceso de fabricación de la resina a una velocidad de 90 rpm.



Figura 9 Agitador Reactor MQ6

2.1.4. CARGA DE UREA Y REGULADOR DE PH BÁSICO

La urea es un compuesto cristalino incoloro, debido a su alto contenido en nitrógeno se la utiliza en la fabricación de fertilizantes agrícolas, se usa también como estabilizador en explosivos y es un componente básico de resinas preparadas sintéticamente.

Al finalizar la carga de paraformaldehído y una fase de calentamiento a 70 °C del reactor MQ6 con el sistema de control de temperatura, se procede a la descarga de urea dentro de la tolva TLV_01. De igual manera que en la fase de carga de paraformaldehído al completar la cantidad necesaria de urea en la tolva el operador activa la válvula de la cuchilla de la tolva permitiendo el ingreso del urea al reactor MQ6.

Después de la descarga de urea al reactor MQ6 se le añade al reactor el regulador de PH básico. Produciendo de esta manera la reacción exotérmica dentro del reactor, la reacción desprende energía calorífica produciendo el aumento de la temperatura dentro del reactor.

2.1.5. CARGA DE REGULADOR DE PH ÁCIDO

Al finalizar la carga de urea y regulador de PH básico se realiza una fase de control de temperatura de calentamiento a 95 °C y posteriormente luego de 25 minutos una de enfriamiento a 80 °C.

Una vez alcanzada la temperatura a 80 °C se procede a la descarga del regulador de PH ácido (almacenado en tanque TQ_01 en la fase de carga de butanol) mediante la apertura de válvulas manuales que permiten el paso del regulador al reactor MQ6.

2.1.6. SALIDA DE AGUA

Después de descargar el regulador de PH ácido en el reactor MQ6, se extrae el agua formada por la reacción química de la resina.

Los gases producidos en el reactor pasan por un condensador, el cual transforma los gases a su forma líquida y los envía hacia el tanque separador (figura 10). En el tanque separador el agua es separada del butanol por su densidad, retornando el butanol al reactor MQ6 y mediante una válvula manual de desfogue enviando el agua a un tanque de almacenamiento.



Figura 10 Tanque Separador, Reactor MQ6

La fase de salida de agua dura aproximadamente de seis a ocho horas.

2.1.7. CARGA DE XILENO

El xileno es un líquido incoloro, inflamable e insoluble en agua, se usa para la fabricación de insecticidas y pinturas, se utiliza también como solvente y en la síntesis de productos farmacéuticos.

Una vez finalizada la fase salida de agua, se realiza una fase de control de temperatura de enfriamiento a 60 °C, al alcanzar la temperatura en el reactor el xileno es añadido a la resina a través del manhole (figura 11) del tanque reactor y es mezclado durante 2 horas.



Figura 11 Manhole

2.1.8. DESCARGA DE RESINA

Al finalizar la fase de carga de xileno, la resina es descargada del reactor a envases por el operario mediante válvulas manuales que se encuentran ubicadas en la parte inferior del reactor.

2.1.9. CONTROL DE TEMPERATURA – CALENTAMIENTO

El proceso de control de temperatura puede ser operada en forma manual o semiautomática

El reactor MQ6 se calienta utilizando un tubo de calentamiento que rodea el exterior del reactor y se divide en tres partes llamadas camisas como se observa en la figura 12. Cuando circula vapor de agua dentro de las camisas la temperatura del tanque empieza a subir.



Figura 12 Camisas, Reactor MQ6

Para controlar el flujo de vapor de agua dentro del tubo de calentamiento se encuentran instaladas en paralelo una válvula neumática FCV_201 y una servo-válvula FCV_101 y válvulas manuales en las camisas.

La válvula neumática FCV_201 sirve para alcanzar un cierto valor de temperatura en el tanque mezclador.

La servo-válvula FCV_101 sirve para regular el caudal de vapor de agua en un lazo de histéresis con el fin de mantener la temperatura dentro de la tolerancia permitida del proceso (± 1 °C).

El vapor de agua se obtiene al hervir agua en un caldero industrial (figura 13) que sirve para calentar a los reactores MQ2, MQ5 y MQ6 y es enviado al tubo de calentamiento del tanque mezclador por medio de tuberías y válvulas manuales.



Figura 13 Caldero

2.1.10. CONTROL DE TEMPERATURA – ENFRIAMIENTO

El reactor MQ6 se enfría utilizando un serpentín que se encuentra en el interior del reactor. Cuando circula agua dentro del serpentín la temperatura del tanque empieza a disminuir.

Para controlar el flujo de agua dentro del serpentín se encuentran instaladas una válvula neumática FCV_202 y válvulas manuales.

El agua fría proviene de un sistema de torres de enfriamiento (figura 14) que sirve para enfriar a los reactores MQ2, MQ5 y MQ6.



Figura 14 Torres de enfriamiento

2.2. CONTROL DE PROCESO REACTOR MQ5

En el reactor MQ5 se fabrica las resinas Elasthan, Viva, Lova 55-E y Acrilat501.

Las resinas elaboradas en el reactor son resinas de alto desempeño y de excelente resistencia a la abrasión. Están diseñadas para la fabricación de pinturas para interiores, exteriores, de tipo pigmentadas y de tipo satinado. A temperatura ambiente las resinas presentan excelente elasticidad, transparencia y brillo, estos productos por su alta adherencia a diferentes sustratos y resistencia al agua sirve para fabricar pinturas de alta calidad.

En el proceso de fabricación de resinas en el reactor MQ5, la planta cuenta con varios tanques adicionales al reactor MQ5. Tres de estos tanques son utilizados para realizar la premezcla de materias primas. Estas materias primas son trasvasadas mediante un conjunto de bombas desde los tanques de almacenamiento de materias primas o introducidas por el operador de forma manual.

Los tanques de premezcla poseen agitadores mediante los cuales se realiza la homogenización de las materias primas. Al concluir las mezclas de las materias primas se produce un producto diferente al interior de los tanques, el cual es trasvasado al reactor MQ5.

En el reactor MQ5 se dosifica agua desmineralizada y el producto terminado de los tanques de premezcla, durante la dosificación se realiza la homogenización de estos productos mediante el agitador del reactor.

Al realizar el trasvase hacia el reactor se producen variaciones de temperatura en él. Las que son controladas mediante un sistema de tuberías las cuales provienen de unas torres de enfriamiento para hacer circular agua en el reactor y enfriarlo o de una caldera la cual produce vapor de agua para calentar el reactor.

Adicionalmente se cuenta con un condensador que es encargado de convertir el vapor generado en el interior de reactor en líquido. Este líquido es regresado al reactor.

En la figura 15 se presenta el esquema general del proceso de fabricación de resina del reactor MQ5.

El reactor MQ5 no posee un control en el que se diferencien las distintas recetas de resinas fabricadas. Por lo cual se describe un proceso general para la obtención de los niveles de pureza y viscosidad necesarios en el proceso de fabricación de resina en el reactor MQ5

El proceso de fabricación de resinas debe cumplir con las siguientes fases:

- Carga de agua desmineralizada
- Carga de Vam
- Carga de Butil
- Mezcla de Monómeros
- Semilleo
- Agitación del reactor MQ5
- Reacción exotérmica
- Adición de catalizadores
- Eliminación de monómeros
- Descarga de resina

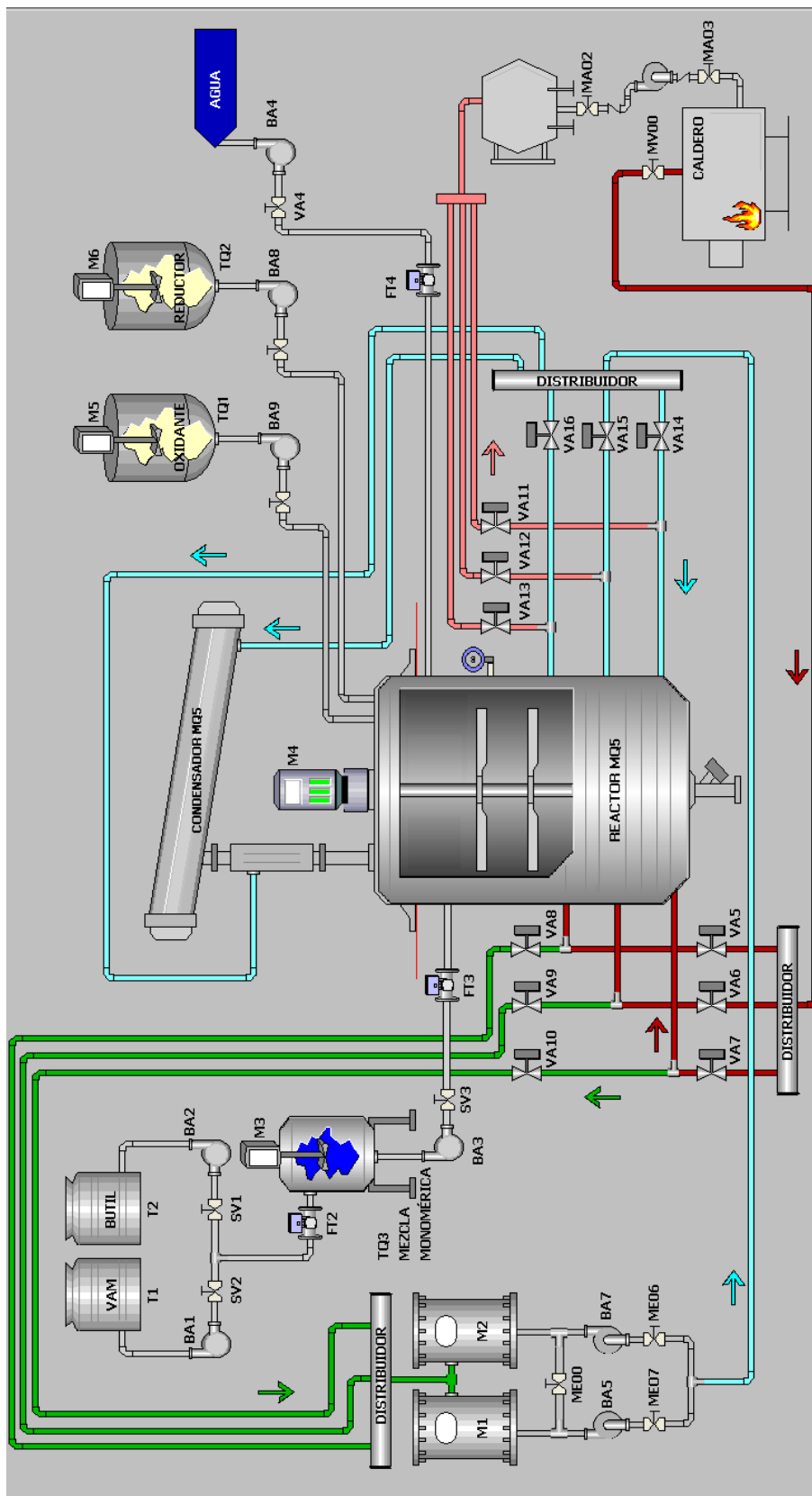


Figura 15 Esquema general MQ5

2.2.1. CARGA DE AGUA DESMINERALIZADA

La carga de agua desmineralizada es realizada de forma manual por el operador, desde unos tanques de almacenamiento hacia directamente al reactor MQ5 utilizando una bomba neumática y la válvula neumática VA4. Mediante el flujometro FT4 los operadores pueden saber el volumen total de agua desmineralizada que pasó hacia el reactor.

2.2.2. CARGA DE VAM

El monómero de acetato de vinilo (VAM) es un líquido inflamable, reactivo e incoloro parcialmente soluble en agua. Tiene un olor afrutado dulce en cantidades pequeñas, pero el olor puede volverse intenso e irritante a niveles más altos.

El acetato de vinilo es una sustancia química fundamental que se utiliza en la elaboración de una amplia variedad de resinas.

La carga de VAM es realizada de forma manual por el operador, desde unos tanques de almacenamiento hacia el tanque de monómeros TQ3 (figura 16), para luego ser mezclado con otra materia prima.



Figura 16 Tanque de Monómeros TQ3, Reactor MQ5

Para la descarga al tanque de monómeros se utiliza una bomba neumática BA1 y la válvula neumática SV2. Mediante el flujometro FT2 el operador determina el volumen de VAM que posee el tanque de monómeros.

2.2.3. CARGA DE BUTIL

Es un líquido solvente incoloro, con poca volatilidad y un olor característico frutal. Tiene excelentes características de solubilidad para polímeros, resinas, aceites y nitrato de celulosa. Es miscible con todos los solventes orgánicos comunes.

La carga de BUTIL es realizada de forma manual por el operador, desde unos tanques de almacenamiento hacia el tanque de monómeros TQ3 donde ya se encuentra la materia prima VAM, para la descarga al tanque de monómeros se utiliza una bomba neumática BA2 y la válvula neumática SV1. Mediante el flujometro FT2 el operador determina el volumen de VAM y BUTIL que posee el tanque de monómeros.

2.2.4. MEZCLA DE MONÓMEROS

Los monómeros son compuestos de bajo peso molecular que pueden unirse a otras moléculas pequeñas (ya sea iguales o diferentes) para formar macromoléculas de cadenas largas comúnmente conocidas como polímeros.

Una vez completada la descarga de VAM y BUTIL en el tanque TQ3 se procede a la homogenización de estas materias primas durante un lapso de tiempo establecido en las recetas mediante el agitador M3 del tanque de monómeros TQ3.

La mezcla de estas materias primas da como resultado la formación de los monómeros, compuesto que será utilizado para generar la reacción exotérmica en una fase posterior.

2.2.5. SEMILLEO

Una vez completada la fase de mezcla de monómeros y carga de agua desmineralizada se procede con el Semilleo, que consiste en el trasvase de la mezcla del tanque de monómeros al reactor MQ5 a un flujo constante el cual es establecido en la receta.

Para la realización de esta fase se contaba con un flujometro FT3 que ayudaba al operador a establecer el flujo determinado en la receta, pero debido al daño en el flujometro los operarios deben realizar esta operación manualmente.

El Semilleo tiene una duración aproximada de 8 a 10 horas.

2.2.6. AGITACIÓN DEL REACTOR MQ5

Paralelamente al semilleo, el motor del agitador (figura 17) del reactor MQ5 es activado de forma manual por el operador. El agitador debe permanecer encendido hasta la fase final del proceso de fabricación de la resina a una velocidad de 90 rpm.



Figura 17 Agitador del Reactor MQ5

2.2.7. REACCIÓN EXOTÉRMICA

Al igual que los procesos realizados en el reactor MQ6 el reactor MQ5 también genera un proceso de reacción exotérmica la cual debe ser controlada mediante el sistema de control de temperatura a 90 °C.

La reacción exotérmica se inicia durante la fase de Semilleo y finaliza en la fase de eliminación de monómeros

2.2.8. ADICIÓN DE CATALIZADORES

Al finalizar el Semilleo se realiza la adición de catalizadores y otras materias primas a través del manhole del tanque reactor, del tanque oxidante TQ1 (figura 18) o del tanque reductor TQ2 (figura 19).



Figura 18 Tanque de Oxidantes TQ1, Reactor MQ5



Figura 19 Tanque de Reductores TQ1, Reactor MQ5

Los tanques TQ1 y TQ2 poseen agitadores los cuales son activados de forma manual por los operadores.

En esta fase se debe tener en cuenta que todavía existe la reacción exotérmica por lo cual se debe mantener el sistema de control de temperatura.

2.2.9. ELIMINACIÓN DE MONÓMEROS

Para la eliminación de monómeros se debe enfriar el reactor mediante un sistema de control de temperatura a 65 °C aproximadamente.

2.2.10. DESCARGA DE RESINA

Al finalizar la fase de eliminación de monómeros, la resina es descargada del reactor al tanque de almacenamiento mediante válvulas manuales y una bomba neumática que se encuentran ubicadas en la parte inferior del reactor.

2.2.11. CONTROL DE TEMPERATURA – CALENTAMIENTO

El proceso de control de temperatura puede ser operada en forma manual o semiautomático.

El reactor MQ5 se calienta utilizando un tubo de calentamiento que rodea el exterior del reactor y se divide en tres camisas. A diferencia del reactor MQ6 por las camisas del MQ5 circula vapor de agua dentro de las camisas para subir la temperatura y circula agua dentro de las camisas para bajar la temperatura del reactor.

Para controlar el flujo de agua o de vapor de agua dentro del tubo de calentamiento se encuentran instaladas a la entrada y salida de cada camisa válvulas neumáticas y válvulas manuales en las camisas con las cuales se puede conseguir habilitar individualmente o todas las camisas. Estas válvulas se cierran cuando se va a realizar una fase de control de temperatura de enfriamiento.

2.2.12. CONTROL DE TEMPERATURA – ENFRIAMIENTO

El reactor MQ6 se enfría utilizando las mismas camisas por las cuales se realiza el calentamiento, haciendo pasar agua proveniente de las torres de enfriamiento anteriormente mencionadas.

Estas válvulas se cierran cuando se va a realizar una fase de control de temperatura de calentamiento.

2.3. MOTORES Y VÁLVULAS

Para el funcionamiento del sistema del reactor MQ6 se requieren los siguientes motores:

- Un motor trifásico de inducción de 15 HP, 220 VAC, 60 Hz para mover el agitador del tanque mezclador MQ6.
- Un motor trifásico de inducción de 0.50 HP 220 VAC, 60 Hz para el agitador del tanque TQ_01.
- Un motor trifásico de inducción de 0.75 HP, 220 VAC, 60 Hz para el agitador del tanque TQ_02.

- Un motor trifásico de inducción de 10 HP, 220 VAC, 60 Hz para la bomba de vacío del tanque MQ6.
- Tres motores trifásicos de inducción de 5 HP 220 VAC, 60 Hz para el encendido de ventiladores de la torre de enfriamiento # 1 (M1).
- Tres motores trifásicos de inducción de 5 HP 220 VAC, 60 Hz para el encendido de ventiladores de la torre de enfriamiento # 2 (M2).

Para el funcionamiento del sistema del reactor MQ5 se requieren los siguientes motores:

- Un motor trifásico de inducción de 15 HP, 220 VAC, 60 Hz para la bomba centrífuga de agua # 1 de enfriamiento (BA5).
- Un motor trifásico de inducción de 15 HP, 220 VAC, 60 Hz para la bomba centrífuga de agua # 2 de enfriamiento (BA7).
- Tres motores trifásicos de inducción de 5 HP 220 VAC, 60 Hz para el encendido de ventiladores de la torre de enfriamiento # 1 (M1).
- Tres motores trifásicos de inducción de 5 HP 220 VAC, 60 Hz para el encendido de ventiladores de la torre de enfriamiento # 2 (M2).
- Un motor trifásico de inducción de 2 HP, 220 VAC, 60 Hz para la bomba centrífuga del tanque de VAM (BA1).
- Un motor trifásico de inducción de 2 HP, 220 VAC, 60 Hz para la bomba centrífuga del tanque de BUTIL (BA2).
- Un motor trifásico de inducción de 2 HP, 220 VAC, 60 Hz para la bomba centrífuga del tanque de agua desmineralizada (BA4).
- Un motor trifásico de inducción de 2 HP, 220 VAC, 60 Hz para el agitador del tanque de oxidante (M5).
- Un motor trifásico de inducción de 2 HP, 220 VAC, 60 Hz para el agitador del tanque de reductor (M6).
- Un motor trifásico de inducción de 10 HP, 220 VAC, 60 Hz con un arrancador progresivo Altistar 22 para el agitador del tanque de monómeros (M3).

- Un motor trifásico de inducción de 30 HP, 220 voltios, 60 Hz con un variador de frecuencia Micromaster 420 para el agitador del reactor MQ5 (M4).

El paso de los diferentes componentes de la resina se lo controla con válvulas manuales, válvulas neumáticas y servo-válvulas ubicadas en las tuberías de las instalaciones del proceso de los reactores MQ5 y MQ6.

Estas válvulas se utilizan para las siguientes acciones en el reactor MQ6:

- Carga y descarga de VAM (SV2).
- Carga y descarga de BUTIL (SV1).
- Paso de vapor de agua nivel 3 (VA5).
- Paso de vapor de agua nivel 2 (VA6).
- Paso de vapor de agua nivel 1 (VA7).
- Recirculación de vapor de agua nivel 3 (VA13).
- Recirculación de vapor de agua nivel 2 (VA12).
- Recirculación de vapor de agua nivel 1 (VA11).
- Paso de agua nivel 3 (VA8).
- Paso de agua nivel 2 (VA9).
- Paso de agua nivel 1 (VA10).
- Recirculación de agua nivel 3 (VA16).
- Recirculación de agua nivel 2 (VA15).
- Recirculación de agua nivel 1 (VA14).
- Entre otras válvulas manuales que permanecen constantemente abiertas.

Estas válvulas se utilizan para las siguientes acciones en el reactor MQ6:

- Carga y descarga de butanol (WCV_201).
- Carga y descarga del regulador de PH ácido.
- Paso de vapor de agua dentro del tubo de calentamiento (FCV_201 y FCV_101).
- Paso de agua fría dentro del serpentín (FCV_202).

- Para el ingreso de la materia prima desde la tolva (TLV_01) hacia el tanque MQ6 se encontraba instalada una válvula neumática tipo cuchilla de accionamiento manual por medio de una palanca.
- Entre otras válvulas manuales que permanecen constantemente abiertas.

2.4. TANQUES MEZCLADORES

Los tanques principales de mezcla en el que se elabora la resina son conocidos como reactores MQ5 y MQ6, tienen una altura aproximada de 4 metros y una capacidad de 8000 litros.

El reactor MQ6 (figura 20) para su calentamiento cuenta con tres camisas por las cuales circula vapor de agua y para su enfriamiento cuenta con un serpentín en su interior por el cual circula agua.

En el reactor MQ6 están instalados dos sensores de temperatura PT100, uno ubicado en la parte superior que mide la temperatura de los gases y otro instalado en la parte inferior que mide la temperatura del proceso.

El reactor MQ5 (figura 21) para su calentamiento y enfriamiento cuenta con tres camisas por las cuales circula agua y vapor de agua para el calentamiento y enfriamiento, el flujo se controla a través de válvulas manuales y neumáticas instaladas en las tuberías.



Figura 20 Reactor MQ6



Figura 21 Reactor MQ5

En el reactor MQ5 está instalado un sensor de temperatura PT100, ubicado en la parte inferior que mide la temperatura del proceso.

Para la carga de materia prima los reactores tienen una compuerta manual llamada "manhole" a través de la cual se ingresa ciertas materias primas, el reactor MQ6 posee adicionalmente una tolva.

Los reactores disponen de un agitador cada uno, los cuales están acoplados a unos motores de 30HP (MQ5) y 15HP (MQ6). Los cuales deben girar la mayor parte del proceso de fabricación a velocidades constantes.

En la parte inferior de los reactores poseen: válvulas manuales para la toma de muestras de resina y válvulas manuales para la descarga del producto final.

CAPÍTULO III

3. INGENIERÍA BÁSICA

3.1. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS PELIGROSAS

La Norma Para Los Requisitos De Seguridad Eléctrica De Los Empleados En Los Lugares De Trabajo (NFPA-70E) cubre los requisitos para realizar la clasificación de áreas peligrosas de resinas de la planta de Pinturas Condor.

La NFPA-70E establece: “Los lugares se deben clasificar dependiendo de las propiedades de: los vapores, gases o líquidos inflamables, que pueden estar presentes, y la posibilidad de que esté presente, una concentración o cantidad, inflamable o combustible”. (NFPA Inc, 2004)

En la tabla 1 se observa la clasificación de áreas peligrosas según la NFPA-70E.

Tabla 1

Clasificación de áreas peligrosas

CLASE	PRESENCIA	DIVISIÓN	DESCRIPCIÓN
I	Gases o vapores inflamables	1	Presencia permanente bajo condiciones normales de funcionamiento
		2	Presencia accidental bajo condiciones anormales, averías de equipos, o lugares adyacentes a Clase I, Div 1
II	Polvos combustibles	1	Presencia permanente bajo condiciones normales de funcionamiento
		2	Presencia accidental bajo condiciones anormales, averías de equipos.
II	Fibras o partículas combustibles	1	Presencia permanente bajo condiciones normales de funcionamiento
		2	Presencia permanente en procesos diferentes de los de manufactura.

En la figura 22 se muestra la clasificación de áreas peligrosas en el área de resinas de la planta de Pinturas Condor según la Clase I, División 1 y 2 de la norma NFPA-70E.

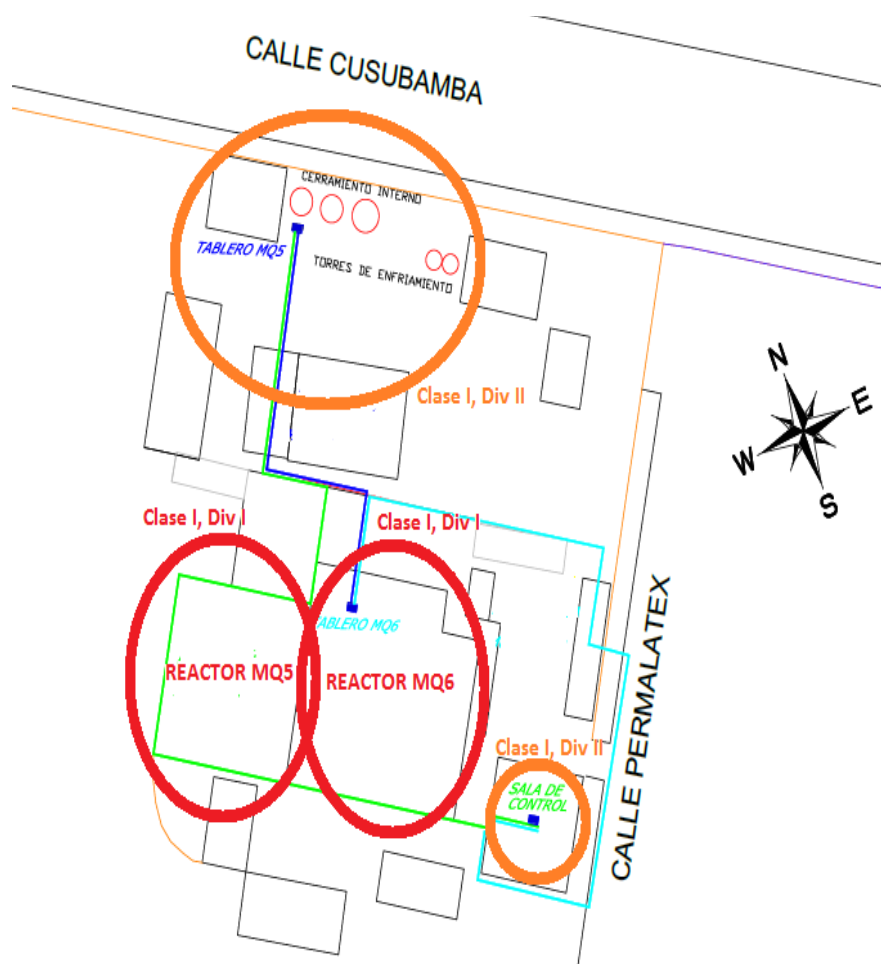


Figura 22. Clasificación de áreas peligrosas

3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y FILOSOFÍA DE OPERACIÓN

3.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL REACTOR MQ6

En el reactor MQ6 se elabora la resina urea-formaldehído para esto el reactor MQ6 requiere para su funcionamiento el control de; bombas que impulsen el ingreso de líquidos, válvulas en la entrada y salida del reactor que permitan el ingreso y la salida de agua y vapor de agua para su enfriamiento y calentamiento para el serpentín y chaquetas respectivamente, y además necesita de un agitador para realizar la mezcla. La materia prima BUTANOL que interviene en el proceso es almacenada en

dos tanques TQ_01 y TQ_02, este químico es pesado y llevado del TQ_02 mediante bombas (accionadas eléctricamente) al reactor, en el TQ_01 el químico es mezclado con otra materia prima para su utilización en una posterior fase. Las materias primas PARAFORMALDEHÍDO Y UREA son ingresadas al reactor por medio de una tolva la cual es abierta mediante una cuchilla que activada por una válvula.

3.2.2. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN DEL REACTOR MQ6

Al no realizar cambios en el PLC del reactor MQ6, las fases que tienen que ver con la Carga de butanol, paraformaldehído, urea, regulador de PH básico, regulador de PH ácido, xileno, agitación del reactor MQ6, salida de agua, descarga de resina y control de temperatura Calentamiento/Enfriamiento son ejecutadas de la misma forma que en la sección 2.1.

El control del reactor MQ6 se encuentra implementado en un PLC Modicon Premium y además posee implementado un circuito electromecánico que es independiente del funcionamiento del PLC. Este circuito permite arrancar a los motores mediante pulsantes start/stop pero no tiene control sobre las válvulas neumáticas, estos pulsantes se encuentran instalados en la parte derecha del tablero de control del reactor MQ6 (figura 23).



Figura 23 Tablero de control Reactor MQ6, mando MQ6

El reactor MQ6 posee diferentes modos de trabajo los cuales se menciona a continuación:

MODOS DE OPERACIÓN REACTOR MQ6

Para definir el modo de operación se utiliza un selector ubicado en el tablero de control del reactor MQ6. El selector energiza un relé auxiliar, cuando está en la posición semiautomático y lo desenergiza cuando el selector está en la posición manual.

MODO MANUAL

Este modo de operación trabaja de forma local con pulsantes ubicados en el tablero de control del reactor MQ6, los cuales pueden ser accionados por el operador y comandan los diferentes motores durante el proceso. Este modo es especialmente eficaz para realizar el mantenimiento del equipo.

El operador es responsable de la carga de materia prima y del cumplimiento de todas las etapas requeridas para la fabricación de la resina.

Cada uno de los siguientes motores dispone de un pulsante de marcha (start), uno de paro (stop) y un indicador luminoso:

- Bomba de vacío.
- Agitador de tanque TG_01.
- Agitador de tanque TG_02.
- Agitador del tanque mezclador MQ6.

En este modo de operación no es posible accionar las válvulas neumáticas y servo-válvulas desde los SCADAs del panel de operador o del cuarto de control.

Por este motivo al colocar el selector del modo de operación (ubicado en el tablero de reactor MQ6) en la posición MANUAL, las válvulas neumáticas y servo-válvulas permanecerán abiertas para poder llevar a cabo el proceso. En este caso las etapas de calentamiento y enfriamiento son controladas por el operador a través de las válvulas manuales.

MODO MANUAL DESDE LAS INTERFACES HMIs

Este modo de operación trabaja cuando el selector del tablero se encuentra en la posición semiautomático, se lo puede realizar de forma local y remota al disponer de botones de mando en las interfaces HMIs del terminal de operador y del cuarto de control para operar los diferentes motores y válvulas descritas anteriormente.

Para realizar el calentamiento, el operador puede accionar la válvula proporcional ingresando el porcentaje de apertura necesario en la interface HMI.

El operador es responsable de la carga de materia prima, la refrigeración del reactor MQ6 y de su condensador, también es responsable del cumplimiento de todas las etapas para la fabricación de la resina.

MODO SEMIAUTOMÁTICO

Durante el proceso el PLC se encarga de realizar el control de temperatura del tanque MQ6 para las fases de calentamiento o enfriamiento, el accionamiento del agitador de este tanque y de mostrar en las interfaces HMIs del terminal de operador o del Cuarto de control la información del proceso de fabricación de la resina.

La carga de materia prima, la etapa de separación de agua y la respectiva toma de muestras son de responsabilidad del operador.

3.2.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL REACTOR MQ5

En el reactor MQ5 se elaboran las siguientes resinas: Elasthane, Viva, Lova 55-E y Acrilat501 para esto el Reactor MQ5 requiere para su funcionamiento el control de; bombas que impulsen el ingreso de líquidos, válvulas en la entrada y salida del reactor que permitan el ingreso y la salida de agua y vapor de para su enfriamiento y calentamiento respectivamente, y además necesita de un agitador para realizar la mezcla.

Los químicos (VAM y BUTIL) que intervienen en el proceso están almacenados en dos tanques, estos químicos son llevados mediante bombas (accionadas

eléctricamente) al tanque de Monómeros en el cual se realiza una premezcla antes de ser llevados al reactor.

El proceso además cuenta con dos tanques, un reductor y un oxidante, los cuales suministran flujo al reactor, estos constan de un agitador cada uno.

3.2.4. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN DEL REACTOR MQ5

Las fases que tienen que ver con la descarga de VAM, BUTIL, oxidante, reductor y reguladores de PH son ejecutadas por el nuevo sistema de control de la misma forma que en la sección 2.2. El operador se encarga de cumplir con todas estas fases de forma manual.

Las fases que tienen que ver con el control de temperatura calentamiento/enfriamiento son ejecutadas por el nuevo sistema de control de forma diferente. Este control ajusta automáticamente sus valores de control dependiendo de la receta seleccionada en las interface HMI.

El control del reactor MQ5 se encuentra implementado en un PLC Modicon M340 y además posee implementado un circuito electromecánico que es independiente del funcionamiento del PLC. Este circuito permite un control de forma local para la apertura y cierre de las válvulas neumáticas que se encuentran a la entrada y salida de las camisas del reactor, mediante seleccionadores. Estos seleccionadores se encuentran instalados en el tablero de control de válvulas (figura 24).



Figura 24 Tablero de control de Válvulas, Reactor MQ5

Adicionalmente para realizar el control de forma local del reactor MQ5 se cuenta con pulsadores y seleccionadores que tienen comunicación con el PLC mediante un STB. Estos pulsadores y seleccionadores permiten el arranque/paro de los motores. Estos se encuentran instalados en la parte izquierda del tablero de control del reactor MQ6 (figura 25).



Figura 25 Tablero de control Reactor MQ6, mando MQ5

El nuevo sistema de control el reactor MQ5 posee diferentes modos de trabajo los cuales se menciona a continuación:

3.2.4.1. MODOS DE OPERACIÓN REACTOR MQ5

Para el control del reactor MQ5 se inicia la producción con la selección del modo de operación desde el SCADA ubicado en el cuarto de control.

Es importante que al iniciar la receta se presione en la interface HMI el botón “INICIAR” y al finalizar la misma, el botón “PARAR”, esto permite al sistema guardar la hora de inicio y la hora de parada. Con estos datos se grafica la curva real del proceso mientras dure la producción y se puede comparar con la curva ideal de temperatura en función del tiempo.

MODO MANUAL

En el modo manual se puede realizar un control on/off de todas las máquinas que intervienen en el proceso del Reactor MQ5 ya sea de forma local o remota, estas máquinas son; válvulas, motores de los agitadores, bombas y torres de enfriamiento. De la misma manera se puede verificar el estado de las máquinas si estas fueron activadas de forma local o remota.

MODO SEMIAUTOMÁTICO

En el modo de control Semiautomático las fases de la receta las va realizando el nuevo sistema implementado, sin embargo solo se controla la variable de tiempo y temperatura automáticamente, en las fases manuales los operadores deben tomar las debidas precauciones y confirmar el fin de cada una de las fases en las interfaces HMIs para que la siguiente pueda continuar.

El proceso de producción consta de diferentes fases en cada una de las recetas, cada fase corresponde a una acción diferente, algunas de ellas manuales, es decir que el operador debe dar una confirmación que indica que la fase ha concluido, esto se lo hace con el botón “fin de fase”, este botón también confirma la finalización de la receta en la última fase de cada una de las recetas. En las fases automáticas se debe esperar a que el control termine, en estas fases se controla temperatura o se espera a que el tiempo establecido concluya, el detalle de lo mencionado se encuentra en la Tabla 2.

Tabla 2

Detalle de control de las fases de las recetas de resinas

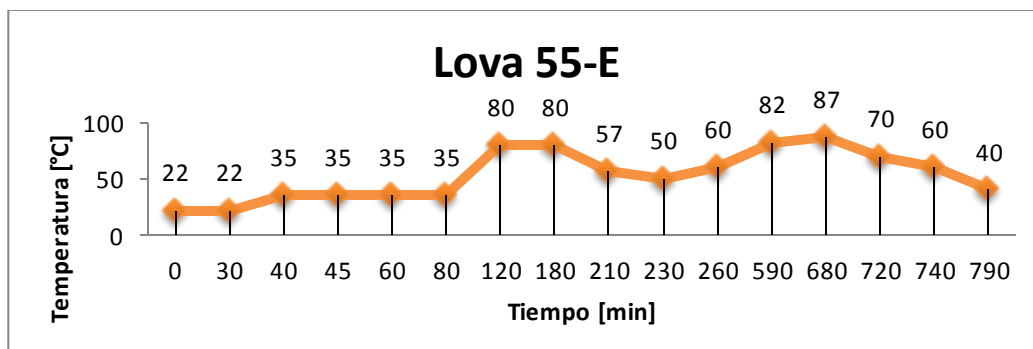
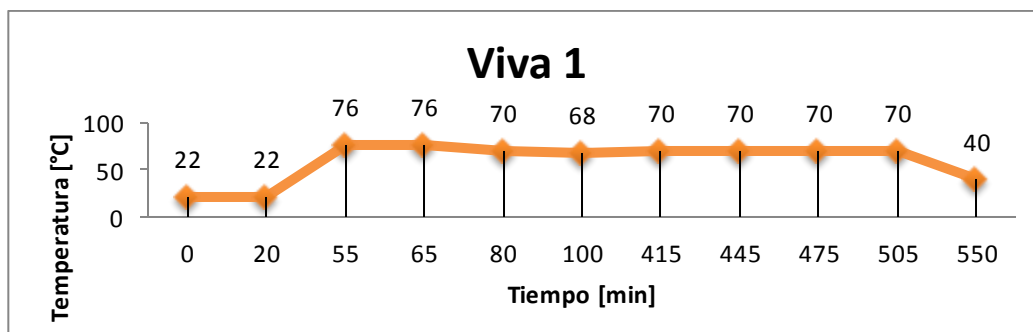
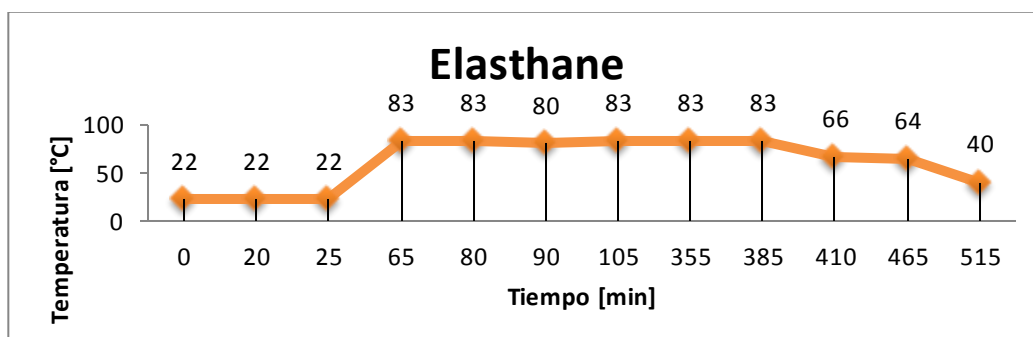
Fases	Control			
	Elasthane	Viva 1	Lova 55E	Acrilat 50
1	Manual	Manual	Manual	Manual
2	Manual	Temperatura	Temperatura	Manual
3	Temperatura	Temp/Tiempo	Manual	Temperatura
4	Temperatura	Manual	Tiempo	Temp/Tiempo
5	Manual	Tiempo	Manual	Manual
6	Temperatura	Manual	Temperatura	Manual
7	Temperatura	Temp/Tiempo	Temp/Tiempo	Temperatura
8	Temperatura	Tiempo	Temperatura	Tempertaura
9	Temperatura	Temperatura	Manual	Manual
10	Temp/Tiempo	Manual	Temperatura	Temperatura

CONTINÚA



11	Temperatura	-	Manual	Manual
12	-	-	Temp/Tiempo	-
13	-	-	Temperatura	-
14	-	-	Tiempo	-
15	-	-	Manual	-

En la aplicación desarrollada para la supervisión y control del Reactor MQ5 se ha considerado el modo de control semiautomático en base a las curvas de temperatura ideales de cada una de las recetas; Elasthane, Viva1, Lova 55E y Acrilat 50 (Figura 26), estas han sido suministradas por el área de producción.



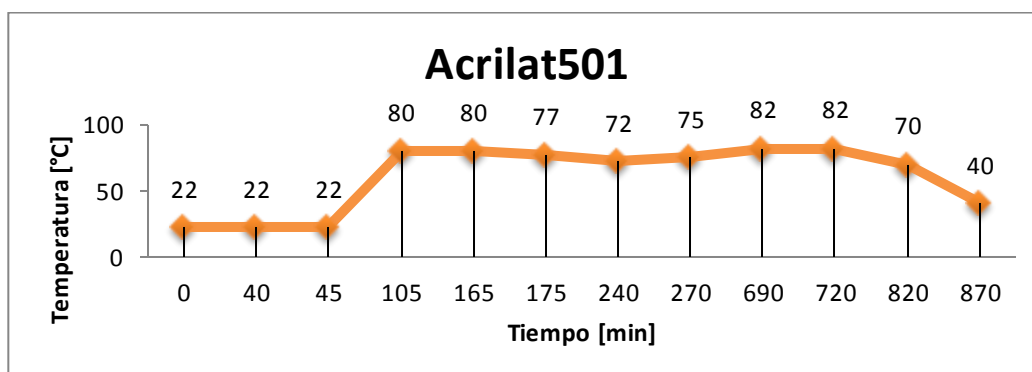


Figura 26 Curvas Ideales de Temperatura de las recetas de Resinas del Reactor MQ5

Durante el proceso de producción es importante que los operadores se encuentren en constante supervisión debido a que las recetas como se había mencionado se las realizó en función de las curvas ideales y no han sido desarrolladas para que reaccionen a cambios imprevistos por cualquier razón que se pudiera presentar.

En el caso que existiera cambios en las fases automáticas se deberá cambiar el control a modo manual y finalizar la receta en este modo. En el caso que los cambios se dieran en las fases manuales no es necesario cambiar el modo de control, basta con confirmar el fin de fase cuando estos cambios hayan concluido y se pueda continuar con la siguiente fase.

3.3. DIAGRAMA P&ID

3.3.1. REACTOR MQ6

Para observar el diagrama P&ID del reactor MQ6 ver ANEXO A.

El diagrama muestra los principales componentes que intervienen en el proceso con su respectiva nomenclatura que permite identificarlos de una manera rápida y sencilla.

A continuación en la tabla 3 se indica la nomenclatura P&ID de los elementos del proceso de fabricación de resina en el reactor MQ6.

Tabla 3

Nomenclatura P&ID MQ6

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
TQ	Tanque
PT100	Elemento de temperatura
BC	Bomba centrífuga
BV	Bomba de vacío
FCV	Válvulas neumáticas de control
WCV	Válvula de control de pozo
SV	Válvula de seguridad
PI	Indicador de Presión
WIT	Transmisor indicador de peso
TIT	Transmisor indicador de temperatura

3.3.2. REACTOR MQ5

Para observar el diagrama P&ID del reactor MQ5 ver ANEXO B.

El diagrama muestra los principales componentes que intervienen en el proceso con su respectiva nomenclatura que permite identificarlos de una manera rápida y sencilla.

A continuación en la tabla 4 se indica la nomenclatura P&ID de los elementos del proceso de fabricación de resina en el reactor MQ5.

Tabla 4

Nomenclatura P&ID MQ5

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
T	Tanque
M	Motor
BA	Bomba de Agua
VA	Válvula Globo
SV	Válvula de seguridad
MTO	Válvula de producto terminado
MMO	Válvula de monómeros
MAO	Válvula de agua
MEO	Válvula de enfriamiento
FT	Transmisor de flujo
TEMP	Elemento de temperatura

3.4. DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESOS

3.4.1. DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO REACTOR MQ6

El diagrama de flujo (figura 27) muestra el proceso de fabricación de resina que es elaborada en el reactor MQ6.

3.4.2. DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO REACTOR MQ5

El diagrama de flujo (figura 28) muestra el proceso de fabricación de las diferentes resinas que son elaboradas en el reactor MQ5.

Debido a la diferente forma de elaboración de las recetas, cada receta posee un número determinado de fases para poder cumplir con la elaboración de la resina.

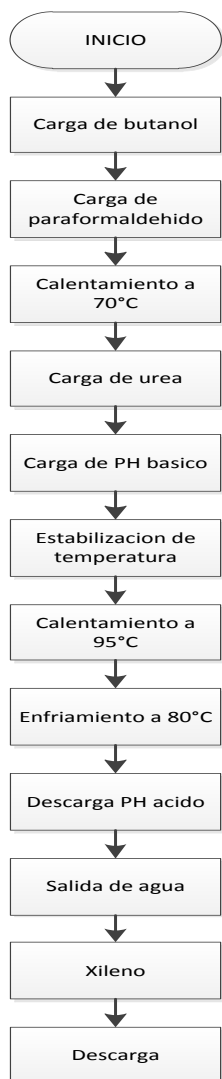


Figura 27 Diagrama de flujo Reactor MQ5

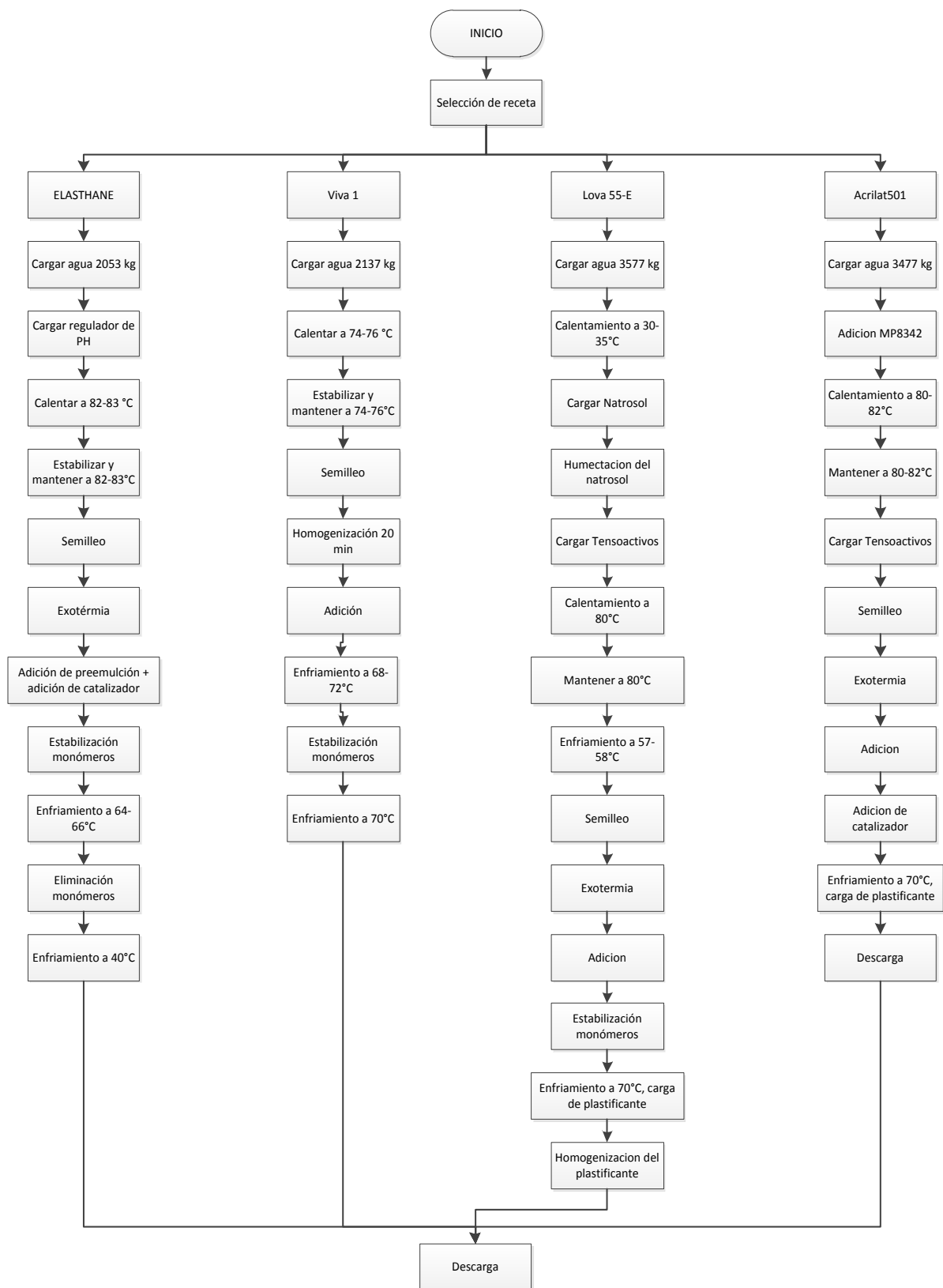


Figura 28 Diagrama de flujo Reactor MQ5

3.5. SELECCIÓN DE HARDWARE Y SOFTWARE

A continuación se detalla la selección de hardware y software necesario para la actualización del sistema SCADA y de control para los reactores de acuerdo a los requerimientos de los mismos.

3.5.1. PLC MODICON 340

La utilización de controladores lógicos programables ha dado grandes beneficios en el control a varios procesos de la industria. Facilita la supervisión y manejo de los procesos y disminuye la circuitería de los sistemas básicos de control.

Hoy en día la comunicación de datos ha evolucionado de manera importante en la industria, razón por la cual el uso de PLC's y la transmisión de datos de igual manera debe modernizarse para aprovechar al máximo las opciones de adquisición de datos. Es por esto que es importante el cambio de PLC del Reactor MQ5 a uno más moderno que brinde características óptimas tanto en la comunicación, funcionalidad y que aporte mejoras en el proceso de producción.

El PLC MODICON M340 es un equipo compacto y robusto de la marca Schneider, cuyas características principales se las puede observar en la Figura 29. Además contiene una memoria flexible, información directamente de la fuente, es decir que, se puede acceder al PLC a través de un servidor web para para simplificar la operación y mantenimiento, conexión de alta velocidad, disponibilidad en entornos severos. (Schneider Electric, 2009)

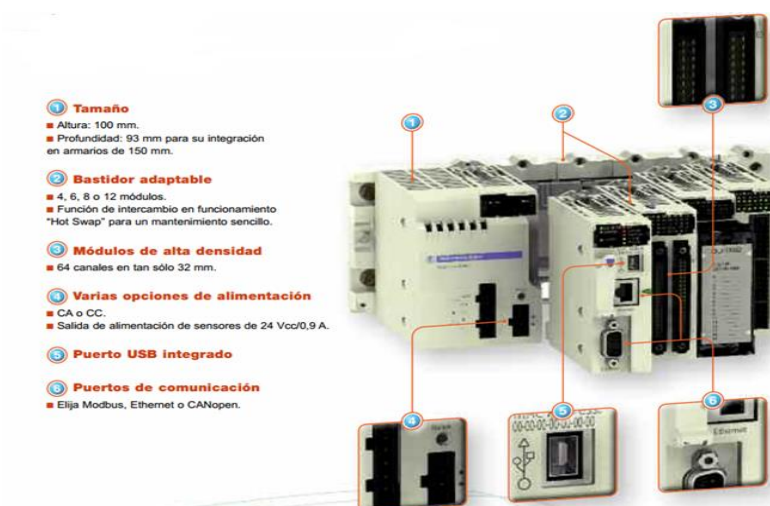


Figura 29 Características principales del PLC MODICON 340

MODO DE OPERACIÓN

El PLC ubicado en el tablero de control del Reactor MQ5, se encuentra encendido permanentemente debido a la funcionalidad que debe brindar, la energía se encuentra respaldada por un UPS en el caso que exista corte de energía por alguna razón, está conectado a la red de fibra óptica de ésta manera se encuentra en conexión con el sistema SCADA desde el cuarto de control de Resinas.

Se puede acceder al sistema a través de una conexión directa vía Ethernet con la PC o a través de la red de comunicación, con conexión en línea, transferencia de programas, diagnóstico remoto mediante el servidor web, acceso de lectura/escritura a ficheros de datos.

3.5.2. SWITCH MOXA – EDS – 308 – MM - SC

Para la conexión de la red mediante fibra óptica se debe tener equipos dedicados para la conversión de datos provenientes del medio de comunicación de fibra óptica a Ethernet para la conexión de la red con las computadoras y servidores. Para esto se utilizan switches MOXA (Figura 30), el switch utilizado en el proyecto tiene dos puntos de transmisión y dos de recepción de datos del anillo de fibra óptica y 8 puertos de Ethernet. (MOXA, 2015)

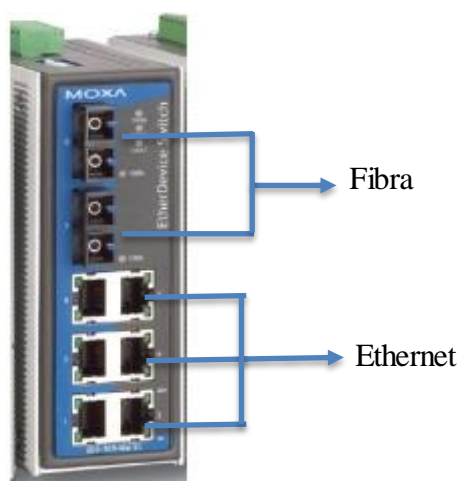


Figura 30. Switch MOXA EDS-308

Los switch's han sido ubicados en los tres tableros en los cuales se hicieron cambios para el desarrollo del proyecto, el primero se encuentra en el tablero del rack de comunicaciones, el segundo en el tablero de control del Reactor MQ5 y el tercero en el tablero de control del Reactor MQ6.

3.5.3. ODF DIO BW12 FURUKAWA

Para la recepción y transmisión de datos se requiere tener disponibles equipos que traduzcan o distribuyan estos mediante fibra óptica para el siguiente paso que es la conversión. Para esto se utilizan equipos que tengan capacidad para terminaciones de fibra óptica ODF's (Figura 31) en el caso del proyecto se utilizó un equipo con 12 puntos de FO.



Figura 31. ODF Furukawa

Entre las características principales del equipo encontramos las siguiente; apto para cualquier tipo de fibra óptica, debe encontrarse en un ambiente de instalación interno y un ambiente de operación no agresivo, soporta reservas de fibra en su interior, preparado para recibir adaptadores ópticos compatibles, se encuentra fabricado en un plástico de alta Resistencia mecánica que lo hace un producto con seguridad. (Furukawa Industrial SA, 2015)

3.5.4. UPS 1,5 KVA – SURTA

El Sistema en general debe tener una funcionalidad precisa y continua, es decir que los datos de la red deben tener una alta disponibilidad para que el sistema sea óptimo, para que ello sea posible el Sistema no debería sufrir ningún tipo de cortes de energía, sin embargo esto se daría en condiciones ideales, es por esto que se debe instalar un equipo que respalde la energía de todo el Sistema con UPS's (Figura 32) equipos que se los considera como fuentes de suministro eléctrico que respaldan la energía por cierto tiempo en el caso que un corte de energía se presentará por cualquier circunstancia que fuere, suministrando tiempo para poder arreglar estos inconvenientes.



Figura 32. UPS 1.5 KVA SURTA

La potencia del equipo es de 1500 VA

Utiliza tecnología online

El control se lo puede realizar por Puerto DB9 RS232 o Smart Slot/USB

Voltaje de alimentación 120 VAC

Tiempo de respaldo de 22 min (525 W)

(Schneider Electric, 2014)

3.5.5. STB – SCHNEIDER ELECTRIC

La necesidad de la industria de tener en red todos los equipos e instrumentos que intervienen en un proceso de producción conlleva a tener varias consideraciones al momento de modernizar un proceso, entre ellas comunicar a la red de datos todos los mandos manuales e indicadores que se tenga en campo hacia el sistema general, de tal manera que se centralice el sistema general de supervisión y control, para ello se utilizan los equipos STB (Figura 33), que son equipos con un sistema abierto y modular que permiten la distribución de entradas y salidas a una red de comunicación. (Schneider Electrical, 2010)



Figura 33. Distribuidor de entradas y salidas STB

El control de los instrumentos de campo como bombas, agitadores y torres de enfriamiento en la planta de Resinas de Pinturas Condor se lo realiza de forma manual desde el tablero del MQ6 mediante pulsadores y switches, fue muy importante considerar estas señales en la red para que este control se siga realizando tanto de forma local y remota, para esto se utiliza el STB en el que se conecta las señales de los indicadores, del pulsador de “START” y de los pulsadores de “STOP”.

Detalle de series del equipo:

- STBNIP2212; Tarjeta principal
- STBPDT3100; Fuente auxiliar de 24 VDC
- STBDD13725; Módulos de entradas digitales
- STBDra3290; Módulos de salidas a relé

3.5.6. COMPUTADORAS LENOVO

Para la visualización supervisión y control del sistema SCADA se utilizan computadores dedicados, los cuales deben ser uso exclusivo de la aplicación del Reactor MQ5 y MQ6 (Figura 34), estas computadoras tienen instalados los programas necesarios para que sea un sistema de control y adquisición de datos como el que se requiere en el proyecto.

Debido a la aplicación que se les da a las computadoras deben tener una rápida transferencia de datos, razón por la cual en el proyecto se consideró las siguientes características principales de las mismas:

Sistema Operativo: Windows 8, 64 bits

Procesador: Intel Core i74770 (8M Cache, hasta 3,90 GHz)

Memoria Ram: 8 GB



Figura 34. Computadora LENOVO

3.5.7. Unity Pro XL 7.0

Al realizar la selección del PLC (Modicon M340) que contendrá el sistema de control del reactor MQ5, la programación del mismo será realizada por el software Unity Pro XL 7.0 (figura 35) proporcionado por el mismo fabricante del PLC.

El software Unity Pro posee herramientas y servicios que permiten gestionar un proyecto.

Unity Pro proporciona los lenguajes de programación siguientes para crear el programa de usuario:

- Diagrama de bloques funcionales (FBD)
- Lenguaje de diagrama de contactos (LD)
- Lista de instrucciones (IL)
- Texto estructurado (ST)
- Control secuencial (SFC)



Figura 35 Software Unity Pro

3.5.8. INTOUCH WONDWERWARE

Se utilizó el software Intouch 10.5 (figura 36) para el desarrollo del sistema SCADA considerando los criterios que me aseguren su correcta operatividad. Estos criterios son la disponibilidad, robustez, seguridad, prestaciones, mantenibilidad y escalabilidad.



Figura 36 Software Intouch Wonderware

El software InTouch es una herramienta computacional que permite crear aplicaciones de interfaz entre hombre y computadora para los sistemas operativos de Microsoft. Consta de dos componentes principales:

- WindowMaker: es el entorno de desarrollo donde los gráficos orientados a objetos se utilizan para crear ventanas de visualización animadas y se pueden conectar a sistemas industriales.
- WindowViewer: es el entorno de ejecución que se utiliza para mostrar las ventanas de gráficos creadas en WindowMaker. (Invensys Sistem , 2008)

3.6. ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

En la arquitectura de control Figura 37 se encuentran los equipos que serán utilizados en la implementación del proyecto, así como el esquema que se maneja para su correcto funcionamiento.

La red de comunicación a utilizarse es una red tipo anillo, este es un bucle que comienza y termina en la misma central, que será el cuarto de control de la planta de resinas en el cual se tendrá los equipos necesarios como un ODF para la distribución de la señal y un switch para la conexión de los equipos mediante Ethernet a la red que permitirá la supervisión y control desde el sistema SCADA, está se irá al tablero del Reactor MQ6 en el cual se tendrá un ODF, un switch para la conexión a la red de un STB que permitirá la distribución de las señales de mandos manuales que se encuentran en este tablero de control como bombas y torres de enfriamiento, de aquí se parte al tablero del Reactor MQ5 el cual es un tablero de control nuevo en el que se tienen todos los equipos de control para el proceso de producción entre los cuales se encuentra el Controlador Lógico Programable PLC con sus respectivos módulos de entradas y salidas, para el control, y, un ODF y un switch para la comunicación, finalmente se regresará al cuarto de control cerrando el anillo.

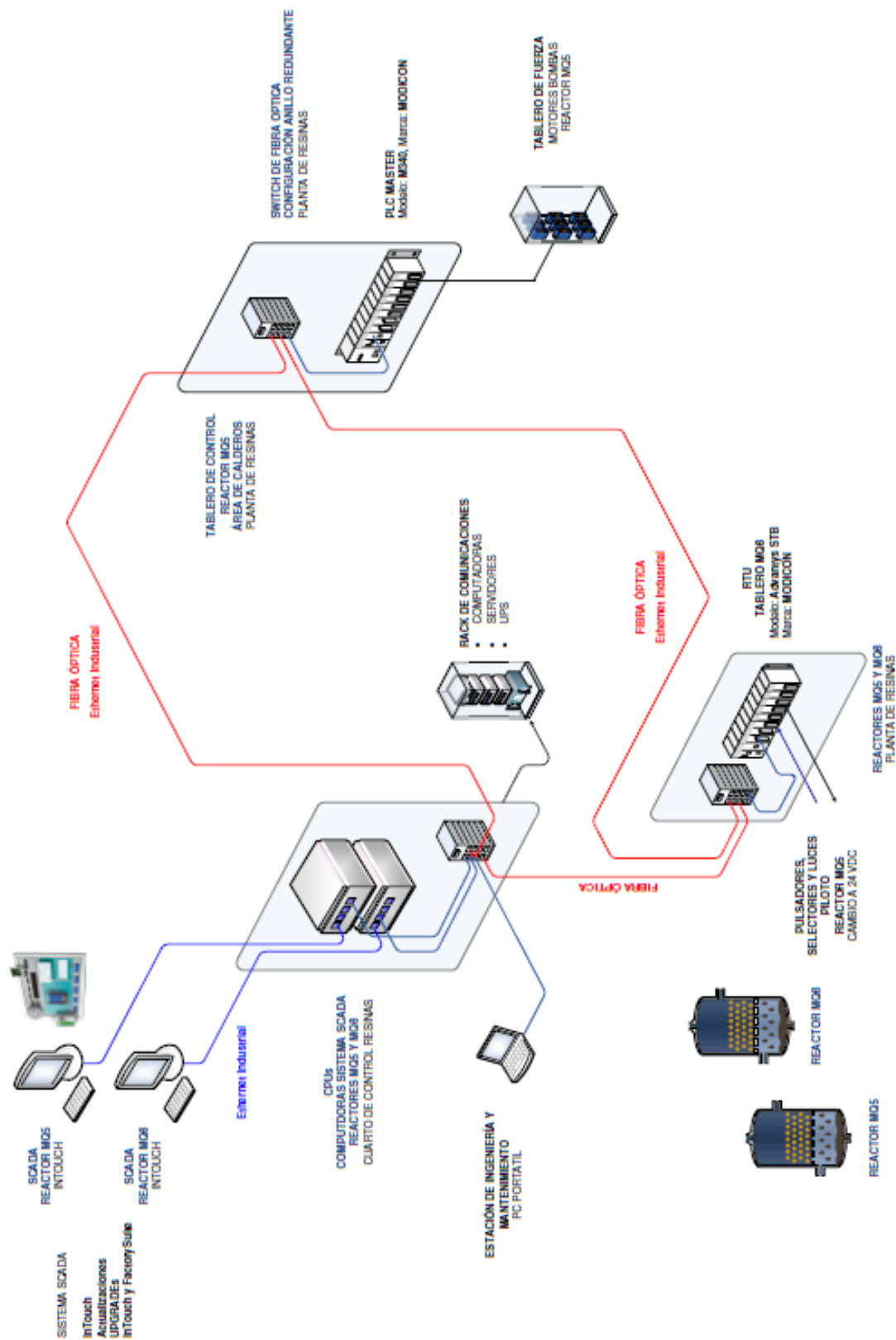


Figura 37. Arquitectura de Control del Reactor MQ5

CAPÍTULO VI

4. INGENIERÍA DE DETALLE

4.1. HARDWARE

En el proyecto se realizó la actualización del sistema de control del reactor MQ5 motivo por el cual se diseñó un tablero para el nuevo sistema de control del reactor MQ5, adicionalmente es necesario la instalación de un tablero de comunicaciones en el cuarto de control de resinas para realizar la comunicación de los equipos a la red.

4.1.1. MONTAJE

4.1.1.1. TABLERO DE CONTROL REACTOR MQ5

El tablero de control del reactor MQ5 fue diseñado tomando a consideración que el tablero posea el tamaño adecuado para contener todos los elementos que interviene en el control, protección y señalización, y que apruebe la norma NEMA para garantizar que los dispositivos internos en él, no sufran daño alguno debido al contacto con polvos, humedad, etc.

El tablero considerado tiene las siguientes dimensiones 210cm de alto, 80cm de ancho y 80cm de profundidad, el mismo que contiene los elementos y equipos necesarios tanto de control, protección y señalización instalados en su doble fondo (figura 38).

En la parte superior del tablero se encuentra instalado el UPS SURTA mediante un kit de soporte y en la parte lateral se encuentra instalado los ODFs para la conexión de la fibra óptica provenientes del rack de comunicaciones del cuarto de control y del tablero de control de reactor MQ6 (figura 39).

DOBLE FONDO

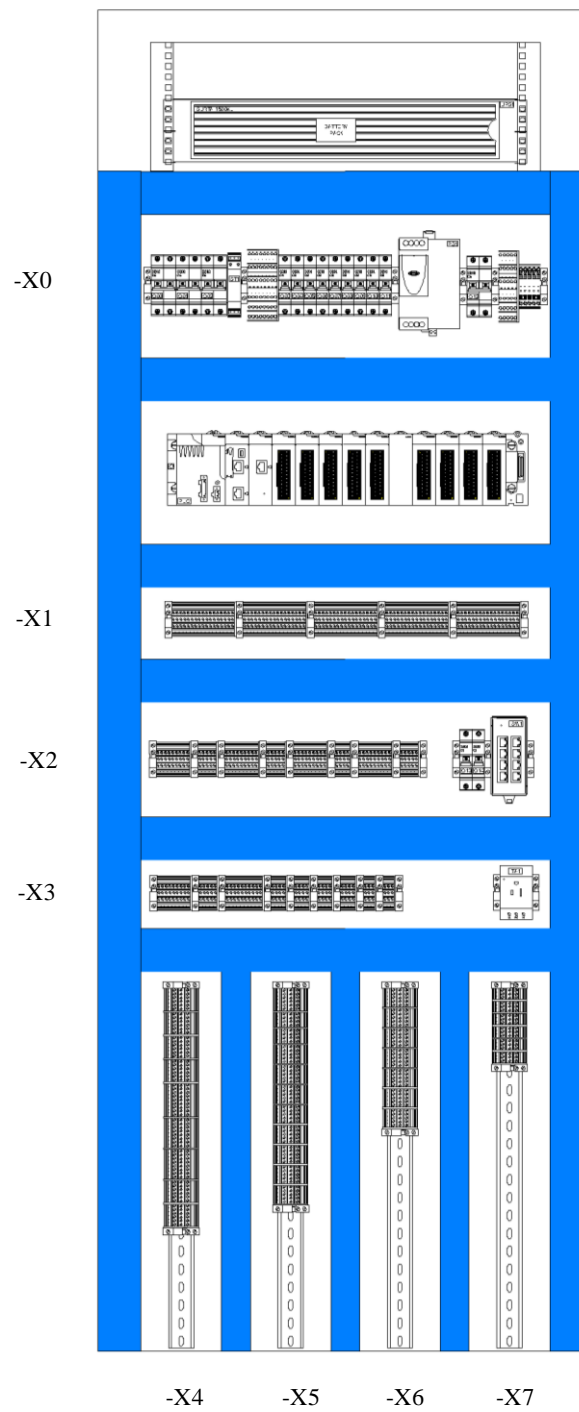
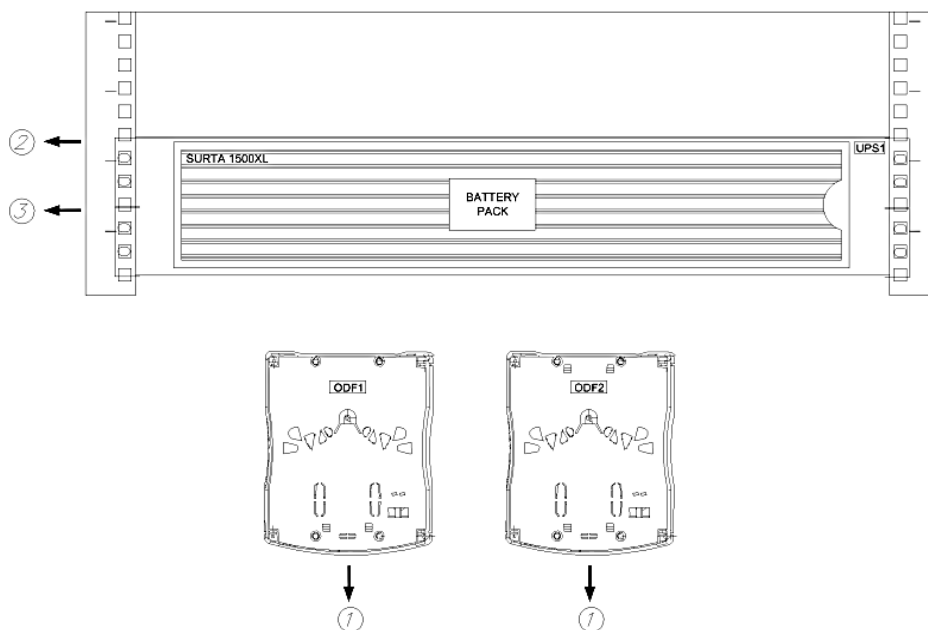


Figura 38 Doble fondo, tablero de control MQ5

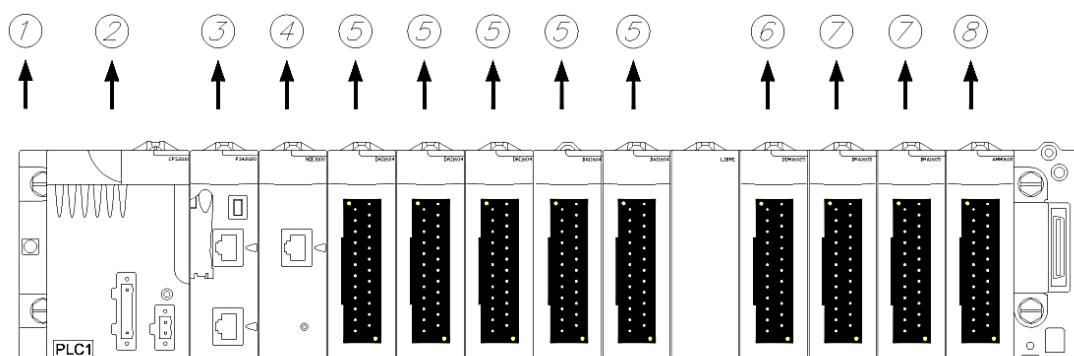


REFERENCIA	FUNCIÓN	MARCA	TIPO	IDENTIFICADOR	CANTIDAD
1	ODF Fibra Optica	SURTA	SMART ODF DIO BW12	ODF1, ODF2	2
2	Kit de soportes para rack	SURTA	SMART UPS Accesorios	-	1
3	UPS 1500VA	SURTA	SURTA 1500XL	UPS1	1

Figura 39 UPS y ODF, tablero de control MQ5

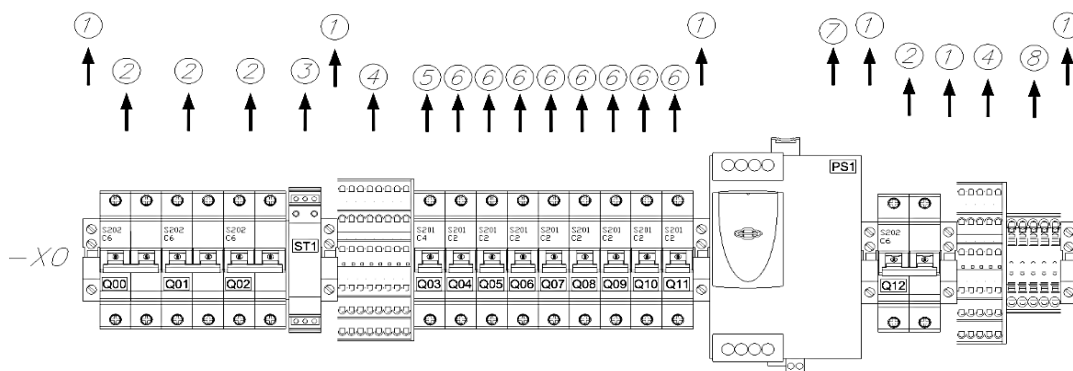
El PLC Modicon M340 se encuentra ubicado en el doble fondo del tablero mediante un bastidor de 12 ranuras. En el bastidor se encuentran ubicados los módulos de I/O y de comunicación Ethernet (figura 40).

En la regleta X0 (figura 41) se instalaron los elementos de protección para los equipos que integran el tablero. Además de ellos, el tablero está sólidamente aterrizado, garantizando la protección tanto personal como de los equipos que integran el mismo.



REFERENCIA	FUNCIÓN	MARCA	TIPO	IDENTIFICADOR	CANTIDAD
1	Rack 12 Slots	Schneider Electric	BMX XBP 1200	PLC1 - M340 (PLC Principal Sistema de Control Reactor MQ5)	1
2	Fuente Alimentación	Schneider Electric	BMX CPS 2010		1
3	Módulo Procesador	Schneider Electric	BMX P34 2020		1
4	Módulo Comunicación	Schneider Electric	BMX NOE 0100		1
5	Módulo Entradas Digitales 110VAC	Schneider Electric	BMX DAI 1604		5
6	Módulo Salidas Digitales a rele y entradas a 24VDC	Schneider Electric	BMX DDM 16025		1
7	Módulo salida a rele	Schneider Electric	BMX DRA 1605		2
8	Módulo Entradas y Salidas Analógicas 4-20mA y 1-5V	Schneider Electric	BMX AMM 0600		1

Figura 40 PLC, tablero de control MQ5



REFERENCIA	FUNCIÓN	MARCA	TIPO	IDENTIFICADOR	CANTIDAD
1	Tope Separador	Phoenix Contact	E/UK	-	6
2	Breaker 2P 6AMP	ABB	S202 C6	Q00, Q01, Q02, Q12	4
3	Supresor Transientes	Phoenix Contact	PT 2-PE/S 120 AC-ST	ST1	1
4	Bornera 3 pisos	Phoenix Contact	ST 2.5-PE/L/N	-	13
5	Breaker 1P 4AMP	ABB	S201 C4	Q03	1
6	Breaker 1P 2AMP	ABB	S201 C2	Q04, Q05, Q06, Q07, Q08, Q09, Q10, Q11	8
7	Fuente Alimentación	ABB	ABL8RPS24100	PS1	1
8	Bornera Portafusible	Phoenix Contact	UT 4-HESILED 24	-	5

Figura 41 Regleta X0, tablero de control MQ5

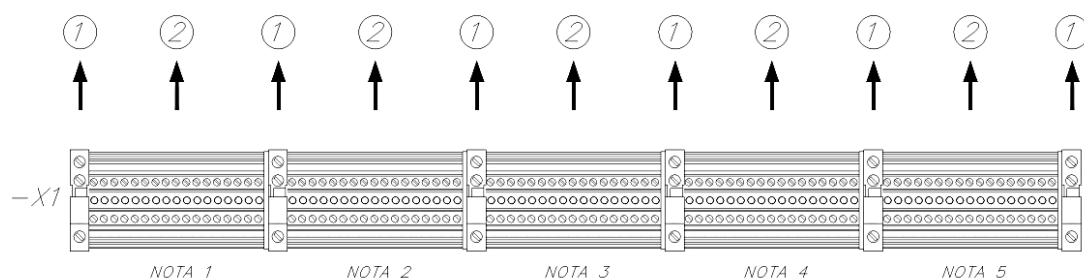
En la tabla 5 se realiza una descripción de la función que cumplen los elementos que se encuentran en la regleta X0.

Tabla 5

Elementos regleta X0, tablero de control MQ5

IDENTIFICADOR	FUNCION
Q0	Breaker principal de alimentación. UPS en mantenimiento
Q01	Breaker principal de alimentación, UPS en modo normal
Q02	Breaker principal de alimentación, UPS en modo normal
Q03	Breaker de alimentación, fuente de 24 voltios DC
Q04	Breaker de alimentación. PLC Modicon M340
Q05	Breaker de alimentación, Módulo de entradas discretas #1
Q06	Breaker de alimentación, Módulo de entradas discretas #2
Q07	Breaker de alimentación, Módulo de entradas discretas #3
Q08	Breaker de alimentación, Módulo de entradas discretas #4
Q09	Breaker de alimentación. Módulo de entradas discretas «5
Q10	Breaker de alimentación. Módulo de salidas
Q11	Breaker de alimentación, hacia señales de campo
Q12	Breaker de alimentación, Salida de la fuente 24 voltios DC
ST1	Supresor de transientes, a la entrada de la alimentación de control
PS1	Fuente de 24 voltios DC, 10 Amperios

En la regleta X1 (figura 42) se instalaron borneras para realizar la conexión de los módulos de I/O del PLC.



REFERENCIA	FUNCIÓN	MARCA	TIPO	IDENTIFICADOR	CANTIDAD
1	Topo Separador	Phoenix Contact	E/UK	-	6
2	Bornera	Phoenix Contact	UT 2.5	-	255

Figura 42 Regleta X1, tablero de control MQ5

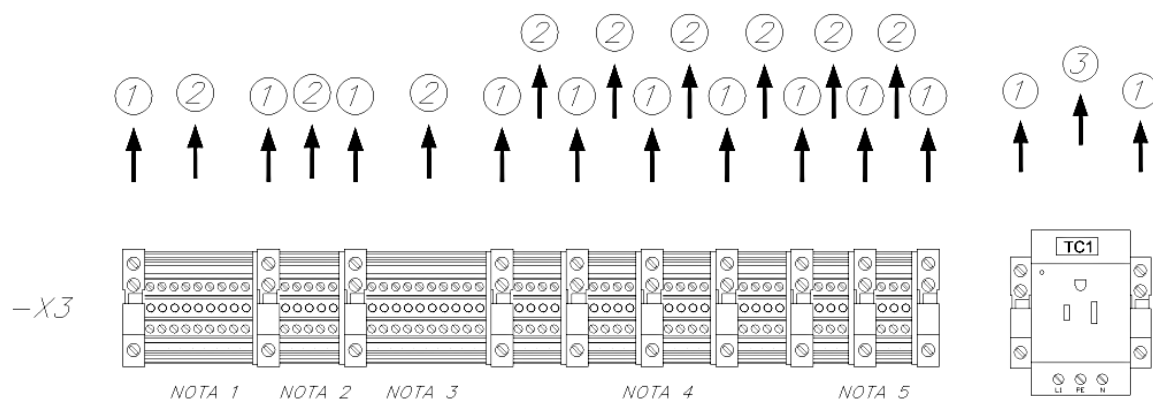
En la tabla 7 se realiza una descripción de las funciones que cumplen los elementos que se encuentran en la regleta X2, para lo cual se observa las notas referenciales en la figura 43.

Tabla 7

Elementos regleta X2, tablero de control MQ5

IDENTIFICADOR	FUNCIÓN
NOTA 1	Grupo de borneras corresponden al grupo 1 del módulo 1 de salidas discretas
NOTA 2	Grupo de borneras corresponden al retorno para el grupo 1 del módulo 1
NOTA 3	Grupo de borneras corresponden al grupo 2 del módulo 1 de salidas discretas
NOTA 4	Grupo de borneras corresponden al retorno para el grupo 2 del módulo 1
NOTA 5	Grupo de borneras corresponden al grupo 1 del módulo 2 de salidas discretas
NOTA 6	Grupo de borneras corresponden al retorno para el grupo 1 del módulo 2
NOTA 7	Grupo de borneras corresponden al grupo 2 del módulo 2 de salidas discretas
NOTA 8	Grupo de borneras corresponden al retorno para el grupo 2 del módulo 2
013	Breaker de alimentación. Iluminación interna del tablero
Q14	Breaker de alimentación, Tomacorriente auxiliar del tablero

En la regleta X3 (figura 44) se instalaron borneras para realizar la conexión de los módulos de I/O del PLC y un tomacorriente auxiliar.



REFERENCIA	FUNCIÓN	MARCA	TIPO	IDENTIFICADOR	CANTIDAD
1	Tepe Separador	Phoenix Contact	E/UK	-	12
2	Bornera	Phoenix Contact	UT 2.5	-	46
3	Tomacorriente polarizado para riel din	Phoenix Contact	-	TA1	1

Figura 44 Regleta X3, tablero de control MQ5

En la tabla 8 se realiza una descripción de las funciones que cumplen los elementos que se encuentran en la regleta X3, para lo cual se observa las notas referenciales en la figura 44.

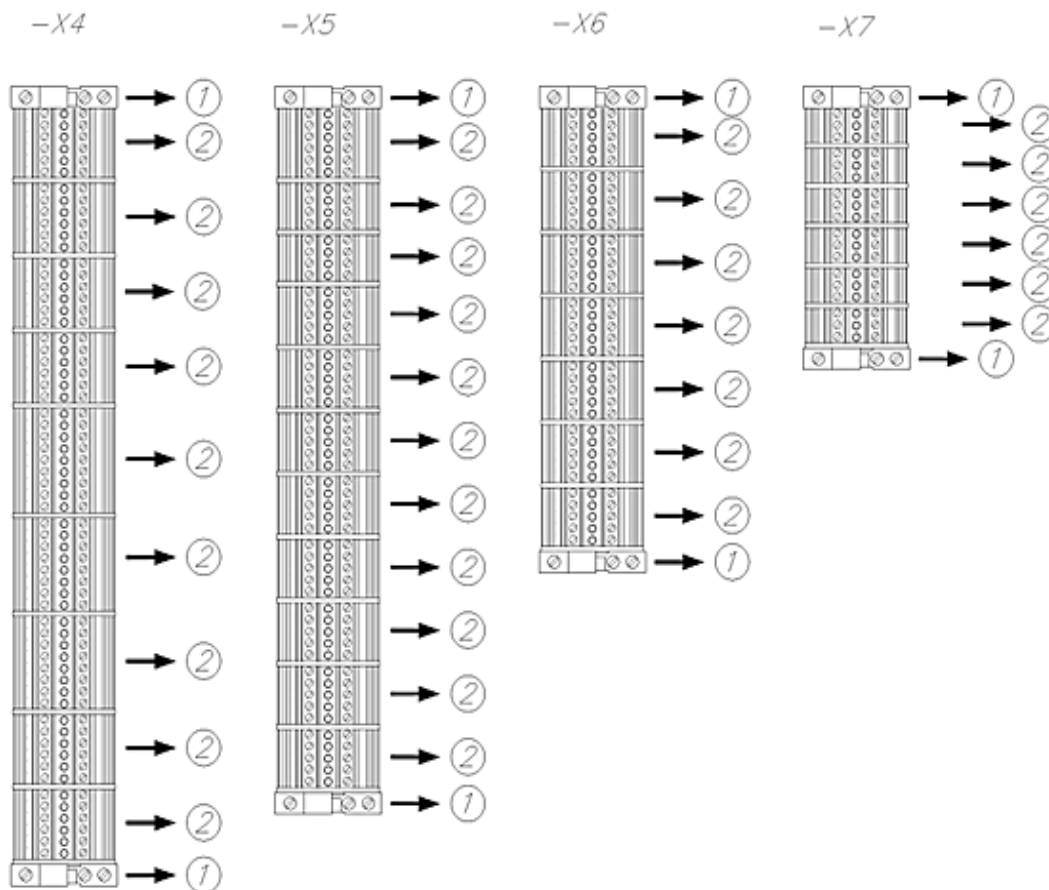
Tabla 8

Elementos regleta X2, tablero de control MQ5

IDENTIFICADOR	FUNCIÓN
NOTA 1	Grupo de borneras corresponden al grupo 1 del módulo 3 de salidas discretas
NOTA 2	Grupo de borneras corresponden al retorno para el grupo 1 del módulo 3
NOTA 3	Grupo de borneras corresponden al grupo de entradas discretas a 24VDC
NOTA 4	Grupo de borneras corresponden al cableado de 4 entradas análogas
NOTA 5	Grupo de borneras corresponden al cableado de 2 salidas análogas
TA1	Tomacorriente auxiliar polarizado para uso general

En las regletas X4, X5, X6 y X7 (figura 45) se instalaron borneras para realizar la conexión de las señales de campo que ingresan o salen del PLC.

En la figura 46 se observa la distribución de las señales de campo, las cuales se encuentran agrupadas por máquinas.



REFERENCIA	FUNCIÓN	MARCA	TIPO	IDENTIFICADOR	CANTIDAD
1	Tape Separador	Phoenix Contact	E/UK	-	8
2	Bornera hacia campo	Phoenix Contact	UT 2.5	-	150

Figura 45 Regleta X4, X5, X6 y X7, tablero de control MQ5

En la figura 47 se puede apreciar el tablero de control del reactor MQ5 concluido.



Figura 47 Tablero de control del reactor MQ5

4.1.1.2. Tablero de control MQ6.

El tablero de control del reactor MQ6 se incluyeron 2 ODFs Furukawa, 1 switch industrial MOXA y 1 STB SCHNEIDER.

Mediante los ODFs se realizó la conexión de las fibras provenientes del cuarto de control y del Tablero de control del reactor MQ5 al Switch Industrial, el PLC Modicon Premiun del Reactor MQ6 y el STB NIP2212 se conectan a la red mediante el switch industrial.

El STB NIP2212 (figura 48) posee módulos de entradas y de salidas a los cuales se conectan directamente los pulsadores, selectores y luces pilotos que se encuentra en el tablero de control de reactor MQ6 pero tienen mando en el reactor MQ5.



Figura 48 STB, reactor MQ6

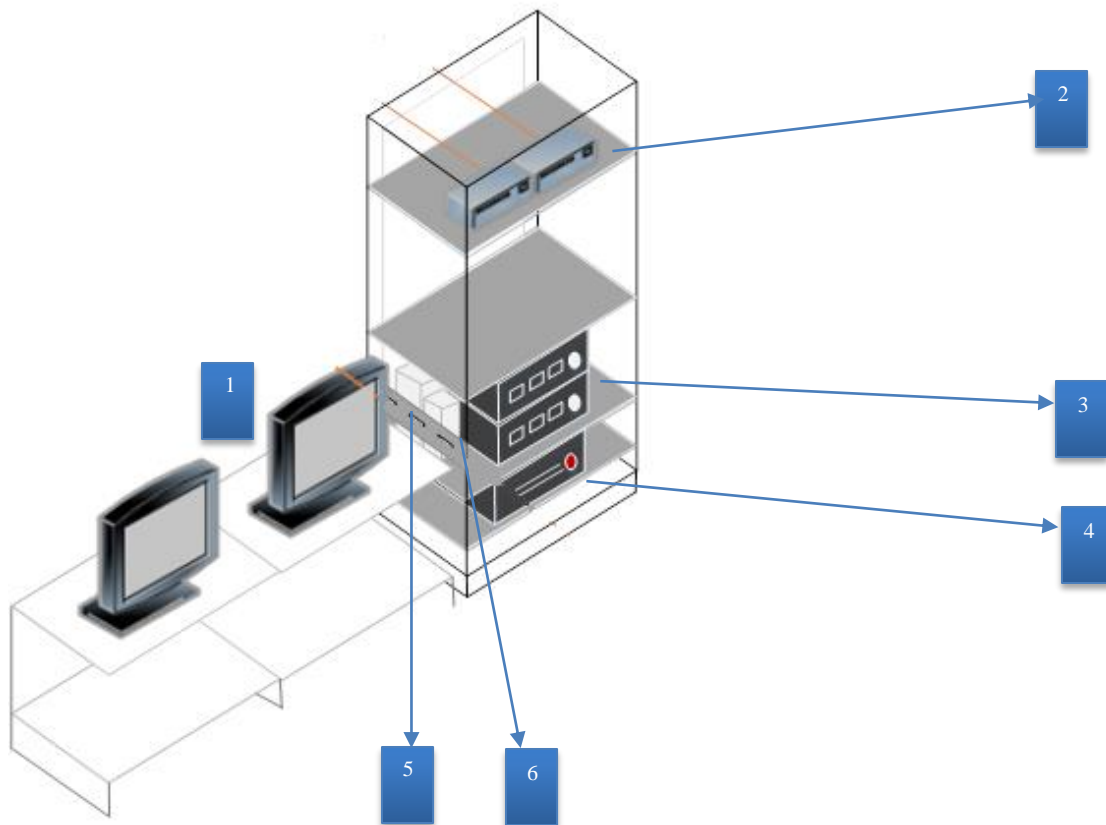
Al estar enlazado el STB a la red de fibra óptica, este tiene comunicación con el PLC del reactor MQ5. De esta manera se pueden enviar por este medio las señales necesarias hacia el PLC del reactor MQ5, evitando el cableado innecesario de estas señales.

4.1.1.3. RACK DE COMUNICACIONES.

El rack de comunicaciones de la sala de control fue diseñado tomando a consideración que el tablero posea el tamaño adecuado para contener todos los elementos que interviene en la comunicación y protección, que apruebe la norma NEMA para garantizar que los dispositivos internos en él, no sufran daño alguno debido al contacto con polvos, humedad, etc.

El rack considerado tiene las siguientes dimensiones 200cm de alto, 60cm de ancho y 80cm de profundidad, el mismo que contiene sobre bandejas los elementos y equipos necesarios (figura 49).

RACK DE COMUNICACIONES



Referencia	Función	Marca	Tipo	Cantidad
1	Monitor SCADA MQ5 y MQ6	Lenovo		2
2	ODF Fibra Óptica	Furukawa	Smart ODF DIO BW12	2
3	CPU	Lenovo		2
4	UPS 1500VA	SURTA	1500XL	1
5	Fuente de Poder 24VDC	ABB	CP-D	1
6	Switch Ethernet Industrial	MOXA	EDS-308-MM-SC	1

Figura 49 Rack de comunicaciones

En la figura 50 se puede apreciar el tablero de control del reactor MQ5 concluido.



Figura 50 Rack de comunicaciones concluido

4.1.2. ALAMBRADO

4.1.2.1. TABLERO DE CONTROL REACTOR MQ5

En el diagrama de alambrado está representado gráficamente el detalle del contenido del cableado de cada instrumento con señal digital o analógica, donde la información que está incluida inicia desde el lugar donde se encuentra instalado el instrumento hasta el lugar donde está conectado (PLC).

El diagrama es utilizado para la realización del cableado del tablero de control del reactor MQ5, para localización de fallas por parte de mantenimiento o para agregar señales futuras de alguna expansión.

Este tipo de diagramas únicamente contempla señalización o suministro del tipo eléctrico, esto quiere decir que lo único que viene contemplado es el cableado eléctrico tanto para señalización como para alimentación eléctrica.

El alambrado se encuentra debidamente etiquetado para su identificación. Dicha identificación de cables, borneras y otros elementos se realizaron bajo un criterio de numeración alfanumérica y de interconexión punto a punto, todo esto se hace respetando los estándares de la normatividad ISA-S5.1 “Simbología e identificación de instrumentación”.

Las interconexiones punto a punto deben tener una identificación por los dos extremos, al igual que los cables de señalización y de suministro de energía. (ENRRIQUEZ, 2010)

El diagrama de alambrado se encuentra dividido en dos secciones:

1. La primera sección se elaboró de acuerdo a los elementos que intervienen en la alimentación del tablero de control del reactor MQ5. A continuación se determina los diagramas de alambrado de esta sección.
 - Selector UPS (Ver ANEXO C1).
 - Alimentación tablero de control (Ver ANEXO C2)
 - Alimentación módulos de entrada del PLC (Ver ANEXO C3)
 - Conexiones eléctricas generales (Ver ANEXO C4)
 - Alimentación de equipos de campo (Ver ANEXO C5)
2. La segunda sección se elaboró de acuerdo a las señales que intervienen en el PLC Modicon M340 del reactor MQ5 (tabla 9).

Tabla 9

Señales de campo, PLC reactor MQ5

MAQUINA	IDENTIFICADOR	ENTRADA	UBICACIÓN	IDENTIFICADOR	SALIDA	UBICACIÓN	IDENTIFICADOR	ENTRADA REMOTA	UBICACIÓN
BOMBA DE AGUA#1	BA3								
	QBA3_OL	Sobrecarga	I0.2.0	PO_BA3_ON	Marcha	Q0.9.0	PB1_BA3	Start	MW200.0
	QBA3_RD	Ready	I0.2.1			%m364	PB2_BA3	Stop	MW200.1
	KM_BA3_ON	En Marcha	I0.2.2						
BOMBA DE AGUA#2	BA4								
	QBA4_OL	Sobrecarga	I0.2.3	PO_BA4_ON	Marcha	Q0.9.1	PB1_BA4	Start	MW200.2
	QBA4_RD	Ready	I0.2.4			%m365	PB2_BA4	Stop	MW200.3
	KM_BA4_ON	En Marcha	I0.2.5						
TORRE DE ENFRIAMIENTO	MI								

CONTINÚA



#1	QM1_OL	Sobrecarga	I0.2.6	M1_ON	Marcha	Q0.9.2	PB1_M1	Start	MW200.4
	QM1_RD	Ready	I0.2.7			%m366	PB2_M1	Stop	MW200.5
	KM_M1_ON	En Marcha	I0.2.8						
TORRE DE ENFRIAMIENTO #2	M2								
	QM2_OL	Sobrecarga	I0.2.9	M2_ON	Marcha	Q0.9.3	PB1_M2	Start	MW200.6
	QM2_RD	Ready	I0.2.10			%m367	PB2_M2	Stop	MW200.7
BOMBA DE VAM	KM_M2_ON	En Marcha	I0.2.11						
	BA1								
	QBA1_OL	Sobrecarga	I0.2.12	PO_BA1_ON	Marcha	Q0.9.4	PB1_BA1	Start MQ5	MW200.8
BOMBA DE BUTIL	QBA1_RD	Ready	I0.2.13			%m368	PB2_BA1	Stop MQ5	MW200.9
	KM_BA1_ON	En Marcha	I0.2.14				PB1_BA1	Start MQ2	MW201.8
	SW_MQ2_MQ5	Selector MQ2/MQ5	I0.2.15				PB2_BA1	Stop MQ2	MW201.9
	PB1_BA1	Start MQ2	I0.3.0						
	PB2_BA1	Stop MQ2	I0.3.1						
	BA2								
	QBA2_OL	Sobrecarga	I0.3.2	PO_BA2_ON	Marcha	Q0.9.5	PB1_BA2	Start MQ5	MW200.10
BOMBA DE AGUA DESMINERALIZADA	QBA2_RD	Ready	I0.3.3			%m369	PB2_BA2	Stop MQ5	MW200.11
	KM_BA2_ON	En Marcha	I0.3.4				PB1_BA2	Start MQ2	MW201.10
	PB1_BA2	Start MQ2	I0.3.5				PB2_BA2	Stop MQ2	MW201.11
	PB2_BA2	Stop MQ2	I0.3.6						
	BA7								
BOMBA DE ENFRIAMIENTO MQ6	QBA7_OL	Sobrecarga	I0.3.7	PO_BA7_ON	Marcha	Q0.9.6	PB1_BA7	Start MQ5	MW200.12
	QBA7_RD	Ready	I0.3.8			%m370	PB2_BA7	Stop MQ5	MW200.13
	KM_BA7_ON	En Marcha	I0.3.9						
	PB1_BA7	Start MQ2	I0.3.10						
	PB2_BA7	Stop MQ2	I0.3.11						
AGITADOR MONÓMEROS	BA5								
	QBA5_OL	Sobrecarga	I0.3.12	PO_BA5_ON	Marcha	Q0.9.7	PB1_BA5	Start	MW200.14
	QBA5_RD	Ready	I0.3.13			%m371	PB2_BA5	Stop	MW200.15
AGITADOR REACTOR MQ5	KM_BA5_ON	En Marcha	I0.3.14						
	M3								
	QM3_OL	Sobrecarga	I0.3.15	M3_ON	Marcha	Q0.9.8	PB1_M3	Start	MW201.0
AGITADOR OXIDANTE	QM3_RD	Ready	I0.4.0			%m372	PB2_M3	Stop	MW201.1
	KM_M3_ON	En Marcha	I0.4.1						
	M4								
AGITADOR REACTOR MQ5	QM4_OL	Sobrecarga	I0.4.2	M4_ON	Marcha	Q0.9.9	PB1_M4	Start	MW201.2
	QM4_RD	Ready	I0.4.3			%m373	PB2_M4	Stop	MW201.3
	KM_M4_ON	En Marcha	I0.4.4						
AGITADOR OXIDANTE	M5								

CONTINÚA



AGITADOR REDUCTOR	KM_M5_ON	En Marcha	I0.4.5	M5_ON	Marcha	Q0.9.10 %m374	PB1_M5 PB2_M5	Start Stop	MW201.4 MW201.5
	M6								
VÁLVULA VAM	KM_M6_ON	En Marcha	I0.4.6	M6_ON	Marcha	Q0.9.11 %m375	PB1_M6 PB2_M6	Start Stop	MW201.6 MW201.7
	SV2								
VÁLVULA BUTIL	SV2_O	Abierta	I0.4.7	SV2_OC	Abrir/Cerrar	Q0.9.12			
	SV2_C	Cerrada	I0.4.8			%m376			
VÁLVULA VAPOR 3 NIVEL	SV1								
	SV1_O	Abierta	I0.4.9	SV1_OC	Abrir/Cerrar	Q0.9.13			
VÁLVULA VAPOR 2 NIVEL	SV1_C	Cerrada	I0.4.10			%m377			
	VA5								
VÁLVULA VAPOR 1 NIVEL	VA5_O	Abierta	I0.4.11	VA5_OC	Abrir/Cerrar	Q0.9.14			
	VA5_C	Cerrada	I0.4.12			%m378			
VÁLVULA RECIRC. AGUA 3 NIVEL	VA6								
	VA6_O	Abierta	I0.4.13	VA6_OC	Abrir/Cerrar	Q0.9.15			
VÁLVULA RECIRC. AGUA 2 NIVEL	VA6_C	Cerrada	I0.4.14			%m379			
	VA7								
VÁLVULA RECIRC. AGUA 1 NIVEL	VA7_O	Abierta	I0.4.15	VA7_OC	Abrir/Cerrar	Q0.10.0			
	VA7_C	Cerrada	I0.5.0			%m380			
VÁLVULA RECIRC. VAPOR 3 NIVEL	VA8								
	VA8_O	Abierta	I0.5.1	VA8_OC	Abrir/Cerrar	Q0.10.1			
VÁLVULA RECIRC. VAPOR 2 NIVEL	VA8_C	Cerrada	I0.5.2			%m381			
	VA9								
VÁLVULA RECIRC. VAPOR 1 NIVEL	VA9_O	Abierta	I0.5.3	VA9_OC	Abrir/Cerrar	Q0.10.2			
	VA9_C	Cerrada	I0.5.4			%m382			
VÁLVULA RECIRC. AGUA 3 NIVEL	VA10								
	VA10_O	Abierta	I0.5.5	VA10_OC	Abrir/Cerrar	Q0.10.3			
VÁLVULA RECIRC. AGUA 2 NIVEL	VA10_C	Cerrada	I0.5.6			%m383			
	VA13								
VÁLVULA RECIRC. AGUA 1 NIVEL	VA13_O	Abierta	I0.5.7	VA13_OC	Abrir/Cerrar	Q0.10.4			
	VA13_C	Cerrada	I0.5.8			%m384			
VÁLVULA RECIRC. VAPOR 3 NIVEL	VA12								
	VA12_O	Abierta	I0.5.9	VA12_OC	Abrir/Cerrar	Q0.10.5			
VÁLVULA RECIRC. VAPOR 2 NIVEL	VA12_C	Cerrada	I0.5.10			%m385			
	VA11								
VÁLVULA RECIRC. VAPOR 1 NIVEL	VA11_O	Abierta	I0.5.11	VA11_OC	Abrir/Cerrar	Q0.10.6			
	VA11_C	Cerrada	I0.5.12			%m386			
VÁLVULA AGUA 3 NIVEL	VA16								
	VA16_O	Abierta	I0.5.13	VA16_OC	Abrir/Cerr	Q0.10.7			

CONTINÚA



VÁLVULA AGUA 2 NIVEL	VA16_C	Cerrada	I0.5.14	ar	%m387			
	VA15							
VÁLVULA AGUA 1 NIVEL	VA15_O	Abierta	I0.5.15	VA15_OC	Abrir/Cerrar	Q0.10.8		
	VA15_C	Cerrada	I0.6.0			%m388		
BOMBA DE TRASBASE	VA14							
	VA14_O	Abierta	I0.6.1	VA14_OC	Abrir/Cerrar	Q0.10.9		
BOMBA DE TRASBASE	VA14_C	Cerrada	I0.6.2			%m389		
	BT							
TRASMISOR DE TEMPERATURA	QBT_RD	Ready	I0.6.4	PO_BT_ON	Marcha	Q0.10.10	Selector MQ2/MQ5	SW_MQ2_M Q5
	KM_BT_ON	En Marcha	I0.6.5			%m390		MW201 .12
TRASMISOR DE TEMPERATURA	TE1							
	TE1	Temperatura	IW0.11.0					

Esta sección se la realizo de dos maneras diferentes. De acuerdo a los equipos de campo que intervienen en el proceso de fabricación de resina del reactor MQ5 de acuerdo a los módulos I/O del PLC.

A continuación se determina los diagramas de alambrado de esta sección de acuerdo a los módulos I/O del PLC:

- Entradas discretas del PLC (Ver ANEXO D1).
- Entradas/salidas discretas del PLC (Ver ANEXO D2).
- Salidas discretas del PLC (Ver ANEXO D3).
- Entradas análogas del PLC (Ver ANEXO D4).

A continuación se determina los diagramas de alambrado de esta sección de acuerdo a los equipos de campo:

- Bomba de agua #1 (Ver ANEXO E1).
- Bomba de agua #2 (Ver ANEXO E2).
- Torre de enfriamiento 1 (Ver ANEXO E3).
- Torre de enfriamiento 2 (Ver ANEXO E4).
- Bomba de VAM (Ver ANEXO E5).
- Bomba de BUTIL (Ver ANEXO E6).
- Bomba de agua desmineralizada (Ver ANEXO E7).
- Bomba de enfriamiento MQ6 (Ver ANEXO E8).

- Agitador de Monómeros (Ver ANEXO E9).
- Agitador MQ5 (Ver ANEXO E10).
- Agitador Oxidantes (Ver ANEXO E11).
- Agitador Monómeros (Ver ANEXO E12).
- Válvula de VAM (Ver ANEXO E13).
- Válvula de BUTIL (Ver ANEXO E14).
- Válvula de Vapor Nivel 3 (Ver ANEXO E15).
- Válvula de Vapor Nivel 2 (Ver ANEXO E16).
- Válvula de Vapor Nivel 1 (Ver ANEXO E17).
- Válvula de Recirculación de Agua Nivel 3 (Ver ANEXO E18).
- Válvula de Recirculación de Agua Nivel 2 (Ver ANEXO E19).
- Válvula de Recirculación de Agua Nivel 1 (Ver ANEXO E20).
- Válvula de Recirculación de Vapor Nivel 3 (Ver ANEXO E21).
- Válvula de Recirculación de Vapor Nivel 2 (Ver ANEXO E22).
- Válvula de Recirculación de Vapor Nivel 1 (Ver ANEXO E23).
- Válvula de Vapor Agua 3 (Ver ANEXO E24).
- Válvula de Vapor Agua 2 (Ver ANEXO E25).
- Válvula de Vapor Agua 1 (Ver ANEXO E26).
- Transmisor de temperatura (Ver ANEXO E27).
- Variador de Frecuencia (Ver ANEXO E28).
- Arrancador Progresivo (Ver ANEXO E29).
- Diagrama de Fuerza de Motores (Ver ANEXO E30).

4.1.2.2. RED DE FIBRA ÓPTICA

El medio de transmisión que se utilizará en el proyecto es la fibra óptica que se constituye en una guía de onda ideal para transmisión de información, por este medio pasan señales de luz, que se propagan por la reflexión total que se produce en el interior, de esta manera viajan la señales a través de este medio permitiendo que exista comunicación.

La red utilizada es una red tipo anillo que es básicamente una conexión en serie de enlaces punto a punto independientes, cada nodo en el anillo contiene un receptor y un transmisor óptico. En un anillo la potencia óptica proveniente de cualquier transmisor se desplaza a un transmisor simple, es por esta razón que se pueden interconectar más terminales, es decir que el anillo no está limitado por la pérdida de distribución de potencia.

Topología tipo Anillo:

Conecta una central con la siguiente y la última con la primera, esto crea un anillo físico de cable.

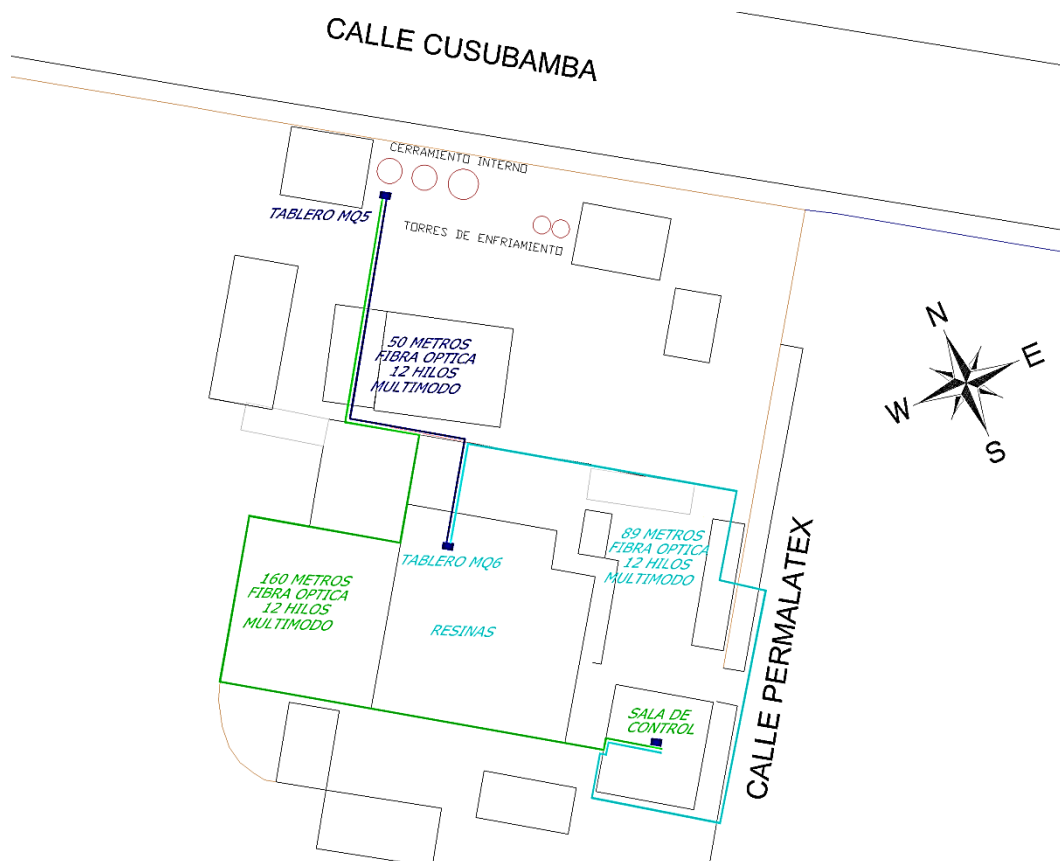
Cantidad de distribuidores internos ópticos (ODF):

Dos por nodo, es decir por tablero de control, uno que permita comenzar el anillo y otro para terminarlo.

Cantidad de Posiciones del ODF:

Cada equipo consta con 12 posiciones para cualquier tipo de conector o adaptador. Las posiciones que serán utilizadas o los puntos de conexión de fibra óptica serán cuatro; dos puntos para la salida a otro nodo y dos para la entrada del nodo anterior.

En la figura 51 se observa el recorrido realizado por la fibra óptica desde una perspectiva aérea.



REFERENCIA	DESDE	HACIA	TIPO DE FIBRA	IDENTIFICADOR	CANTIDAD
	Tablero MQ5 nuevo	Sala de control	Fibra Optica 12 hilos multimodo	FO13	160 metros
	Tablero MQ5 nuevo	Tablero MQ6	Fibra Optica 12 hilos multimodo	FO12	50 metros
	Tablero MQ6	Sala de control	Fibra Optica 12 hilos multimodo	FO23	89 metros

Figura 51 Recorrido fibra óptica vista aérea

4.2. SOFTWARE

4.2.1. PROGRAMACIÓN PLC

Para desarrollar el sistema de control del reactor MQ5 se escogido la utilización del PLC Modicon M340, en el mismo se desarrollará el programa de control. Para desarrollar el programa del PLC mencionado se ha empleado el software Unity Pro v7.0, el mismo que ha permitido una programación sencilla en cada estado del proceso.

El lenguaje de programación que se manejó en el desarrollo del programa fue mediante diagramas de bloques de funciones (FBD) (figura 52).

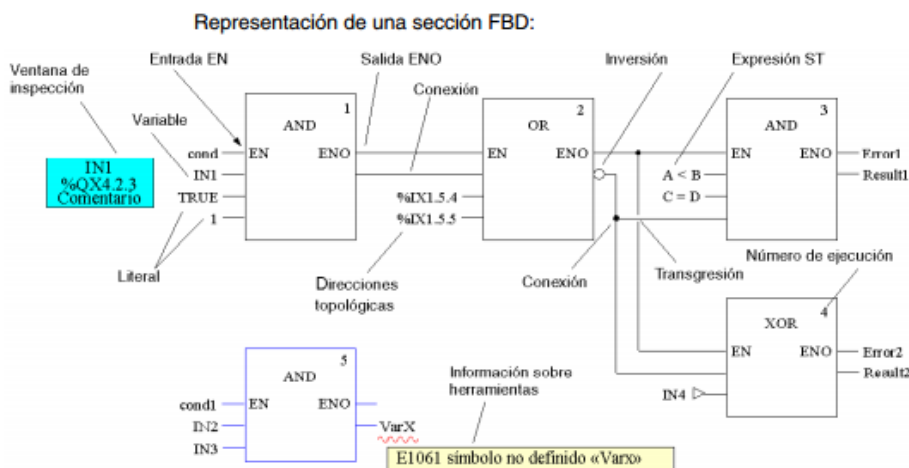


Figura 52 Representación de una sección FBD

Un programa creado con FBD, muestra una mejor calidad de diseño y requiere menos tiempo de desarrollo. Se logra la reutilización y reducción del código de programa, además de obtener una mejor presentación del programa y una fácil lectura del mismo.

Para programar con lenguaje FBD en Untiy Pro se tiene el siguiente procedimiento:

- Se crea un nuevo proyecto seleccionando “Nuevo” en el menú Fichero de la barra de menú, al crear el nuevo proyecto se elige modelo exacto de PLC utilizado y se da clic en aceptar (figura 53).

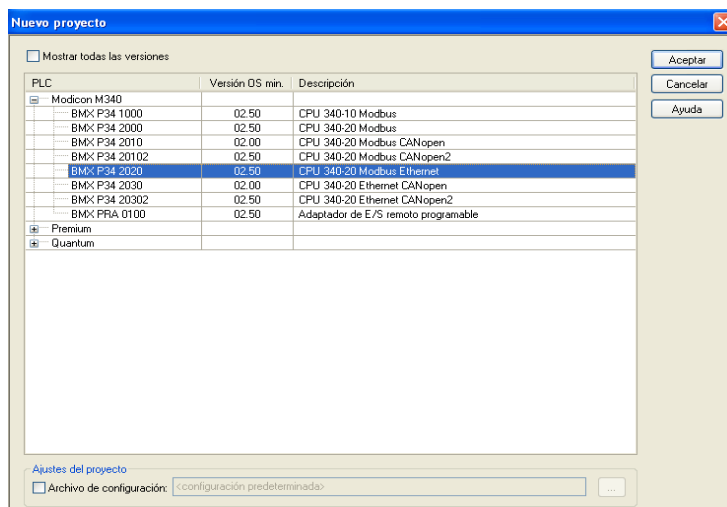


Figura 53 Nuevo Proyecto, Unity Pro

- Después se procede a la configuración de los módulos del PLC (figura 54), esto se lo realiza seleccionando el slot requerido del bastidor y eligiendo el modulo necesario del catálogo de hardware.

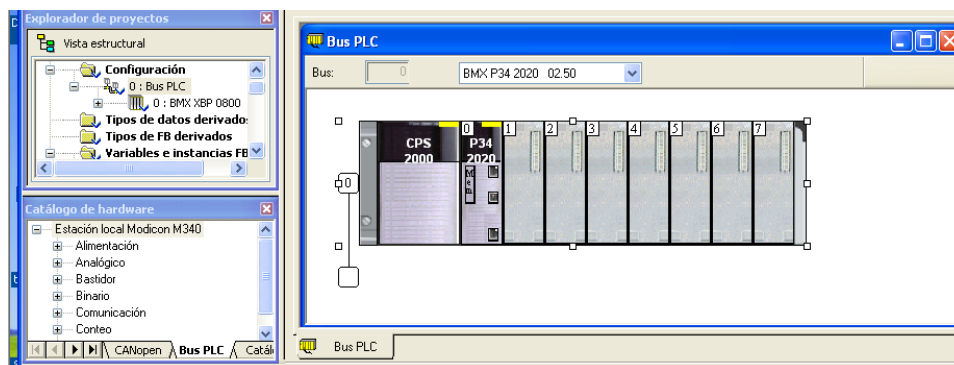


Figura 54 Configuración, Unity Pro

- Al finalizar la configuración de los módulos del PLC, se procede a la creación de una nueva sección (figura 55) seleccionando “Nueva Sección” en el menú Edición de la barra de menú, al crear la nueva sección se da el nombre de la nueva sección y se elige el lenguaje de programación que se va a utilizar.

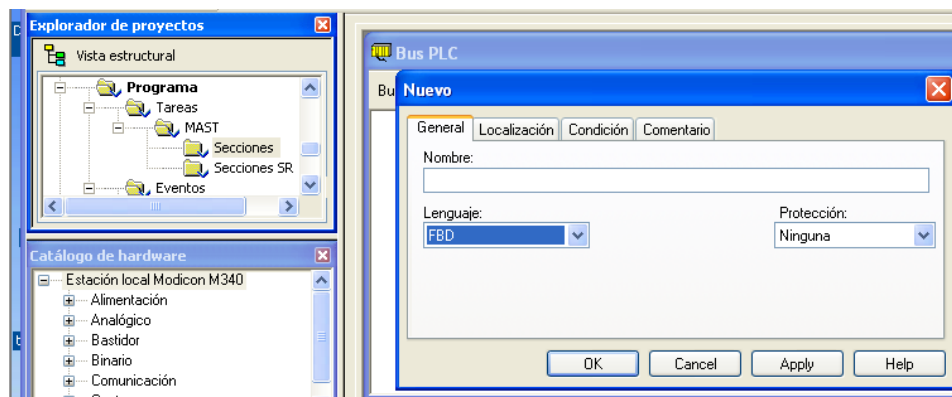


Figura 55 Nueva sección, Unity pro

- En la nueva ventana desplegada (figura 56) ya se puede realizar la programación en lenguaje FBD, mediante las funciones que nos brinda Unity Pro.

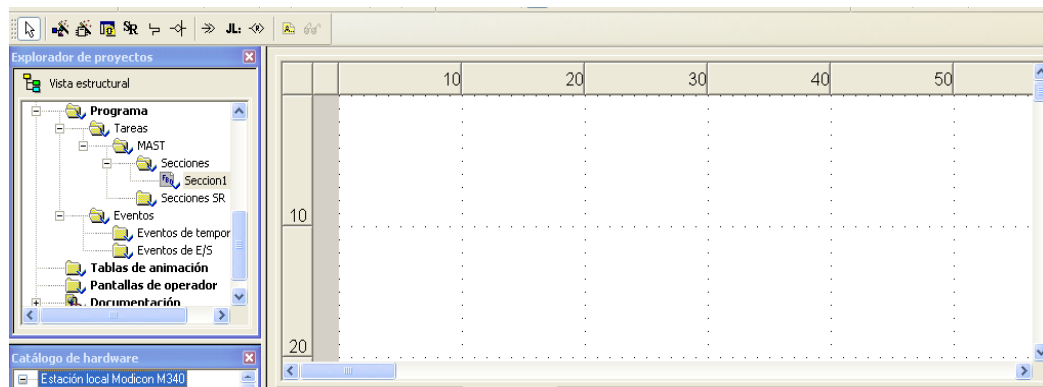


Figura 56 Sección FBD, Unity Pro

Para realizar la programación del sistema de control del reactor MQ5 en el PLC se realiza una consulta a la ingeniería básica y de detalle descrita anteriormente, en la cual está contenida toda la secuencia de la operación del proceso de fabricación de resina en el reactor MQ5.

El programa del controlador se encuentra realizado en 11 secciones (figura 57) las cuales están diseñadas para obtener un mejor desempeño en la ejecución del programa.

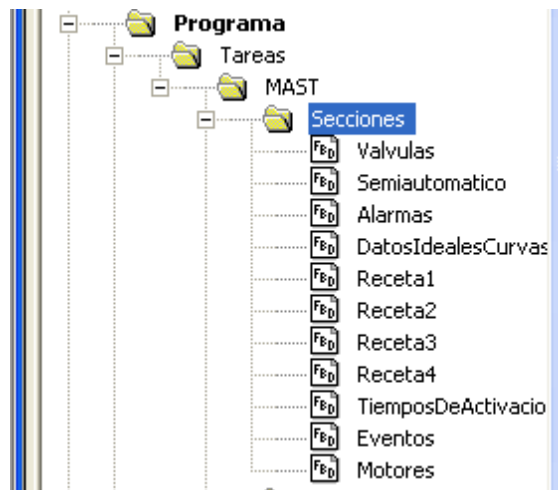


Figura 57 Secciones, PLC reactor MQ5

En la tabla 10 se encuentran las descripciones detalladas de cada sección que contiene el programa.

Tabla 10

Secciones, PLC reactor MQ5

Sección	Descripción
Motores	<p>Se realiza el control del encendido y apagado de los motores y bombas, según el modo de operación en el que se encuentre trabajando indicada por la variable SW_AUTO (0: Modo Manual y 1: Modo Semiautomático).</p> <p>Para poder activar el encendido de los motores o bombas se deben cumplir ciertas condiciones iniciales las cuales aseguran el correcto funcionamiento de los equipos.</p> <p>Para poder realizar una correcta verificación de los estados de los motores o bombas en el sistema de monitorización Scada, se lo realiza mediante la señal de realimentación KM_XXX_ON que me indica si se encuentra abierta o cerrado el motor XXX o la bomba XXX.</p> <p>(Ver ANEXO F1)</p>
Válvulas	<p>Se realiza el control del apertura y cierre de las válvulas, según el modo de operación en el que se encuentre trabajando indicada por la variable SW_AUTO (0: Modo Manual y 1: Modo Semiautomático).</p> <p>Para poder activar la apertura de las válvulas se deben cumplir ciertas condiciones iniciales las cuales aseguran el correcto funcionamiento de los equipos.</p> <p>Para poder realizar una correcta verificación de los estados de las válvulas en el sistema de monitorización Scada, se lo realiza mediante la señal de realimentación VAX_O que me indica si se encuentra abierta la válvula X.</p> <p>(Ver ANEXO F2)</p>
Receta 1	<p>En la sección Receta1 se realiza el envío de la confirmación hacia la sección Semiautomático para poder realizar el control de la apertura y cierre de las válvulas que me permitirán el paso de agua para el enfriamiento o el paso de vapor para el calentamiento. Controlando de esta manera la temperatura deseada en el Reactor MQ5.</p> <p>La elección de la apertura o cierre de estas válvulas para el control de temperatura está determinado por las diferentes etapas establecidas en la curva temperatura-tiempo de la receta ELASTHANE.</p> <p>Adicionalmente existen etapas que realizan controles manuales y controles de tiempo.</p> <p>(Ver ANEXO F3)</p>
Receta 2	<p>En la sección Receta2 se realiza el envío de la confirmación hacia la sección Semiautomático para poder realizar el control de la apertura y cierre de las válvulas que me permitirán el paso de agua para el enfriamiento o el paso de vapor para el calentamiento. Controlando de esta manera la temperatura deseada en el Reactor MQ5.</p> <p>La elección de la apertura o cierre de estas válvulas para el control de temperatura está determinado por las diferentes etapas establecidas en la curva temperatura-tiempo de la receta VIVA1.</p> <p>Adicionalmente existen etapas que realizan controles manuales y controles de tiempo.</p> <p>(Ver ANEXO F4)</p>
Receta 3	<p>En la sección Receta3 se realiza el envío de la confirmación hacia la sección Semiautomático para poder realizar el control de la apertura y cierre de las válvulas que me permitirán el paso de agua para el enfriamiento o el paso de vapor para el calentamiento. Controlando de esta manera la temperatura deseada en el Reactor</p>

CONTINÚA 

	<p>MQ5.</p> <p>La elección de la apertura o cierre de estas válvulas para el control de temperatura está determinado por las diferentes etapas establecidas en la curva temperatura-tiempo de la receta LOVA 55-E.</p> <p>Adicionalmente existen etapas que realizan controles manuales y controles de tiempo.</p> <p>(Ver ANEXO F5)</p>
Receta 4	<p>En la sección Receta4 se realiza el envío de la confirmación hacia la sección Semiautomático para poder realizar el control de la apertura y cierre de las válvulas que me permitirán el paso de agua para el enfriamiento o el paso de vapor para el calentamiento. Controlando de esta manera la temperatura deseada en el Reactor MQ5.</p> <p>La elección de la apertura o cierre de estas válvulas para el control de temperatura está determinado por las diferentes etapas establecidas en la curva temperatura-tiempo de la receta ACRILAT 501.</p> <p>Adicionalmente existen etapas que realizan controles manuales y controles de tiempo.</p> <p>(Ver ANEXO F6)</p>
Semiautomático	<p>En esta sección se recibe las confirmaciones para realizar la apertura o cierre de válvulas de las secciones Receta1, Receta 2, Receta 3 y Receta 4 y habilita un bit específico en la sección Válvulas el cual permitirá la apertura o cierre de las válvulas si se encuentra seleccionado el Modo Semiautomático.</p> <p>También se realiza la activación y el control de cambio de etapas de la receta seleccionada.</p> <p>(Ver ANEXO F7)</p>
Datos Ideales Curvas	<p>Se realiza el escalamiento necesario de la señal del transmisor de temperatura para poder utilizarla en el programa.</p> <p>Se realiza la obtención de los datos de temperatura y tiempo enviados desde el sistema Scada.</p> <p>(Ver ANEXO F8)</p>
Tiempos de Activación	<p>Se realiza la obtención de los tiempos que han transcurrido en cada etapa dentro de la receta además de habilitar un bit inicio y fin los cuales me indican que la receta iniciado o finalizado correspondientemente. Estos datos son utilizados en el sistema Scada para monitorización de la duración de dichas etapas.</p> <p>(Ver ANEXO F9)</p>
Eventos	<p>Cada receta posee eventos específicos los cuales deben ser monitorizados en el sistema Scada durante el transcurso del modo semiautomático. En esta sección se encarga de realizar la activación de los bits necesarios para que los eventos específicos sean visualizados en el sistema Scada y se tome las acciones pertinentes.</p> <p>(Ver ANEXO F10)</p>
Alarmas	<p>En esta sección se realiza la activación de las diferentes alarmas que se pueden producir durante el proceso de producción del Reactor MQ5.</p> <p>Las alarmas existentes están relacionadas a la no apertura o cierre de válvulas, al no encenderse o apagarse un motor o bomba y debido a una temperatura elevada en el reactor.</p> <p>(Ver ANEXO F11)</p>

4.2.2. SISTEMA SCADA

El software del SCADA se encuentra desarrollado en Intouch de Wonderware. El cual está instalado en el computador del Reactor MQ5 y del Reactor MQ6 respectivamente, estos se encuentran ubicados en el cuarto de control del área de Resinas de Pinturas Condor. El SCADA instalado permite realizar el monitoreo y control de temperatura en tiempo real del proceso de producción de ambos reactores.

4.2.2.1. DISEÑO DEL SISTEMA SCADA

Para el proyecto de actualización del sistema SCADA se realizó un rediseño del antiguo sistema SCADA de los reactores, tomando como base de diseño las antiguas interfaces HMI (figura 58 y 59) y su estructura de pantallas. Siempre tomando en cuenta que las interfaces HMI deben ser amigables e intuitivas para el operador, aprovechando las herramientas que nos ofrece el nuevo software utilizado para su desarrollo.

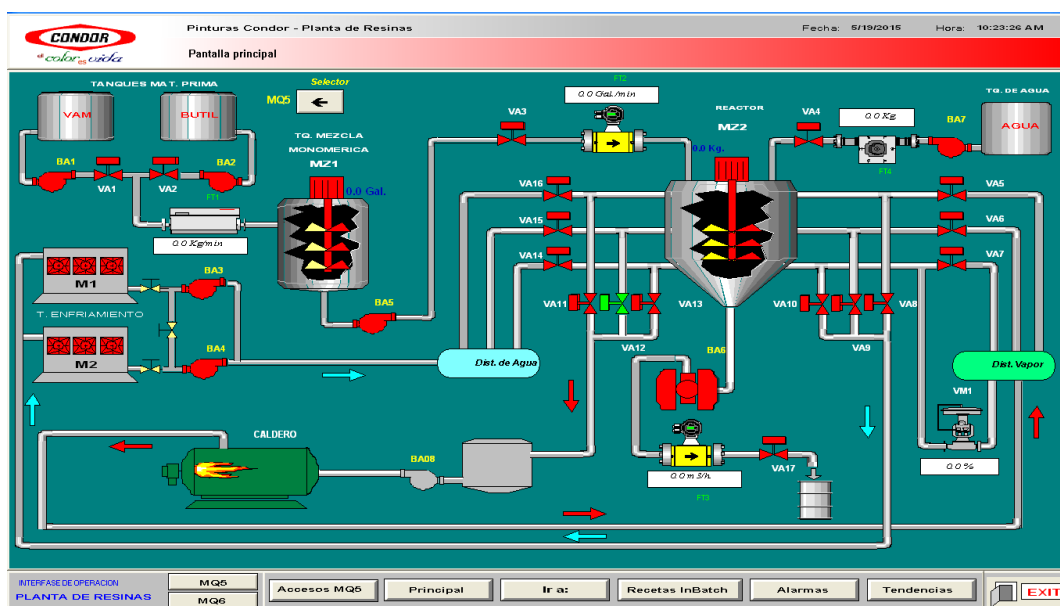


Figura 58 SCADA antiguo reactor MQ5

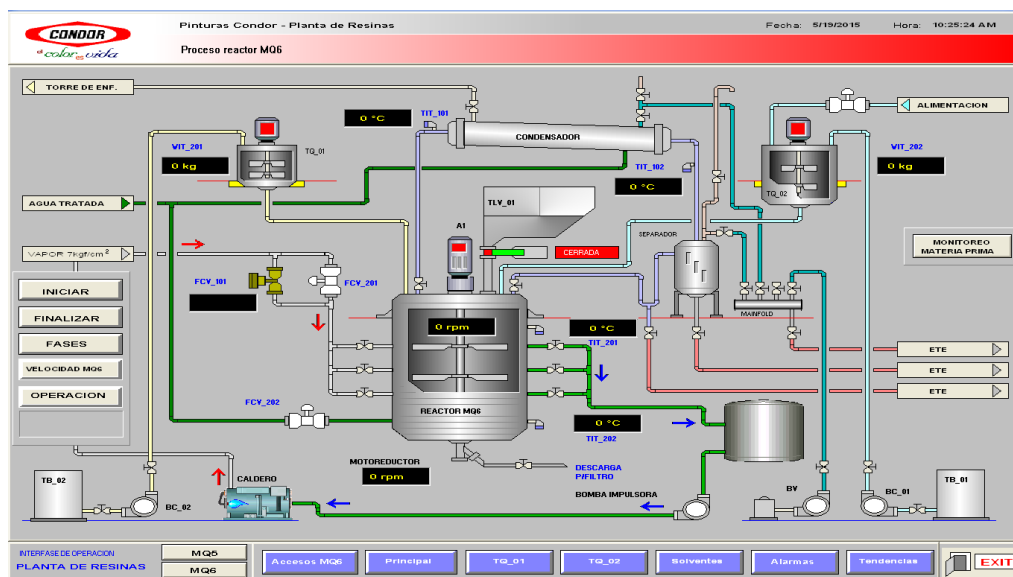


Figura 59 SCADA antiguo reactor MQ6

La estructura básica de operación de la interfaz HMI está distribuida en dos partes:

- Pantallas de operación del tanque MQ5, donde se realiza la adquisición de datos y la supervisión de control en modo manual o semiautomático de los instrumentos y máquinas que intervienen en el proceso de fabricación de resina en el reactor MQ5.
- Pantallas de operación del tanque MQ6, donde se realiza la adquisición de datos y la supervisión de control en modo manual o semiautomático de los instrumentos y máquinas que intervienen en el proceso de fabricación de resina en el reactor MQ6.

En la figura 60 se muestra la estructura de navegación de las pantallas del sistema SCADA.

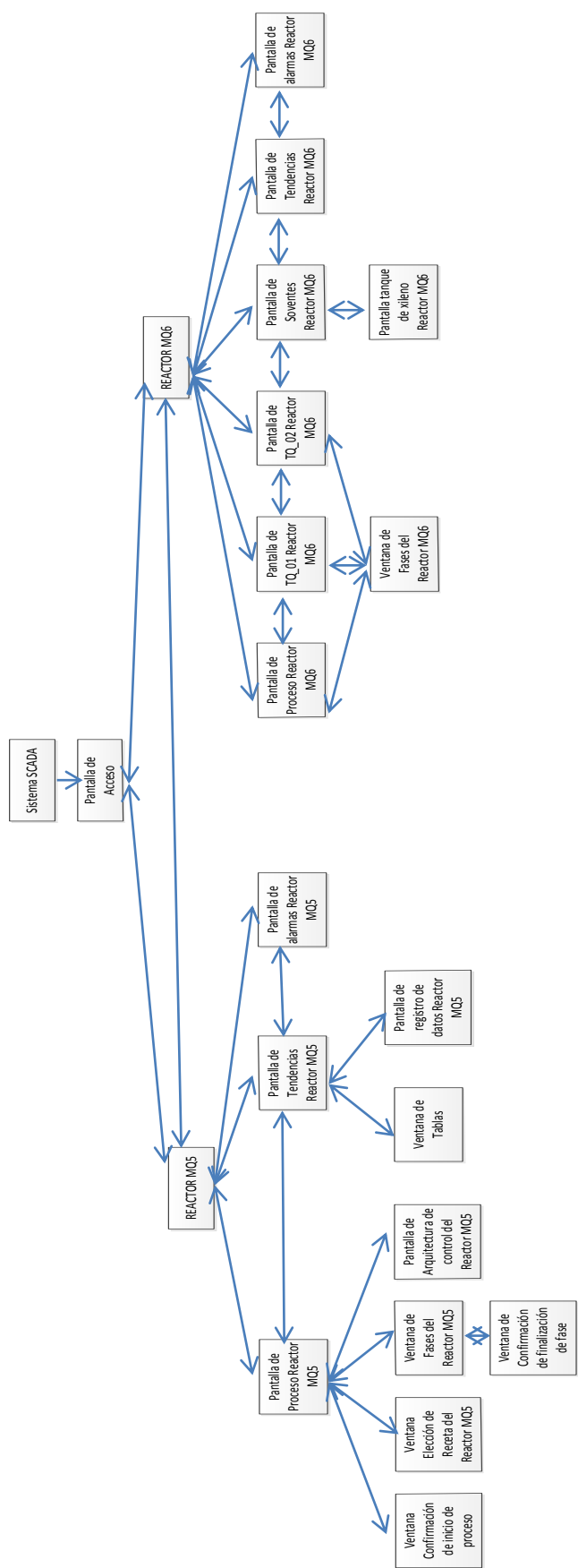


Figura 60 Estructura de navegación de las pantallas del sistema SCADA

La operación del reactor MQ5 por medio del sistema SCADA es independiente de la operación del reactor MQ6.

4.2.2.2. DESCRIPCIÓN DE PANTALLAS

Para el arranque del sistema de supervisión y control se debe iniciar el software de INTOUCH, el cual se encuentra instalado y configurado en los computadores de los reactores.

4.2.2.2.1. PANTALLA DE ACCESO

Al iniciar la aplicación se desplegará la pantalla de acceso (figura 61)

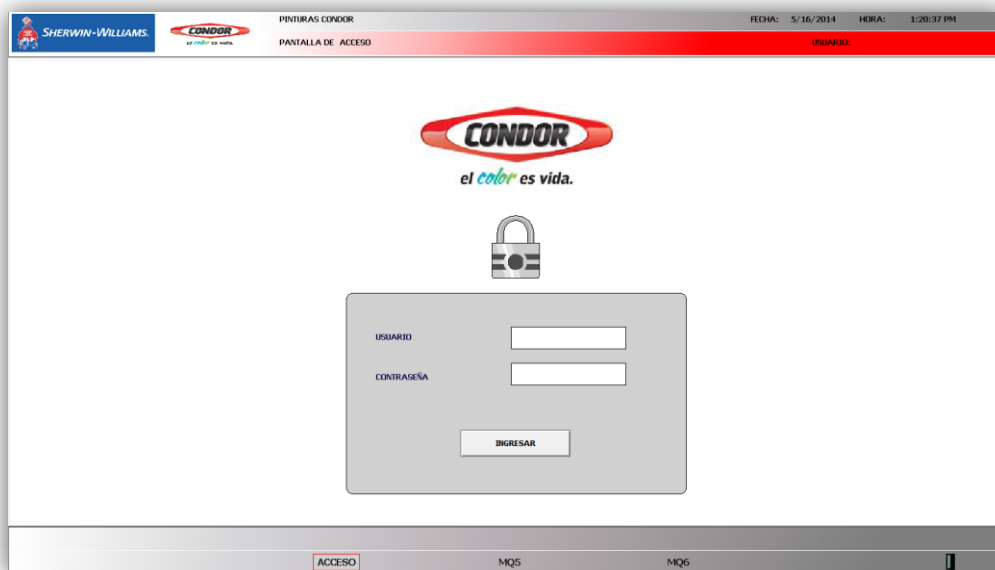


Figura 61 Pantalla de acceso.

En la pantalla de acceso como se muestra en la Figura 61 se debe ingresar los datos de los usuarios que van a manejar el sistema, estos datos son; usuario y contraseña. Una vez que se haya digitado los datos correctamente se podrá ingresar al sistema mediante el botón “INGRESAR”. El usuario y contraseña es el mismo que utilizan los supervisores y operadores para ingresar a las otras aplicaciones.

4.2.2.2.2. NAVEGADOR POR EL SCADA

Una vez que se haya ingresado al sistema en el menú inferior se activará la navegación tanto del proceso del Reactor MQ5 como del Reactor MQ6. En la Figura 62 se observa el menú inferior, mismo que contiene todas las opciones de navegación. Si se presiona en Reactor MQ5, se desplegarán las opciones de “Alarmas”, “Proceso” y “Tendencias”, si se presiona MQ6 se desplegará las opciones de “Alarmas”, “Proceso”, “Tendencias”, “Solventes”, “Tanque 01” y “Tanque 02”.

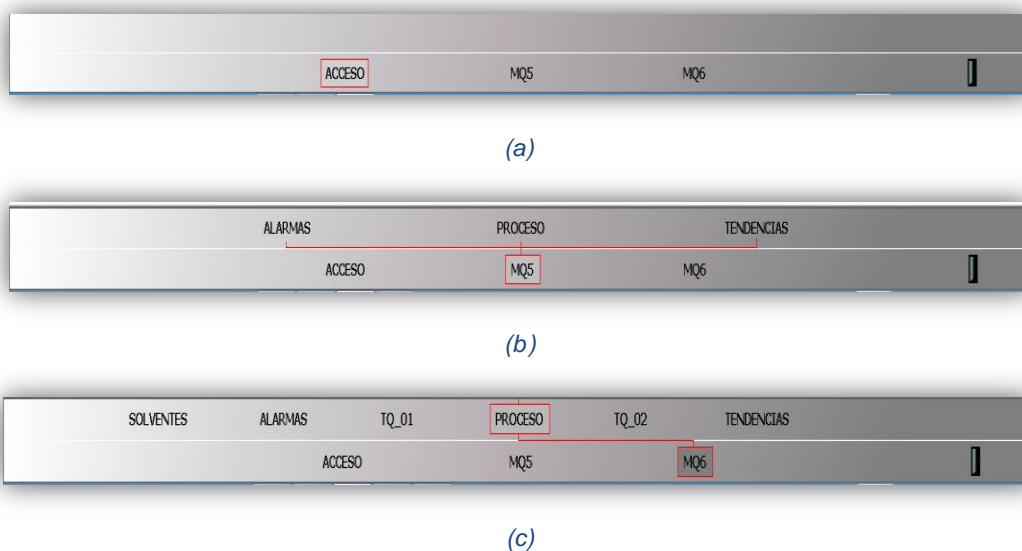


Figura 62 Menú Inferior de Navegación (a) Menú cuando MQ5 y MQ6 se encuentran desactivados, (b) Menú cuando MQ5 ha sido seleccionado, (c) Menú cuando MQ6 ha sido seleccionado

4.2.2.2.3. PANTALLA PROCESO REACTOR MQ5

En la Figura 63 se observa el diagrama del proceso del Reactor MQ5, en el que se puede supervisar el estado de válvulas, bombas y agitadores y controlar el arranque o parada de las mismas, además se tiene la lectura de la temperatura del Reactor. En la parte izquierda se encuentra un selector del modo de control para elegir si se desea control Manual o Semiautomático, en la Tabla 12 se describen los modos de control y los botones de iniciar y parar.

Tabla 11
Opciones de la pantalla del Proceso del Reactor MQ5.

NOMBRE	DESCRIPCION
Botón "INICIAR"	<p>Despliega una ventana que requiere la confirmación que se hayan realizado las revisiones iniciales, si todas se encuentran seleccionadas el proceso iniciará al dar clic en "ACEPTAR", de lo contrario no se podrá iniciar. Ver Figura 64.</p> <p>Si efectivamente el proceso inició, el foco que se encuentra en el botón se encenderá.</p> <p>Si no se ha seleccionado ninguna receta, el proceso iniciará con la receta por defecto "Receta #1".</p>
Botón "PARAR"	<p>Despliega una ventana que requiere la confirmación para finalizar el proceso para esto se debe dar clic en el botón "ACEPTAR", caso contrario en el botón "REGRESAR". Ver Figura 65.</p> <p>Si efectivamente el proceso finalizó el foco que se encuentra en el botón se encenderá.</p>
<p>Selector:</p> <p>MANUAL</p> <p>SEMIAUTOMÁTICO</p>	<p>Permite la selección del modo de control.</p> <p>Una vez que el proceso ha iniciado el modo Manual permite el arranque o parada de bombas, válvulas y motores en cualquier momento que sea necesario para realizar la producción de resinas.</p> <p>Este modo permite que el proceso se desarrolle sin la necesidad que los operadores controlen ninguno de los instrumentos como válvulas, bombas o agitadores, solo requiere la confirmación de las fases manuales de cada una de las recetas.</p>

En esta pantalla se tiene un submenú de navegación, el mismo que se encuentra detallado en la Tabla 12.

Tabla 12
Submenú de Navegación de la ventana del proceso del Reactor MQ5

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
FASES	<p>Este botón despliega la ventana de las Fases del proceso de Producción, en la que se podrá supervisar el tiempo transcurrido, la fase en la que se encuentra y el tiempo seleccionado. Ver Figura 66.</p> <p>En caso que la fase haya terminado se debe terminar la fase actual y pasar a la siguiente, para esto se tiene que dar clic en el botón “FIN DE FASE #”, el cuál anticipará al operador que debe realizar esta confirmación con un blink en aquellas fases que se debe terminar con una confirmación manual.</p>
RECETAS	<p>Este botón despliega la ventana que permite elegir la receta que se desea producir existen 4 opciones. Ver Figura 67.</p> <p>Para confirmar la selección se debe dar clic en “ACEPTAR”. El botón “CANCELAR” eliminará la selección y volverá a la receta por defecto (Receta # 1).</p> <p>El botón “SALIR” regresará a la ventana anterior.</p>
INFORMACIÓN PROYECTO MQ5	<p>Este botón despliega la arquitectura de control manejada en el Reactor MQ5. Es una ventana puramente informativa. Ver Figura 68.</p>

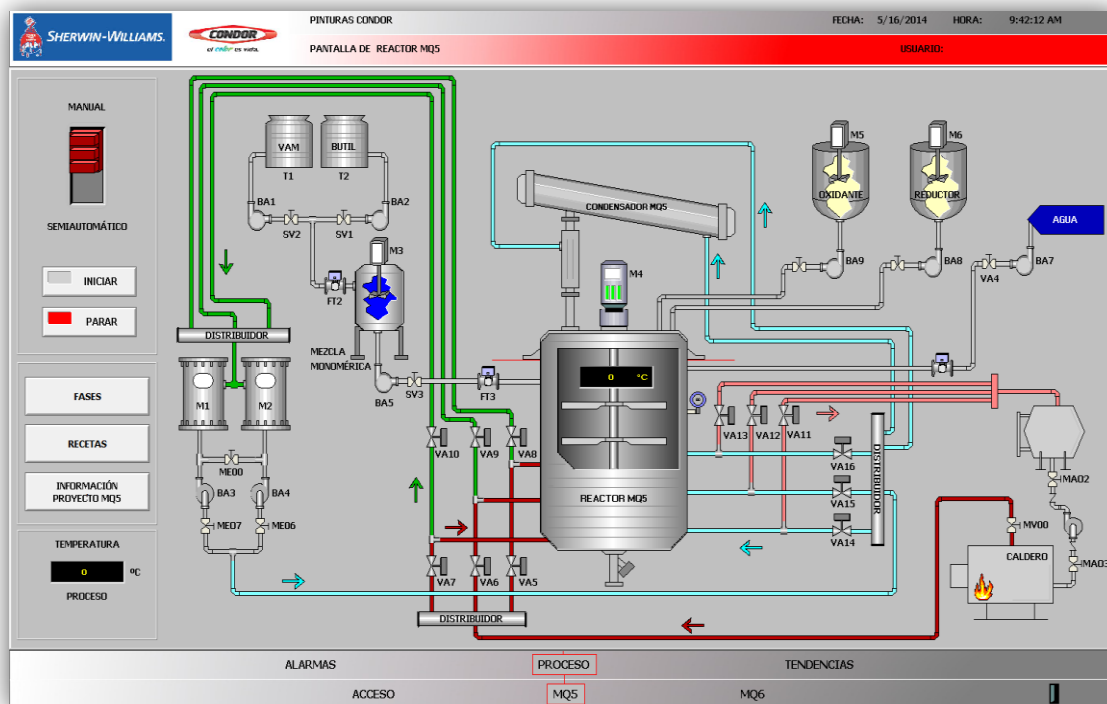


Figura 63 Pantalla del Proceso del Reactor MQ5

ANTES DE INICIAR, POR FAVOR VERIFIQUE SI SE CUMPLE CON REVISIONES INICIALES

- Reactor Limpio
- Nivel de Agua en la Cisterna
- Caldero operando a una Presión de 100 PSI
- Tuberías de adición de monómero y catalizadores limpias

ACEPTAR

REGRESAR

Figura 64 Ventana Confirmación de Petición de Inicio de Proceso



Figura 65 Ventana Confirmación de Petición de Finalización de Proceso



Figura 66 Ventana de Fases del Reactor MQ5

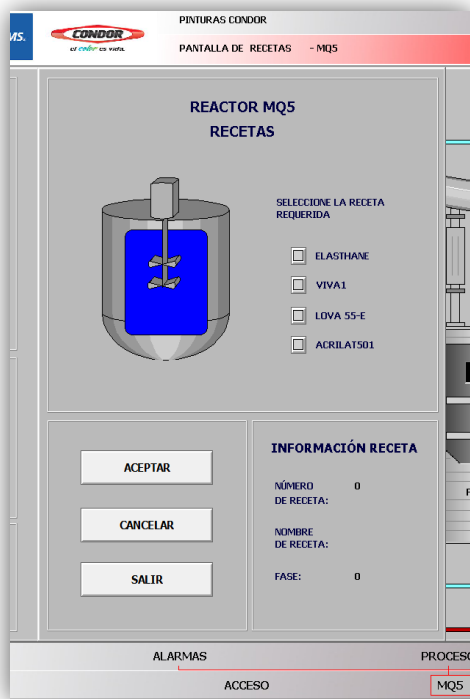


Figura 67 Ventana para seleccionar receta del Reactor MQ5

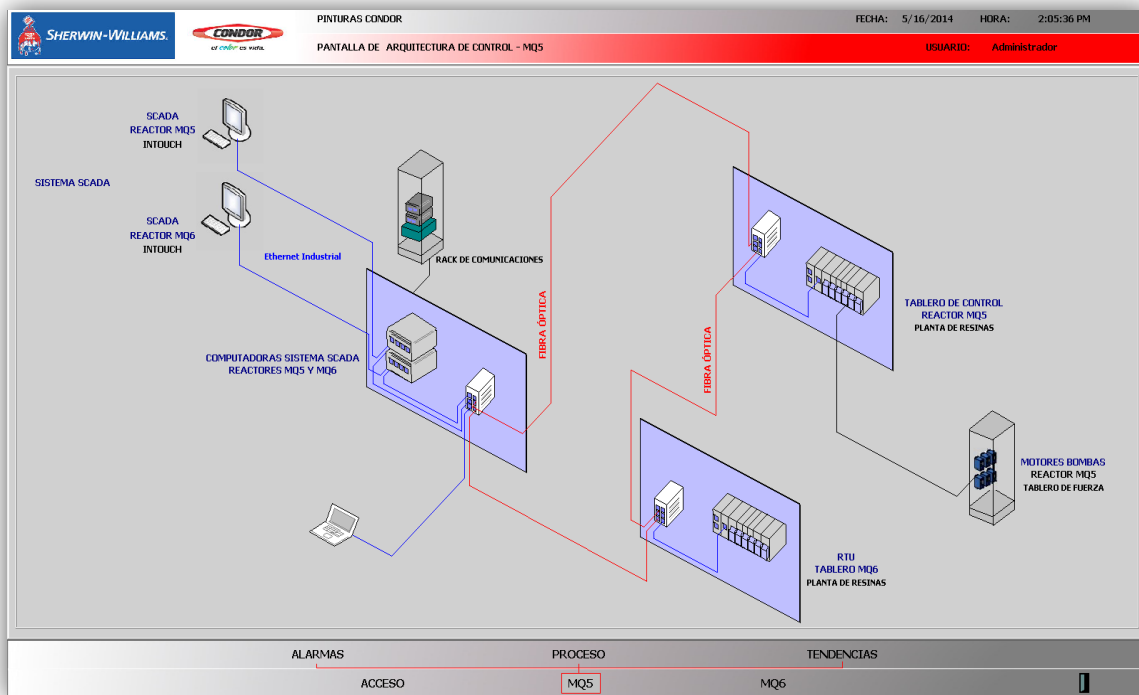


Figura 68 Arquitectura de Control del Upgrade del Reactor MQ5

4.2.2.2.4. ALARMAS REACTOR MQ5

La pantalla de Alarmas tiene un cuadro de aviso en la que se muestran las alarmas ocasionadas por diferentes eventos, entre los cuales se puede encontrar fallas mecánicas de válvulas, bombas y agitadores, alarmas en las señales por fallas en la comunicación, sobrecalentamiento en alguna de las fases, etc. El cuadro de aviso de alarmas presenta diferentes datos del momento en que ocurrió la alarma como fecha, hora, nombre, prioridad, grupo, etc.

Para Actualizar el cuadro de aviso dar clic en el botón “RECONOCER”, Para borrar las alarmas dar clic en el botón “LIMPIAR ALARMAS”. Esta ventana se la puede observar en la Figura 69.

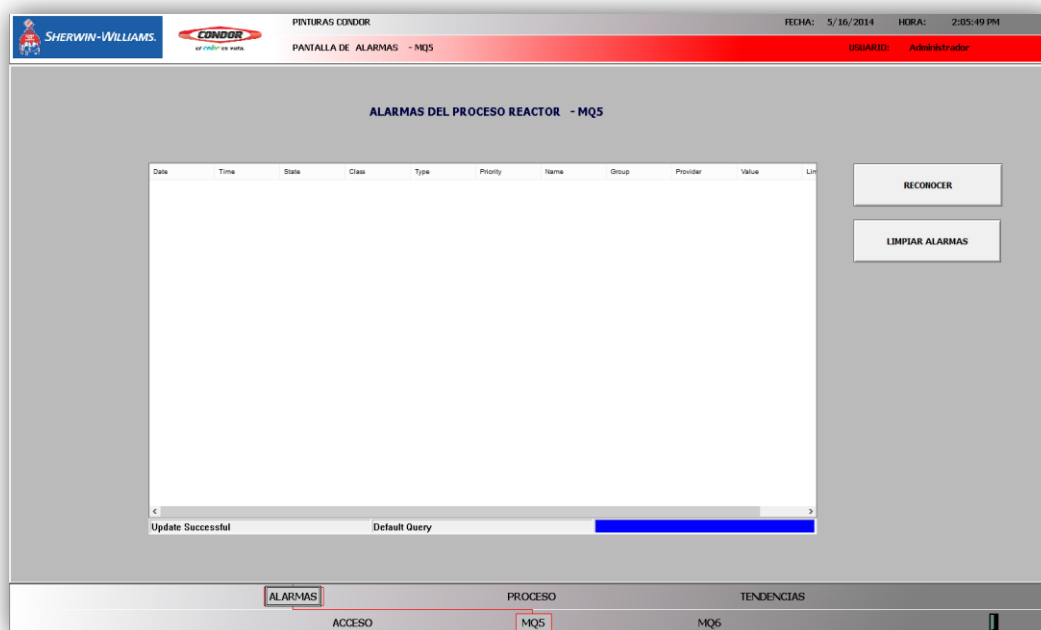


Figura 69 Pantalla de Alarmas del Reactor MQ5




4.2.2.2.5. TENDENCIAS REACTOR MQ5

En la pantalla de tendencias se tienen varias opciones para observar las gráficas de la variable del proceso, mismas que se detallan en la Tabla 13.

En esta pantalla se puede ingresar información para el registro de datos como; nombre del operador, número de lote y observaciones si las hubiera. Ver Figura 70.

Tabla 13

Opciones de la Ventana de Tendencias del Proceso MQ5

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
CURVA IDEAL	Este botón permite graficar la curva ideal de la temperatura con respecto del tiempo, de acuerdo a la receta que se encuentre seleccionada.
CURVA REAL	Este botón permite graficar la curva de la variable de proceso a partir del momento en el que se inició el proceso de producción hasta cuando finalizó el proceso.
TABLAS	Este botón despliega la ventana Tablas, en esta ventana se puede ingresar los datos de los tiempos y de las temperaturas que se requiere en cada una de las fases dependiendo la receta que se encuentre seleccionada. Ver Figura 71. Para aceptar y enviar los cambios realizados en esta tabla al proceso, se debe dar clic en “ENVIAR”, para mantener los datos establecidos o por defecto de la receta se debe dar clic en el botón “REESTABLECER”.
LIMPIAR HISTÓRICO	Este botón permite limpiar el cuadro de gráficas de curva ideal, curva real, y graficas en tiempo real
IMPRIMIR	Este botón permite imprimir el histórico que se encuentre en el histórico.
GUARDAR INFORMACIÓN	Permite guardar en un registro la información ingresada por el operador como su nombre, el número de lote del proceso, observaciones si las hubiera y además guarda la fecha y hora cuando inició y cuando finalizó el proceso. Solo se debe presionar una vez
IR A REGISTROS	Abre la pantalla de Registros en la que se mostrará la información guardada que se señala en el ítem anterior. Además consta de un botón “IMPRIMIR”, que permite la impresión de ésta ventana. Ver Figura 72.
	Estos botones permiten observar la gráfica de la variable de proceso en tiempo real, el botón de la izquierda “play” activa esta visualización y el botón de la izquierda “pause” desactiva la misma.
	Esta barra de botones permite adelantar o retrasar en el tiempo la gráfica para poder observar tendencias pasadas. El botón de la derecha permite ir hasta el momento actual de la gráfica.
	Estos botones permiten realizar un acercamiento o alejamiento de la gráfica respectivamente.

Los botones que no se detallan en la Tabla 13 no se encuentran habilitadas para el proceso del Reactor MQ5.



Figura 70 Pantalla de Tendencias del Reactor MQ5

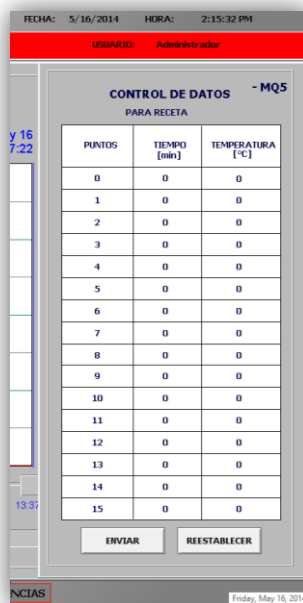


Figura 71 Ventana de Tablas del Proceso del Reactor MQ5

NOMBRE DE OPERADOR	# DE LOTE	RECETA	FECHA/HORA INICIO	FECHA/HORA SALIDA	OBSERVACIONES
fgthdg	465				no
fgthdg	465				no
fgthdg	465				no
fgthdg	465	2 VVA1			no
ghngbn	dfghdfg	2 VVA1			nano1
Marco Montalvo	2351	2 VVA1			nano2
Marco Montalvo	2351	2 VVA1			stop
Marco Montalvo	2351	2 VVA1			

Figura 72 Registros de los datos de cada producción del Reactor MQ5

4.2.2.2.6. PROCESO REACTOR MQ6

En la Figura 73. Se observa el diagrama del proceso del Reactor MQ6, en el que se puede supervisar el estado de válvulas y agitadores y controlar el arranque o parada de las mismas, además se tiene la lectura de la temperatura del Reactor en nivel bajo y alto y la lectura de la velocidad en rpm del agitador del Reactor MQ6. En la parte izquierda se encuentra un selector del modo de control para elegir si se desea control Manual o Semiautomático, en la Tabla 14 se describen los modos de control y los botones de iniciar y parar.

En esta pantalla se tiene un submenú de navegación, el mismo que se encuentra detallado en la Tabla 15.

Tabla 14

Opciones de la Pantalla del Proceso del Reactor MQ6

NOMBRE	DESCRIPCION
Botón "INICIAR"	Este botón iniciará el proceso al momento de dar clic en el mismo. Si efectivamente el proceso inició, el foco que se encuentra en el botón se encenderá.
Botón "PARAR"	Este botón finalizará el proceso al momento de dar clic en el mismo. Si efectivamente el proceso finalizó, el foco que se encuentra en el botón se encenderá.
Selector:	Permite la selección del modo de control.
MANUAL	Este Modo permite el arranque o parada de bombas, motores en cualquier momento que sea necesario para el desarrollo del proceso de producción una vez que éste haya sido iniciado.
SEMIAUTOMÁTICO	Este modo permite que el proceso se desarrolle sin la necesidad que los operadores controlen ninguno de los instrumentos como válvulas, bombas o agitadores, solo requiere la confirmación de las fases manuales de cada una de las recetas.

Tabla 15

Submenú de Navegación de la ventana del proceso del Reactor MQ6

NOMBRE	DESCRIPCION
FASES	Este botón despliega la ventana de las Fases del proceso de Producción, en la que se podrá supervisar el tiempo transcurrido y la fase en la que se encuentra. Ver Figura 74.

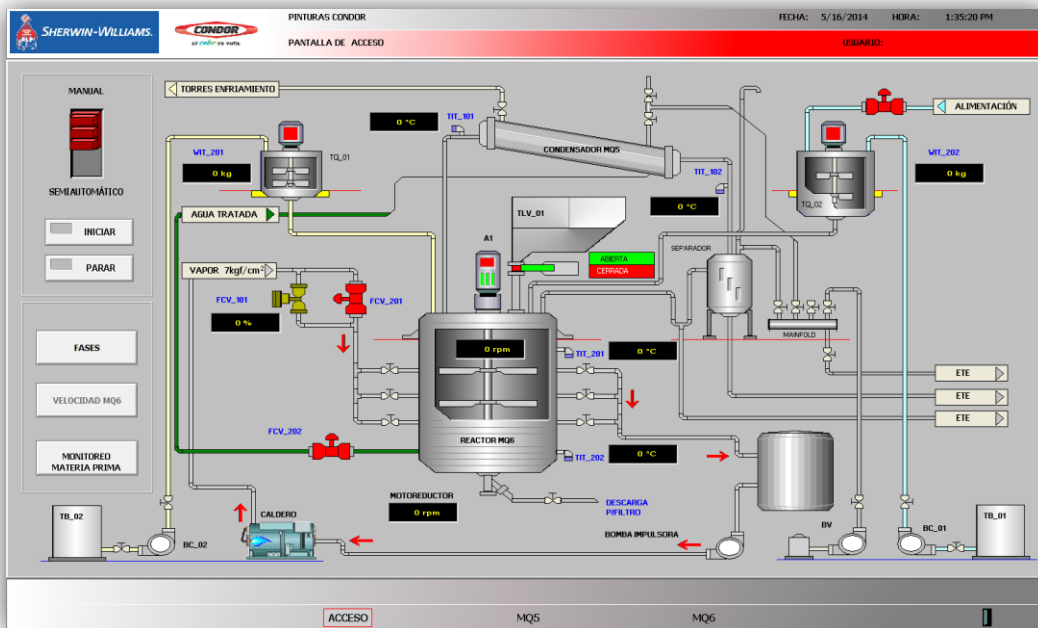


Figura 73 Pantalla del Proceso del Reactor MQ6



Figura 74 Ventana de Fases del Proceso del Reactor MQ6

4.2.2.2.7. ALARMAS REACTOR MQ6

La pantalla de Alarmas tiene un cuadro de aviso en la que se muestran las alarmas ocasionadas por diferentes eventos, entre los cuales se puede encontrar fallas mecánicas de válvulas, bombas, alarmas en las señales por fallas en la comunicación, etc. El cuadro de aviso de alarmas presenta diferentes datos del momento en que ocurrió la alarma como fecha, hora, nombre, prioridad, grupo, etc.

Para actualizar el cuadro de aviso dar clic en el botón “RECONOCER”, Para borrar las alarmas dar clic en el botón “LIMPIAR ALARMAS”. Esta ventana se la puede observar en la Figura 75.

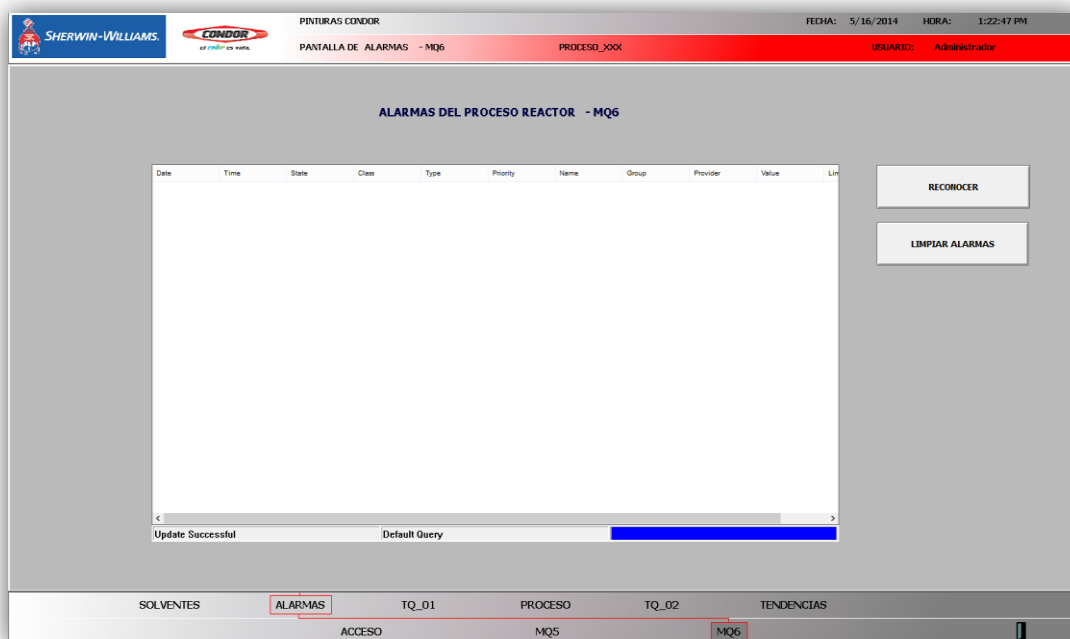


Figura 75 Ventana de Alarmas del Reactor MQ6

4.2.2.2.8. TENDENCIAS REACTOR MQ6

En la pantalla de tendencias se tienen varias opciones para observar las gráficas de la variable del proceso, mismas que se detallan en la Tabla 16.

En esta pantalla se puede ingresar información para el registro de datos como; nombre del operador, número de lote y observaciones si las hubiera. Ver Figura 76.

Tabla 16

Opciones de la Pantalla de Tendencias del Proceso MQ6



NOMBRE	DESCRIPCION
TIT_101	Este botón grafica la temperatura obtenida del transmisor TIT_101
TIT_102	Este botón grafica la temperatura obtenida del transmisor TIT_102
TIT_201	Este botón grafica la temperatura obtenida del transmisor TIT_201
TIT_202	Este botón grafica la temperatura obtenida del transmisor TIT_202
CURVA IDEAL	Este botón permite graficar la curva ideal de la temperatura con respecto del tiempo, de acuerdo a la receta que se encuentre seleccionada.
CURVA REAL	Este botón permite graficar la curva de la variable de proceso a partir del momento en el que se inició el proceso de producción hasta cuando se dio clic en este botón.
LIMPIAR HISTÓRICO	Este botón permite limpiar el cuadro de gráficas de curva ideal, curva real, y graficas en tiempo real
IMPRIMIR	Este botón permite imprimir el histórico que se encuentre en el histórico.
GUARDAR INFORMACIÓN	Permite guardar en un registro la información ingresada por el operador como su nombre, el número de lote del proceso, observaciones si las hubiera y además guarda la fecha y hora cuando inició y cuando finalizó el proceso. Solo se debe presionar una vez
IR A REGISTROS	Abre la pantalla de Registros en la que se mostrará la información guardada que se señala en el ítem anterior. Además consta de un botón "IMPRIMIR", que permite la impresión de ésta ventana. Ver Figura 21.
	Estos botones permiten observar la gráfica de la variable de proceso en tiempo real, el botón de la izquierda "play" activa esta visualización y el botón de la izquierda "pause" desactiva la misma.
	Esta barra de botones permite adelantar o retrasar en el tiempo la gráfica para poder observar tendencias pasadas. El botón de la derecha permite ir hasta el momento actual de la gráfica.



Figura 76 Ventana de Tendencias del Reactor MQ6

NOMBRE DE OPERADOR	# DE LOTE	FECHA/HORA INICIO	FECHA/HORA SALIDA	OBSERVACIONES
ghjghn	dghdfig			neno
ghjghn	dghdfig			neno1
ghjghn	dghdfig			neno2
Marco Montalúsa	23651			Ninguna

Figura 77 Registros de los datos de cada producción del Reactor MQ6

4.2.2.2.9. SOLVENTES REACTOR MQ6

En esta pantalla se puede observar en la Figura 78. En la que se observa un diagrama de la ubicación de los tanques de la piscina A y la piscina B. En la que se puede ingresar únicamente al Tanque de xileno y observar el nivel de xileno en mm y su equivalente en kg, para esto se debe dar clic en tanque MP – 86. Ver Figura 79.

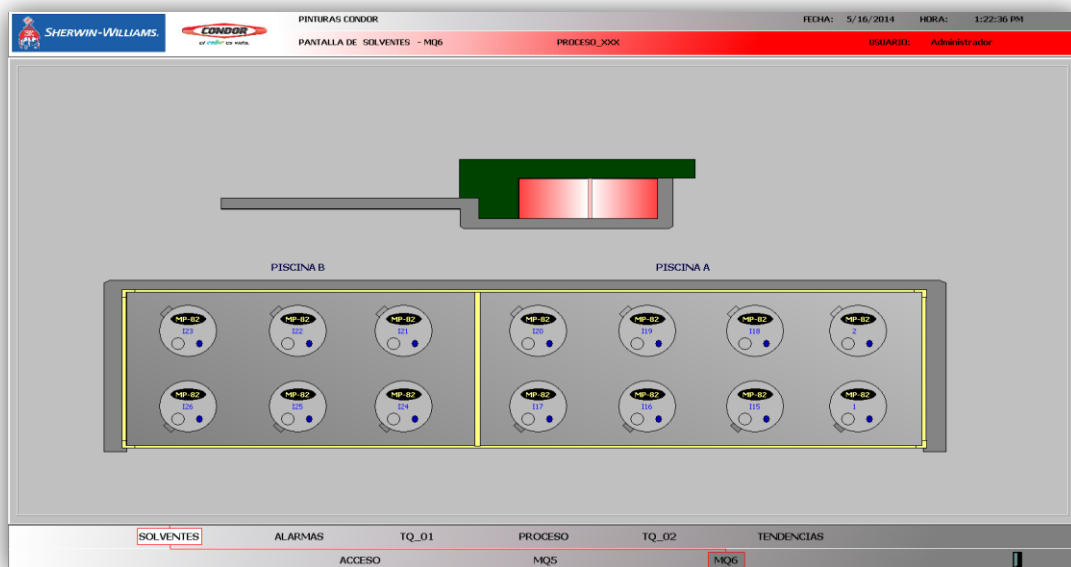


Figura 78 Pantalla de Solventes del Reactor MQ6

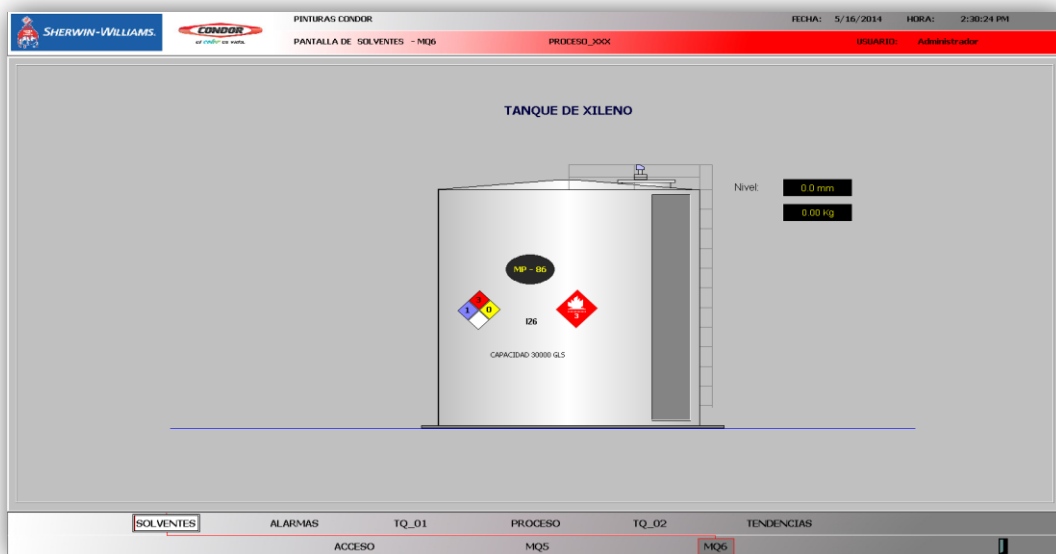


Figura 79 Ventana de Tanque de Xileno que incluye el Reactor MQ6

4.2.2.2.10. TANQUE 01 REACTOR MQ6

Esta pantalla es una ampliación del tanque 01, en la que se puede supervisar y controlar el arranque y parada del agitador de este tanque. Ver Figura 80.

El botón “FASES” despliega la ventana que muestra la evolución del proceso de producción del Reactor MQ6.

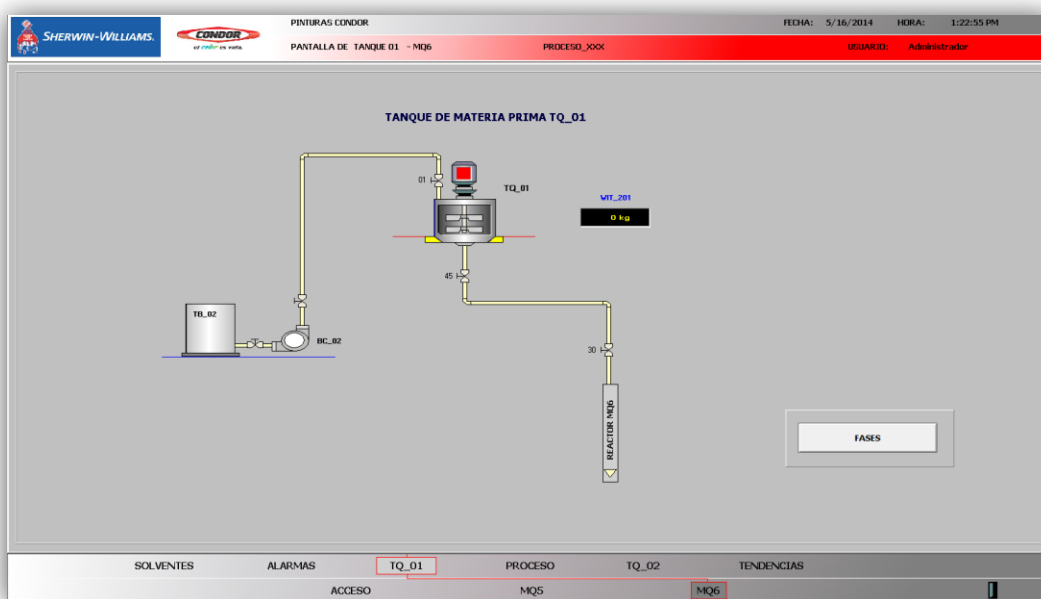


Figura 80 Pantalla de Tanque 01 del Reactor MQ6

4.2.2.2.11. TANQUE 02 REACTOR MQ6

Esta ventana es una ampliación de tanque 02, en la que se puede supervisar y controlar el arranque y parada del agitador de este tanque. Ver Figura 81.

El botón “FASES” despliega la ventana que muestra la evolución del proceso de producción del Reactor MQ6.

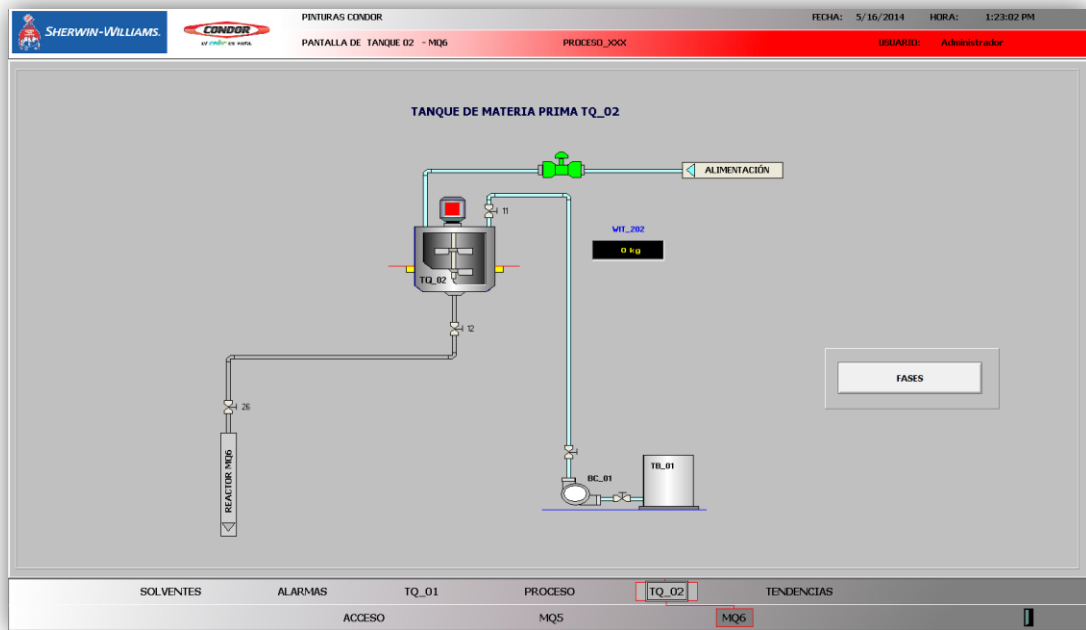


Figura 81 Pantalla de Tanque 02 del Reactor MQ6

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1. PRUEBAS DE CONEXIONES ELÉCTRICAS

Las pruebas que se realizaron en el tablero de control del reactor MQ5 y MQ6 son las siguientes:

5.1.1. PRUEBAS DE CONTINUIDAD

Se verificó la continuidad de las conexiones eléctricas del tablero de control del reactor MQ5 con ayuda de un multímetro, comprobando que las conexiones de las protecciones y borneras estén acordes al diseño de los planos eléctricos.

Para el tablero de control del reactor MQ6 se verificó la conexión de los pulsantes de marcha, de paro y luces piloto para cada motor. Se comprobó la continuidad de las conexiones eléctricas entre las borneras de los pulsantes, selectores y luces piloto y módulos del STB.

Para los transmisores de temperatura de ambos reactores se comprobó que las conexiones se encuentren conectadas en las borneras respectivas de los tableros de control de los reactores.

5.1.2. PRUEBAS DE VOLTAJE DE OPERACIÓN

Posteriormente a las pruebas de continuidad se realizó la energización del tablero de control del reactor MQ5 y con ayuda de un multímetro se comprobaron que los niveles de voltajes sean los adecuados en los dispositivos.

Se verificó que los siguientes dispositivos posean una alimentación de 120VAC:

- UPS
- Iluminación del tablero
- Tomacorrientes
- Fuente de 24 VDC

Se verificó que en el Switch, el PLC y sus módulos posean una alimentación de 24 VDC.

Posteriormente a la energización y la comprobación de un correcto voltaje de operación del tablero de control del reactor MQ5, se procedió a energizar el STB ubicado en el tablero de control del reactor MQ6 y se realizaron las pruebas de medición de voltaje de 24VDC en todos sus módulos.

En el rack de comunicaciones se realizó la medición de voltaje de 24VDC en el Switch.

5.1.3. PRUEBAS DE ACCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

Una vez concluidas las pruebas de continuidad y de voltaje de operación se verificó el funcionamiento correcto de los equipos en forma individual, para lo cual se realizó un programa en el PLC del reactor MQ5 para la comprobación individual del accionamiento de las válvulas neumáticas, de la servo-válvula, de las luces piloto y de los motores.

5.1.4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PLC Y SISTEMA SCADA

5.1.4.1. PRUEBAS DEL PLC

Se verificó que la lectura de las señales del PLC en los módulos de entradas sean correctos ya sean estos discretas o análogos y se verificó en los módulos de salidas se activen correctamente.

Adicionalmente, se realizaron las pruebas de comunicación entre los PLCs y los computadores que poseen el sistema SCADA, comprobando de esta manera un correcto funcionamiento de las tarjetas de comunicación Ethernet y de los ODFs y Switch industriales.

5.1.4.2. PRUEBAS DEL SISTEMA SCADA

Para las pruebas de operación de los sistemas SCADAs se comprobó que la información mostrada de los motores, válvulas y transmisores de temperatura que estén trabajando en tiempo real y sean veraces. Luego se verificó los modos de operación de cada uno de los reactores en sus respectivas computadoras.

Para el reactor MQ6 se realizaron las siguientes pruebas de modos de operación (tabla 17).

Tabla 17

Pruebas modo de operación del reactor MQ6

DESCRIPCIÓN	REVISIÓN
1. Pruebas de control Manual	
a) Verificar activación de señal del selector de control Manual/Automático	X
b) Iniciar el Proceso, verificar activación de señal en PLC en modo Manual	X
c) Finalizar proceso, verificar activación de señal en PLC en modo Manual, verificar foco encendido	X
d) Iniciar proceso, verificar foco encendido	X
e) Verificar encendido y apagado de electroválvula FCV_201	X
f) Verificar encendido y apagado de electroválvula FCV_202	X
g) Verificar encendido y apagado del agitador del TQ_01	X
h) Verificar encendido y apagado del agitador del TQ_02	X
i) Verificar encendido y apagado del Reactor MQ6	X
j) Verificar lectura de la temperatura en el HMI y PLC	X
k) Verificar lectura de la velocidad del agitador del reactor en el HMI y PLC	X
l) Verificar cambio de velocidad, (Solo para modo manual)	X
2. Pruebas de control Semiautomático	
a) Verificar activación de señal del selector de control Manual/Automático	X
b) Iniciar el Proceso, verificar activación de señal en PLC en modo Semiautomático	X
c) Finalizar proceso, verificar activación de señal en PLC en modo Semiautomático, verificar foco encendido	X
e) Iniciar el proceso, verificar foco encendido	X
h) Verificar encendido y apagado de válvulas en cada una de las fases	X
j) Verificar encendido y apagado de agitadores en cada una de las fases	X
l) En las fases automáticas verificar que la temperatura haya alcanzado el valor deseado y que los tiempos se hayan cumplido de acuerdo a lo establecido	X
p) Una vez concluida la receta ir a tendencias y verificar gráfica de curva real y curva ideal	X

Para el reactor MQ5 se realizaron las siguientes pruebas de modos de operación (tabla 18).

Tabla 18

Pruebas modo de operación del reactor MQ5

DESCRIPCIÓN		REVISIÓN
1.	Pruebas de control Manual	
a)	Verificar activación de señal del selector de control Manual/Automático	X
b)	Iniciar el Proceso, verificar activación de señal en PLC en modo Manual	X
c)	Finalizar proceso, verificar activación de señal en PLC en modo Manual, verificar foco encendido	X
d)	Iniciar Proceso, verificar foco encendido	X
e)	Verificar encendido y apagado de electroválvula VA5	X
f)	Verificar encendido y apagado de electroválvula VA6	X
g)	Verificar encendido y apagado de electroválvula VA7	X
h)	Verificar encendido y apagado de electroválvula VA8	X
i)	Verificar encendido y apagado de electroválvula VA9	X
j)	Verificar encendido y apagado de electroválvula VA10	X
k)	Verificar encendido y apagado de electroválvula VA11	X
l)	Verificar encendido y apagado de electroválvula VA12	X
m)	Verificar encendido y apagado de electroválvula VA13	X
n)	Verificar encendido y apagado de electroválvula VA14	X
o)	Verificar encendido y apagado de electroválvula VA15	X
p)	Verificar encendido y apagado de electroválvula VA16	X
q)	Verificar encendido y apagado de bomba BA1	X
r)	Verificar encendido y apagado de bomba BA2	X
s)	Verificar encendido y apagado de bomba BA3	X
t)	Verificar encendido y apagado de bomba BA4	X
u)	Verificar encendido y apagado de bomba BA5	X
v)	Verificar encendido y apagado de bomba BA7	X
w)	Verificar encendido y apagado de agitador M1	X
x)	Verificar encendido y apagado de agitador M2	X
y)	Verificar encendido y apagado de agitador M3	X
z)	Verificar encendido y apagado de agitador M4	X
aa)	Verificar encendido y apagado de agitador M5	X
ab)	Verificar encendido y apagado de agitador M6	X
2.	Pruebas de control Semiautomático	
a)	Verificar activación de señal del selector de control Manual/Automático	X
b)	Iniciar el Proceso, verificar activación de señal en PLC en modo Semiautomático	X
c)	Finalizar proceso, verificar activación de señal en PLC en modo Semiautomático	X
d)	Seleccionar Receta, verificar en PLC	X

CONTINÚA



e)	Iniciar el proceso, verificar botón fases realizó “blinking” para indicar que la primera fase de la receta ha iniciado y es una fase manual	X
f)	Verificar la correcta transferencia de datos del HMI hacia PLC	X
g)	Verificar tiempos en cada una de las fases	X
h)	Verificar encendido y apagado de válvulas en cada una de las fases	X
i)	Verificar encendido y apagado de bombas en cada una de las fases	X
j)	Verificar encendido y apagado de agitadores en cada una de las fases	X
k)	En cada una de las fases que sean manuales verificar que pase a la siguiente con el botón fin de fase	X
l)	En las fases automáticas verificar que la temperatura haya alcanzado el valor deseado y que los tiempos se hayan cumplido de acuerdo a lo establecido	X
m)	Al finalizar fases controladas por tiempo y temperatura, verificar que aparezca el mensaje correspondiente para dar aviso a estos sucesos	X
n)	Al finalizar la receta verificar el mensaje de “La receta # ha concluido”, confirmarla	X
o)	Una vez concluida la receta ir a tendencias ingresar los datos solicitados, guardarlos y verificar que se encuentren en la lista de registros	X
p)	Una vez concluida la receta ir a tendencias y verificar gráfica de curva real y curva ideal	X
q)	Realizar el mismo procedimiento indicado desde el ítem e) hasta el ítem p) con la receta #2	X
r)	Realizar el mismo procedimiento indicado desde el ítem e) hasta el ítem p) con la receta #3	X
s)	Realizar el mismo procedimiento indicado desde el ítem e) hasta el ítem p) con la receta #4	X

5.1.5. PRUEBAS Y CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA

Para la fabricación del sensor de temperatura se lo desinstalo del reactor MQ5 y se lo ubico en un recipiente especial (figura 82), en el cual se realizó el calentamiento del agua de su interior mediante baño maría. Se tomaron los datos de temperatura tiempo para obtener la ecuación ingresada en el PLC.



Figura 82 Calibración Sensor de temperatura reactor MQ5

Al ingresar la ecuación respectiva en el PLC del reactor MQ5 para el escalamiento de la señal del sensor de temperatura se verifico que esta sea la misma que la del indicador de temperatura que posee el reactor.

5.1.6. PRUEBAS FINALES DE RECETAS REACTOR MQ5

Como pruebas finales se comprobaron dos de las recetas implementadas (Viva y Elasthane), las otras dos recetas (Acrilat y Lova 55-E) por planificación de parte del personal de resinas de Pinturas Condor ya no se realizarían en el reactor MQ5.

En la figura 83 se puede apreciar la variación de temperatura de la receta VIVA utilizando el modo de operación semiautomático.

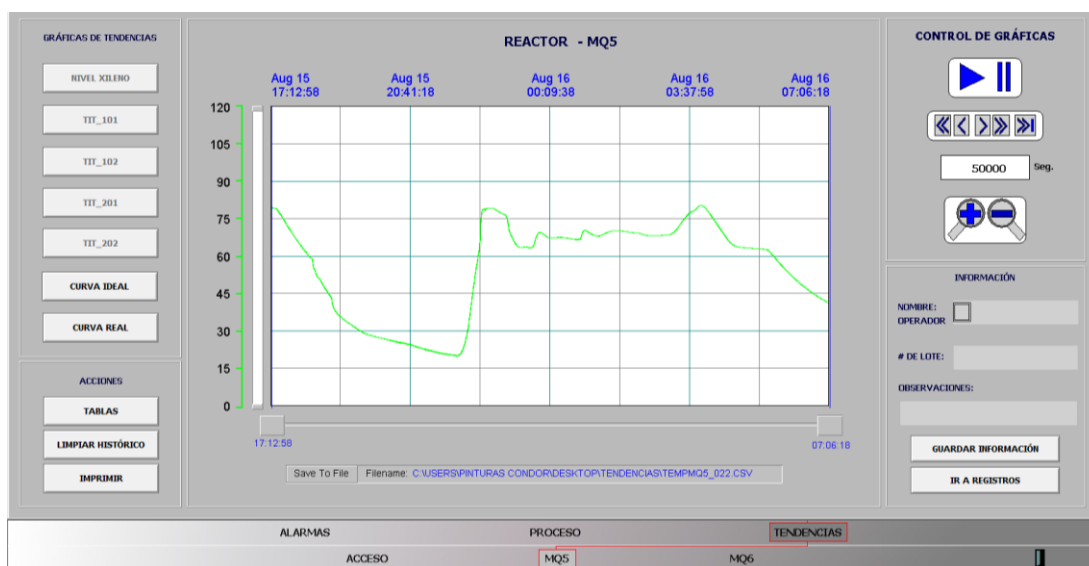


Figura 83 Receta Viva

En la figura 84 se puede apreciar la variación de temperatura de la receta ELASTHANE utilizando el modo de operación semiautomático.

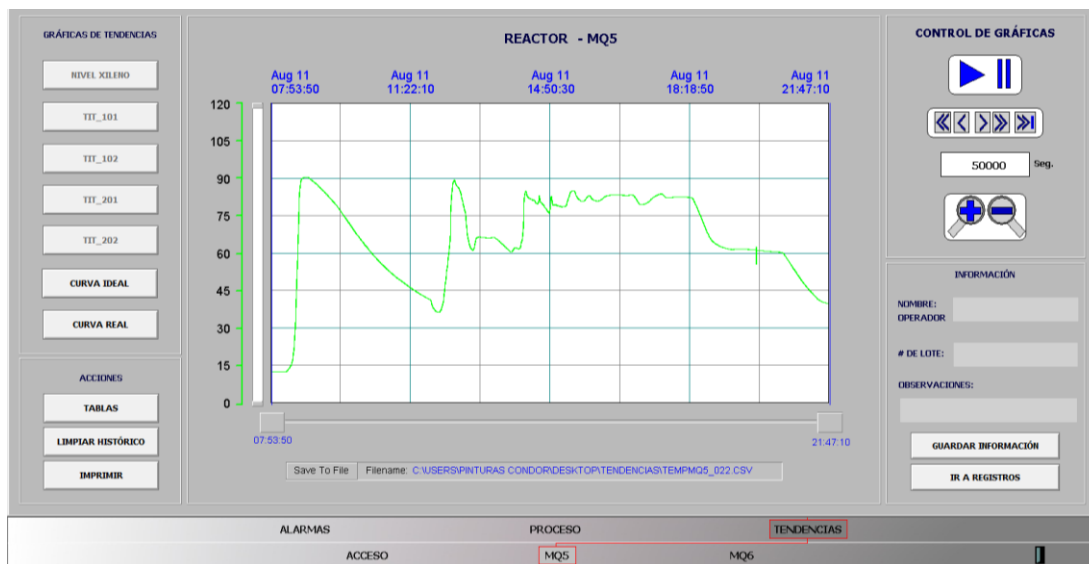


Figura 84 Receta Elasthan

Como se puede apreciar en la gráfica de temperatura de la receta Viva se tuvo un comportamiento similar a la temperatura ideal durante todo el proceso y en la receta Elasthan se observan variaciones de temperatura en las primeras fases de la receta.

5.2. RESULTADOS

Mediante las pruebas de continuidad y las pruebas de voltajes de operación realizadas en los dispositivos de los tableros de control de los reactores se corrigieron los errores cometidos en las conexiones eléctricas, por lo cual al corregir dichas conexiones se garantizó que al energizar los tableros no existirían cortocircuitos y averías en los dispositivos.

Con las pruebas realizadas en el PLC del reactor MQ5 se verificó que la señal del sensor de temperatura mediante el escalamiento adecuado nos indicaba el valor real de la temperatura del reactor.

Con el nuevo sistema de control y SCADA ya es posible tener un registro de las temperaturas y alarmas durante el proceso de elaboración de resina en el reactor MQ5 y en base a las curvas de calentamiento obtenidas de las recetas realizadas se puede analizar lo siguiente:

Al realizar la misma receta varias veces en el reactor MQ5 sin tener una limpieza del reactor entre producción y producción, produce una acumulación de resina en las paredes del reactor. Debido a esto el sistema de control de temperatura varía significativamente si el reactor MQ5 se encuentra limpio o con residuos de la anterior producción por lo cual se recomienda utilizar el modo semiautomático siempre que se encuentre limpio para obtener los mejores resultados.

La pendiente de calentamiento inicial en las recetas es variable ya que depende del uso que se le esté dando al caldero, es decir que si el caldero está siendo utilizado para calentar otros reactores la etapa de calentamiento del reactor MQ5 se demora más tiempo, mientras que si el caldero está siendo usado para calentar solo al reactor MQ5 esta etapa puede durar la mitad del tiempo.

En las fases de Semilleo y reacción exotérmicas el sistema de enfriamiento tiene buenos resultados obteniendo variaciones mínimas de la temperatura ideal.

Los mensajes de alerta sobre el incremento o disminución excesivos de la temperatura del reactor se dieron oportunamente para que el operador realice las medidas necesarias y de esta manera no se vea afectada la calidad de la resina.

Con la adición de las recetas al sistema de control y SCADA se logró reducir los tiempos muertos en cuanto al calentamiento y enfriamiento del reactor MQ5 pero todavía existen retrasos en los intervalos en los que se carga la materia prima debido a que se continúa realizando en forma manual.

La curva de temperatura de las recetas del reactor MQ5 en el modo semiautomático siguen satisfactoriamente el mismo patrón de la curva ideal de los procesos, dentro de la tolerancia permitida y existe una regulación más adecuada de la temperatura del reactor MQ5.

En la actualización del sistema SCADA del reactor MQ6 se obtuvieron los resultados esperados de adquisición de datos y supervisión de control ya que estos venían funcionando de manera óptima y no necesitaban de muchas variaciones.

El proyecto de actualización del Sistema SCADA y de control para los reactores MQ5 y MQ6 es considerado por Pinturas Cándor como un proyecto que aportó positivamente a la optimización del proceso.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Con el levantamiento de señales de control del antiguo tablero del reactor MQ5 se realizó el nuevo sistema de control tomando en cuenta las señales que se encontraban habilitadas, además de realizar un correcto diseño del nuevo tablero de control del reactor MQ5 con todos los dispositivos que se instalaron en él.
- El nuevo sistema de control garantiza que el proceso de fabricación de las resinas se realice sin ningún inconveniente, evitando paros en la producción por la falla del PLC como ocurría anteriormente.
- El comportamiento de la curva de temperatura en el reactor MQ5 obtenida con el nuevo sistema de control cumple con los parámetros y tolerancias establecidos por la curva ideal de las recetas incluidas en este.
- Se logró realizar el control de la temperatura en el reactor MQ5 mediante el flujo de vapor de agua o el flujo de agua fría que circula por las camisas del reactor en el momento oportuno.
- El control semiautomático de la temperatura del reactor MQ5, cuando efectúa las etapas de calentamiento o enfriamiento en las diferentes recetas, permite que el operador pueda cumplir con otras actividades y evita que esté pendiente todo el tiempo del reactor MQ5.
- El nuevo sistema SCADA permite monitorear y controlar el proceso de elaboración de resina de los reactores MQ5 y MQ6 en tiempo real y además entregan información muy importante para el análisis del proceso.
- El sistema SCADA registra la temperatura de los reactores MQ5 y MQ6, las cuales son almacenadas en las interfaces de los computadores y sirven para identificar los errores que se pueden dar en cada lote de producción y da pautas para mejorar el proceso.

- Con las pruebas realizadas del sistema SCADA y del sistema de control implementados en los reactores MQ5 y MQ6 se comprobó el correcto funcionamiento de todas las máquinas que intervienen en la fabricación de resina en los reactores.

6.2. RECOMENDACIONES

- Colocar un recubrimiento térmico para los reactores MQ5 y MQ6 para disminuir el tiempo de calentamiento y enfriamiento de los reactores y por tanto reducir el uso del caldero y de las torres de enfriamiento.
- Instalar servo-válvulas en las tuberías de las camisas del reactor MQ5 para poder realizar un control de temperatura PI y obtener menor variaciones de temperatura en el reactor.
- Instalar un panel de operador en campo para el reactor MQ5, ya que al encontrarse alejado el reactor MQ5 del cuarto de control (donde se encuentra el computador con el sistema SCADA) el operador no tiene una utilización frecuente del sistema SCADA.
- Habilitar las máquinas y dispositivos que se encuentran instalados físicamente pero están deshabilitados sus señales o transmisores, como los flujómetros los cuales no tienen comunicación con el PLC.

CAPÍTULO VII

7. BIBLIOGRAFÍA

ENRRIQUEZ, J. (2010). *INTEGRACIÓN DE UN PROYECTO PARA AUTOMATIZAR*.

Furukawa Industrial SA. (2015). *ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DIO BW12 (ODF)*.

Invensys Sistem . (2008). *InTouch™ User's Guide*.

MOXA. (2015). *Industrial Ethernet Infrastructure > EDS-305/308/309/316 Series*.
Obtenido de www.moxa.com

NFPA Inc. (2004). *NFPA-70E*. Massachusetts.

Schneider Electric. (2009). *Modicon M340 con Unity Pro Manual de Configuración* .

Schneider Electric. (2014). *APC Smart-UPS® User Manual*.

Schneider Electrical. (2010). *Advantys STB Applications Guide* .

ANEXOS

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

"ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA SCADA Y DE CONTROL PARA LOS REACTORES MQ5 Y MQ6 DE LA PLANTA DE PINTURAS CONDOR, SHERWIN WILLIAMS ECUADOR"

ELABORADO POR:



Jonathan David Reinoso Quiroz

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**



Ing. Luis Orozco

DIRECTOR DE LA CARRERA



SANGOLQUÍ, AGOSTO DEL 2015