

**REDISEÑO DE LA INTERFAZ DE UN SISTEMA DE PRUEBA DE
BLOQUEO DE TUBO, APLICANDO EL ESTANDAR
INTERNACIONAL**

CARLOS ANDRÉS AMAYA BAUTISTA

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESPECIALIZACIÓN EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2017**

**REDISEÑO DE LA INTERFAZ DE UN SISTEMA DE PRUEBA DE
BLOQUEO DE TUBO, APLICANDO EL ESTANDAR
INTERNACIONAL**

CARLOS ANDRES AMAYA BAUTISTA

**Monografía presentada como requisito para optar al título de
ESPECIALISTA EN CONTROL E INSTRUMENTACION INDUSTRIAL**

Director: LEIDY OLARTE SILVA
Ing. Electrónica, Spe. Control e instrumentación industrial

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESPECIALIZACIÓN EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2017**

Dedicatoria

Este Trabajo es dedico a Dios y mis percepciones espirituales

A mi familia que es el motor de mi inspiración

A todas aquellas personas que han sido ángeles en mi vida

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la vida por tener esta oportunidad.

A mi madre por la paciencia a mis compañeros y amigos por la motivación.

A Ana por estar en el momento indicado impulsándome y motivarme.

A Rubén por aportar sus conocimientos en el desarrollo de este proyecto

Agradecimientos a todos los docentes de la especialización por aportar un granito de arena a mi conocimiento.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION	12
2. gENERALIDADES, INCRUSTACIONES INORGANICAS.....	13
2.1 INHIBIDORES	14
2.2 Sistema TBT (Tube Blocking Test Device)	15
3. DESCRIPCIÓN de la arquitectura HARDWARE y SOFTWARE del sistema tbt 16	
3.1 Variables del proceso	19
3.2 Descripción del proceso.....	19
3.2.1 Primera etapa	19
3.2.2 Segunda etapa	20
3.2.3 Tercera etapa	21
3.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.....	22
4. aplicación hmi tbt v1.0	24
4.1 Arquitectura del sistema	27
4.2 Requerimientos.....	27
4.2.1 Hardware	29
4.2.2 CUBLOC Controlador lógico programable (PLC) BASIC y Ladder Logic. 30	
4.2.3 Software	30
4.2.4 Módulos usados en visual Studio	30
5. NORMATIVA	31
5.1 NORMA ANSI/ISA 101	32
5.2 Etapa de implementación del ciclo de vida de la HMI.....	32
5.3 Norma ISO 9241	36
6. IMPLEMENTACIÓN	37
6.1 SISTEMA ESTANDAR.....	37
6.2 DISEÑO	37
6.2.1 Requerimientos de supervisión	38
6.2.2 Display Estructura de navegación	38
6.3 Módulos a implementar.....	40
7. Rediseño de la aplicación HMI TBT v1.0.....	41

7.1	INTERFAZ GRAFICA	41
7.2	Inicio y control de usuario	41
7.3	PROCESO	43
7.4	Configuración.....	44
7.4.1	Conexión y comunicación	44
7.4.2	Parámetros.....	45
7.5	Tendencias	45
7.5.1	Toma de datos	46
7.6	Alarmas.....	46
7.7	Mantenimiento	47
7.7.1	Comunicaciones	48
7.7.2	Controles de bombas	48
7.7.3	Sensores	48
7.7.4	Programador	48
8.	CONCLUSIONES.....	49
9.	RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	50
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Incrustaciones e Inhibidores	14
Tabla 2.Descripción del hardware y software del sistema TBT	17
Tabla 3. Variables del proceso	19
Tabla 4.modulos HMI TBT v1.0	25
Tabla 5.Requisitos de hardware para Visual Studio 2017 y cubloc Studio V4.4	29
Tabla 6.Requerimientos de Software	30
Tabla 7.Herramientas módulos y librerías usados en Visual Studio.....	31
Tabla 8.Actividades de la etapa de implementación.	33
Tabla 9.Comunicación de los dispositivos.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Incrustaciones en tubería de acero.....	13
Figura 2. Diablo limpiando tubería.....	14
Figura 3. Inyección del inhibidor.....	15
Figura 4. Dispositivos que conformas el Sistema TBT_V1.0.....	16
Figura 5.Horno UN55.....	17
Figura 6.Capilar De trabajo.....	17
Figura 7. Bomba HPLC.....	17
Figura 8.Sensor delta de presión.....	18
Figura 9.Termocupla.....	18
Figura 10.Modulo de adquisición de datos.....	18
Figura 11.primera etapa del proceso.....	19
Figura 12.inyección de químicos a los capilares del horno.....	20
Figura 13.Segunda fase del proceso.....	20
Figura 14.Tercera fase del proceso.....	21
Figura 15.Formación de cristales.....	21
Figura 16. Diagrama Sistema TBT.....	22
Figura 17.Diagrama de flujo.....	23
Figura 18. HMI TBT v1.0.....	24
Figura 19. Arquitectura.....	27
Figura 20.Requerimientos de software y hardware.....	28
Figura 21.Regencia de objeto Microsoft Excel 15.0 Object Library.....	31
Figura 22.Ciclo de vida de una HMI.....	32
Figura 23.Definición básica de HMI según la ISA 101.....	34
Figura 24.Estructura de navegación de los Display para el administrador.....	38
Figura 25. Estructura de navegación de Display para operador de procesos.....	39
Figura 26. Estructura de navegación de Display para Usuario de mantenimiento.....	39
Figura 27.Presentación de la aplicación y control de usuarios.....	41
Figura 28.Cotrol de usuarios.....	42
Figura 29.Ventana emergente Usuario incorrecto.....	42
Figura 30.Pantalla de Proceso.....	43
Figura 31.Pantalla de configuración.....	44
Figura 32. Conexión de las bombas.....	44
Figura 33. Configuración de parámetros.....	45
Figura 34.Display de Tendencias.....	46
Figura 35.Toma de datos.....	46
Figura 36.Display de alarmas.....	47
Figura 37.Display de mantenimiento.....	47

GLOSARIO

INHIBIDOR: Químico usado para debilitar y prevenir formaciones de cristales o incrustaciones en las tuberías

INCRUSTACIONES: Formaciones de cristales y sedimento dentro de una tubería

CONSOLA: instalación de hardware, software y mobiliario necesario donde el operario supervisa o controla el proceso

DISPLAY: Representación visual de los procesos e información relacionada por los operadores

MONITOR: Dispositivo electrónico donde se visualiza la información de los Display

RTU: Unidad terminal remota, dispositivos de monitoreo y control en una ubicación geográfica separada

MTU: unidad terminal maestra sistema electrónico donde se adquiere toda la data procedente de las unidades remotas.

TAG: etiqueta que identifica un objeto

POPUP: Ventana emergente que contiene información relevante

GROUPBOX: caja que contiene un conjunto de objetos en un Display

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: REDISEÑO DE LA INTERFAZ DE UN SISTEMA DE PRUEBA DE BLOQUEO DE TUBO, APLICANDO EL ESTANDAR INTERNACIONAL

AUTOR(ES): Carlos Andrés Amaya Bautista

PROGRAMA: Esp. en Control e Instrumentación Industrial

DIRECTOR(A): Leidy Johanna Olarte Silva

RESUMEN

Un Sistema TBT es un dispositivo diseñado para estudiar la eficiencia de los inhibidores químicos usados en la industria petroquímica para prevenir la formación de minerales dentro de las tuberías e instrumentos de trabajo, el sistema utiliza el principio de ensayo de bloqueo de tubo, práctica usada en la industria para evaluar a temperatura constante la concentración de inhibidor mínima (CIM) en condiciones de flujo dinámico. La eficiencia del inhibidor se mide por la tasa de deposición en términos de pérdida de presión en la tubería. Este sistema está conformado por un conjunto de dispositivos controlados y monitoreados a través de una interfaz gráfica que permite al usuario la adquisición de datos del proceso para su posterior estudio. Cada prueba puede durar entre 3 y 5 horas por lo que la interfaz gráfica es el respaldo de cada procedimiento, esto indica que la HMI es un elemento de gran utilidad para este sistema. En este trabajo se rediseñó la interfaz gráfica del sistema de bloqueo de tubo TBT, a fin de mejorar su operación, optimizar las prestaciones que el equipo ofrece, facilitar su ejecución y la interacción entre el usuario y el proceso. La aplicación HMI se rediseño teniendo en cuenta parámetros, normas y recomendaciones emitidas por los estándares internacionales, para el diseño y desarrollo de aplicaciones HMI. La norma ISA101 "Human Machine Interfaces for Process Automation Systems" establece principalmente una guía para el diseño, construcción, operación y correcto mantenimiento de interfaces Humano Máquina (HMI), esto permitió definir una filosofía de diseño y un ciclo de vida que permite concebir mejoras futuras. Como resultado se mejoraron las prestaciones del sistema y se logró conseguir una interfaz gráfica organizada, intuitiva, de fácil aprendizaje análisis y mantenimiento.

PALABRAS CLAVE:

Inhibidor; HMI; TBT; Interfaz; Estándar; Rediseño.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: REDESIGN OF THE INTERFACE OF A TEST TUBE LOCKING DEVICE, APPLYING THE INTERNATIONAL STANDARD

AUTHOR(S): Carlos Andrés Amaya Bautista

FACULTY: Esp. en Control e Instrumentación Industrial

DIRECTOR: Leidy Johanna Olarte Silva

ABSTRACT

A TBT System is a device designed to study the efficiency of the chemical inhibitors used in the petrochemical industry to prevent the formation of minerals inside the pipes and working instruments, the system uses the principle of tube locking test, a practice used in the industry to evaluate at constant temperature the minimum inhibitor concentration (MIC) under dynamic flow conditions. The efficiency of the inhibitor is measured by the deposition rate in terms of pressure loss in the pipe. This system consists of a set of devices that are controlled and monitored through a graphical interface that allows the user to acquire data from the process for further study. Each test can last between 3 and 5 hours so the graphical interface is the backup of each procedure, this indicates that the HMI is a very useful element for this system. In this project the graphical interface of the TBT tube locking system was redesigned, in order to improve its operation, optimize the performance of the equipment, facilitate its execution and the interaction between the user and the process. The HMI application was redesigned taking into account parameters, standards and recommendations issued by international standards for the design and development of HMI applications. The ISA101 standard "Human Machine Interfaces for Process Automation Systems" mainly establishes a guide for the design, construction, operation and correct maintenance of Human Machine interfaces (HMI), this allowed to define a philosophy of design and a life cycle that allows to conceive future improvements. As a result, the performance of the system was improved and an organized, intuitive graphical interface was obtained, easy to learn, analyze and maintain.

KEYWORDS:

Inhibitor; HMI; TBT; Interface; Standard; Redesign

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1. INTRODUCCION

En un pozo de producción de petróleo se tienen aportes de agua hasta de un 80%. Generalmente este fluido es corrosivo y cuenta con iones de alto potencial de incrustaciones, esto es una amenaza común capaz de estrangular un pozo productivo en un lapso de 24 horas, lo cual puede provocar pérdidas millonarias. Estos hallazgos de depósitos minerales permiten a los ingenieros pronosticar la formación de los mismos y prevenirlos utilizando técnicas de inhibición, entre estas se pueden encontrar métodos mecánicos y químicos, los cuales con herramientas adecuadas como los sistemas de bloqueo de tubo (TBT), que para el caso de los inhibidores químicos, permite definir la eficacia de los inhibidores y la concentración mínima a usar para evitar la formación de incrustaciones minerales como (carbonato de calcio) [1].

Actualmente se encuentran en el mercado empresas integradoras y desarrolladoras de estos sistemas para diversos usos de laboratorio. Una de las características importantes de estos dispositivos es la adquisición de datos, la cual se compila y analiza a través de una interfaz de usuario que permite controlar y monitorear el sistema TBT, con esto se integra tres niveles del modelo CIM centrándonos en el nivel de supervisión también conocido como nivel SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).

Un sistema SCADA esencialmente cumple tres funciones: adquisición de datos, supervisión y control. A su vez, los sistemas SCADA están formados por distintos módulos que pueden ser implementados dependiendo de los requerimientos de la aplicación. Algunos de los módulos son: configuración, comunicaciones, interfaz gráfica, tendencias, alarmas, registro y recetas. [2]

En este trabajo se toma como base el sistema TBT desarrollado por la empresa IMOTRONICA S.A.S, al cual se le plantearon mejoras y se rediseñará su interfaz HMI basándonos en el estándar internacional ANSI/ISA 101.01 2015 e ISO 9241-210, optimizando la ergonomía y la navegación.

2. GENERALIDADES, INCRUSTACIONES INORGANICAS

Las incrustaciones son el efecto de cubrimiento de una superficie con una costra de cristales minerales depositadas por el agua que las contiene en disolución, generalmente las incrustaciones más comunes son las de carbonato de calcio ver figura 1. La formación de incrustaciones inorgánicas constituye un grave problema para la industria del petróleo y gas durante la producción de los fluidos del pozo.

Figura 1. Incrustaciones en tubería de acero.



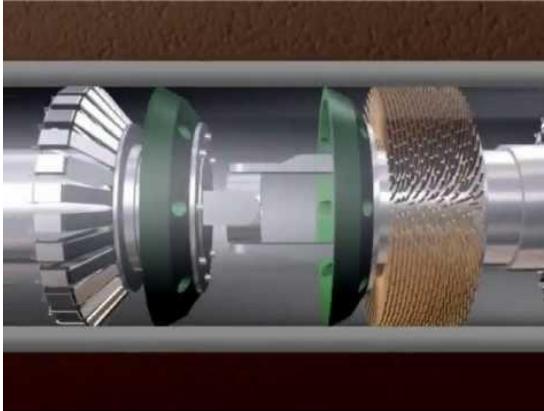
FUENTE: www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/spanish99/aut99/p30_49.pdf

Las incrustaciones pueden depositarse sobre cualquier superficie, de manera que una vez que se forman los primeros cristales, estos continúan creciendo, formando una capa cada vez más gruesa a menos que sean tratados. Estos pueden ocasionar un bloqueo en la región cercana al pozo de perforación, o en el mismo pozo, causando daño y pérdida de productividad del pozo. A su vez, se pueden depositar sobre los equipos de superficie causando su mal funcionamiento o pueden aparecer en cualquier parte a lo largo de los tubos de producción, reduciendo el diámetro interno y bloqueando el flujo, e incluso pueden formarse en las plantas de tratamiento. [1][3]. Este fenómeno constituye el de mayor frecuencia y de mayor incidencia sobre la producción en campos petroleros, y ocasiona considerables pérdidas económicas debido a las restricciones en el flujo, trabajos de reacondicionamiento de pozos y a la producción diferida. Por lo tanto, se hace necesario la implementación de técnicas de inhibición que eviten su formación y posterior deposición. [4]

2.1 INHIBIDORES

La intervención en pozos involucra una amplia variedad de tratamientos mecánicos, inhibidores y opciones químicas. La remoción mecánica se hace por medio de un diablo o mediante un chorro abrasivo que corta las incrustaciones pero deja intacta la tubería ver la figura 2. La cual muestra un diablo dentro de una tubería.

Figura 2. Diablo limpiando tubería



FUENTE: www.slb.com

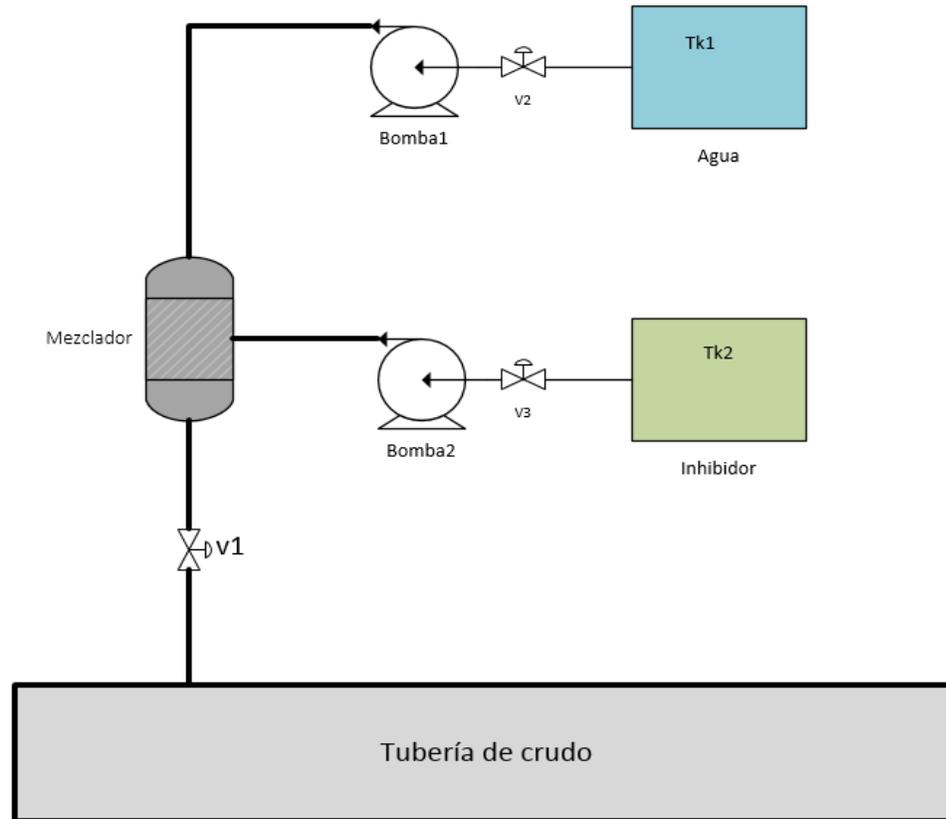
La remoción química se ejecuta con diferentes solventes de acuerdo con el tipo de incrustación, ver tabla 1.

Tabla 1. Incrustaciones e Inhibidores

<i>Incrustaciones comunes y sus solventes</i>	
Incrustación	Solvente
Las incrustaciones de carbonatos tales como el carbonato de calcio o la calcita [CaCO ₃]	Pueden disolverse fácilmente con ácido clorhídrico [HCl] a temperaturas menores de 250 °F [121°C].
Las incrustaciones de sulfato tales como el yeso [CaSO ₄ •2H ₂ O] o la anhidrita [CaSO ₄]	Pueden disolverse fácilmente usando ácido etilendiamina tetraacético (EDTA).
Las incrustaciones de cloruros tales como el cloruro de sodio [NaCl]	Se disuelven fácilmente con agua dulce o soluciones ácidas débiles que incluyen el HCl o el ácido acético

Estos inhibidores químicos se encuentra en el mercado pero cada industria crea sus propios inhibidores y mezcladores más efectivos y diseñados para usos puntuales ver figura 3.

Figura 3. Inyección del inhibidor



FUENTE: autor

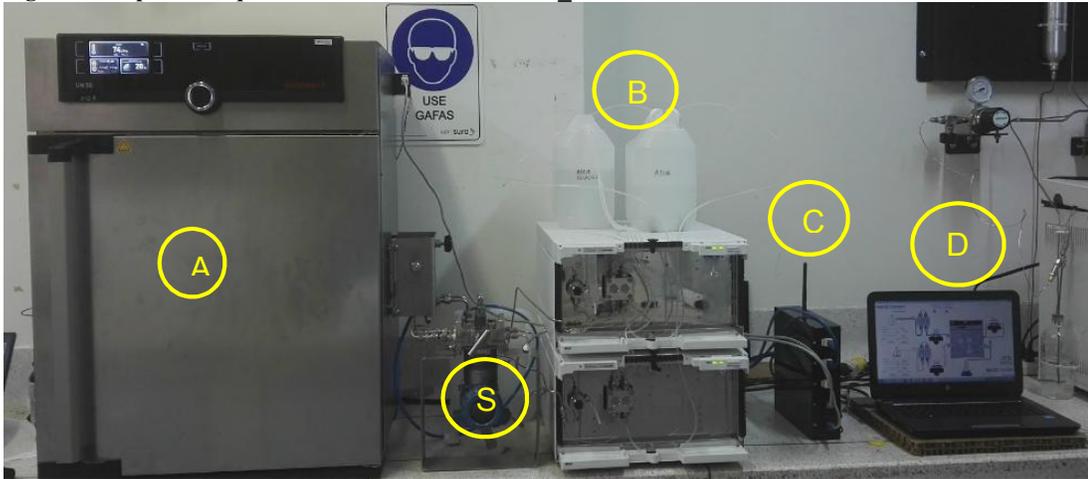
Para evaluar estos inhibidores químicos se usan diferentes técnicas de laboratorio y diferentes instrumentos que ayudan y facilitan a la hora de decidir la cantidad exacta a usar. Uno de esos sistemas es el sistema TBT (Tube Blocking Test Device).

2.2 SISTEMA TBT (TUBE BLOCKING TEST DEVICE)

El Sistema TBT es un conjunto de dispositivos controlados y monitoreados. Está diseñado para estudiar las precipitaciones e incrustaciones en tubería a condiciones de presión y temperatura constante. El dispositivo puede ser usado para estudiar la eficiencia de los inhibidores químicos para prevenir la formación de minerales, el sistema utiliza el principio de ensayo de bloqueo de tubo, que es una práctica en la industria para evaluar a temperatura constante la concentración de inhibidor mínima (CIM) en condiciones de flujo dinámico. La eficiencia del inhibidor se mide por la tasa de deposición en términos de pérdida de presión en la tubería.

La empresa INMOTRONICA S.A.S en acompañamiento con Nalco de Colombia, diseñó e implementó un sistema TBT compuesto por 2 bombas HPLC marca Knauer [8], 1 horno UN55, 1 dispositivo de adquisición de datos y comunicación, sensores y una aplicación interfaz de usuario para control y monitoreo llamada TBT_v1.0 como se observa en la figura 4.

Figura 4. Dispositivos que conforman el Sistema TBT_V1.0



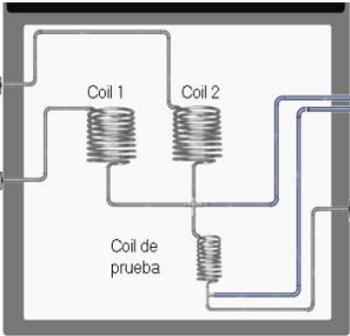
FUENTE: INMOTRONICA . A=Horno UN55, B=Bombas HPLC, C=Adquisición datos y comunicación, D=Aplicación control y monitoreo, S= sensores .

3. DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA TBT

El sistema TBT_v1.0 implementado por la empresa IMOTRONICA S.A.S está conformado por un horno de la marca MEMMERT, dos bombas HPLC (Cromatografía líquida de alta eficiencia) de la marca KANAUER, sensor de presión diferencial Rosemount 3051 y un módulo de adquisición de datos desarrollado por INMOTRONICA.

A continuación se describe las características técnicas de cada dispositivo, Ver tabla 2.

Tabla 2.Descripción del hardware y software del sistema TBT

Horno MEMMERT UN55	
<p>Figura 5.Horno UN55</p>  <p>FUENTE:www.memmert.com/es/home/</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Marca : MEMMERT • Modelo : UN 55 • Capacidad : 55 Litros • Temperatura : 20 a 300°C • Procedencia : ALEMANIA • Voltaje : 230 V (+/- 10%), 50/60 Hz • Potencia : aprox. 2.000 W • Sensor : Pt100 DIN clase A, 4 hilos • Comunicación: interfaz Ethernet , y USB • software :AtmoCONTROL • control : ControlCOCKPIT digital PID
<p>Figura 6.Capilar De trabajo</p> 	<p>El horno tiene un modificación interna se le adapto un capilar o tubería de 3 milímetros en forma de coil o bobinados donde ocurre y se analiza el fenómeno a estudiar, a la salida del coil de prueba se le adapto una manifold para controlar manualmente las presiones.</p>
BOMBA HPLC KNAUER	
<p>Figura 7. Bomba HPLC</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Marca : AZURA KNAUER • Modelo : P 6.1L • Material : Acero inox y Zafiro • Presión : 0 a 7000 psi • Caudal :0.001 a 10mL/min • Comunicación: LAN, analógico • IN análoga : 0-10 V • Voltaje : 100 - 240 V, 50-60Hz • Procedencia : ALEMANIA

ROSEMOUNT 3051

Figura 8. Sensor delta de presión



- Marca : Rosemount Emerson
- Modelo : 3051
- Material : Acero INOX
- Presión Delta: 0 a 65 psi
- Manométrica : 10,3 mbar y 689 bar (0,3 a 10.000 psi)
- Comunicación:
 - Protocolos HART de 4-20 mA, HART de 1-5 Vcc de baja potencia, fieldbus Foundation y Profibus PA
- Procedencia : AMERICANA

RTD PT100

Figura 9. Termocupla



Sensor temperatura de la bobina de prueba

- Temperatura : -190 °c a 890 °c
- Transmisor de temperatura 4 -20ma

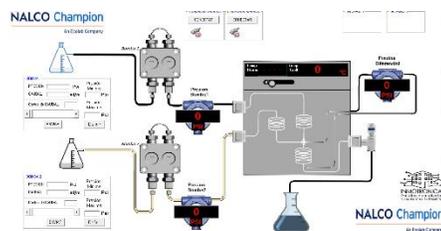
MÓDULO DE ADQUISICIÓN DE DATOS TBTV1.0

Figura 10. Modulo de adquisición de datos



- Entradas: 4 puertos rj45 comunicación Ethernet y un puerto rj45 análogo 4-20 mA
- Control: Embebido cubloc Cb405 Comfile technology ADC 10 BITS
- Transito: Placa Modem Router Wi-Fi RCA Thomson DWG855TLG, Communication Ethernet, Wi-Fi

Aplicación HMI



Software TBT_v1.0

Software desarrollado por la empresa INMOTRONICA

- Basado en visual Basic
- Aquí se controla y monitorea el comportamiento de los dispositivos
- Los datos obtenidos los guarda en tablas de Excel

	<ul style="list-style-type: none"> Las gráficas que presenta en tiempo real las dibuja sobre Excel Comunicación con el módulo de adquisición de datos es por medio de Ethernet y wi-fi
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3.1 VARIABLES DEL PROCESO

Las variables de proceso que se monitorean y manipulan se describen a continuación en cuanto a su tipo, rango y condición de operación.

Tabla 3. Variables del proceso

Variable	Rango	Tipo	Condición de Operación
Temperatura Horno	25- 300°C	Digital	Temperatura de operación del horno
Temperatura coil	25-300°C	Análoga	Temperatura en el capilar de prueba
Presión diferencial	0-50 psi	Análoga	Presión que indica formación de cristales en la tubería
Caudal bomba1	0.1-10 mL/min	Digital	Caudal al cual está inyectando el químico la bomba
Caudal Bomba2	0.1-10 mL/min	Digital	Caudal al cual está inyectando el químico la bomba
Presión Bomba1	0-7000 psi	Digital	Presión que se produce al inyectar el químico en la tubería
Presión Bomba2	0-7000 psi	Digital	Presión que se produce al inyectar el químico en la tubería

3.2 DESCRIPCION DEL PROCESO

A continuación se describe el proceso de una prueba de un inhibidor con el sistema TBT en tres etapas.

3.2.1 Primera etapa

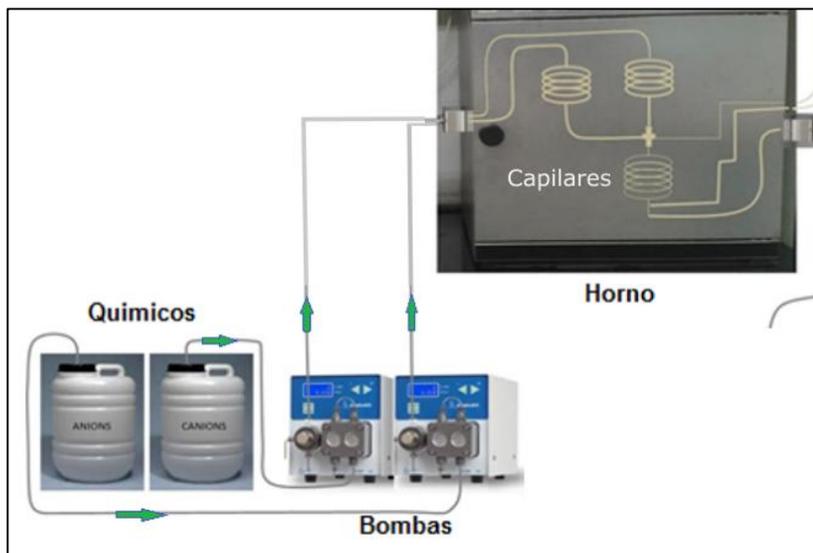
En esta etapa el operario debe cerciorar que hay conexión física entre los dispositivos bombas, horno y sensores con el módulo de adquisición y verificar una correcta comunicación con la HMI, revisar el protocolo de la prueba a realizar, a este punto el operario ajusta los parámetros de trabajo y se inicia el proceso.

Figura 11.primera etapa del proceso



- a. Se conecta todos los dispositivos al módulo y este conecta vía LAN a la HMI y se ajusta el setpoint de caudal y temperatura
- b. Se inyecta a caudal constante una salmuera de características ANIÓNICAS por la bomba 1 y una CATIONICA por la bomba 2, al capilar dentro del horno. Ver figura 12.

Figura 12. inyección de químicos a los capilares del horno



FUENTE: Nalco de Colombia

- c. El horno ajusta su temperatura entre 80 y 200 °c.

3.2.2 Segunda etapa.

En este ciclo el operario centra su atención en la aplicación HMI monitoreando las variables, se asegura que los valores que se están registrando estén acordes a lo esperado y procede a adquirir datos.

Figura 13. Segunda fase del proceso



- Se monitorea y controla todo el sistema desde la HMI y se procede a tomar datos
- Los datos se exportan automáticamente a tablas de Excel
- Monitoreo de las gráficas en tiempo real de las variables del proceso y tiempo de la prueba

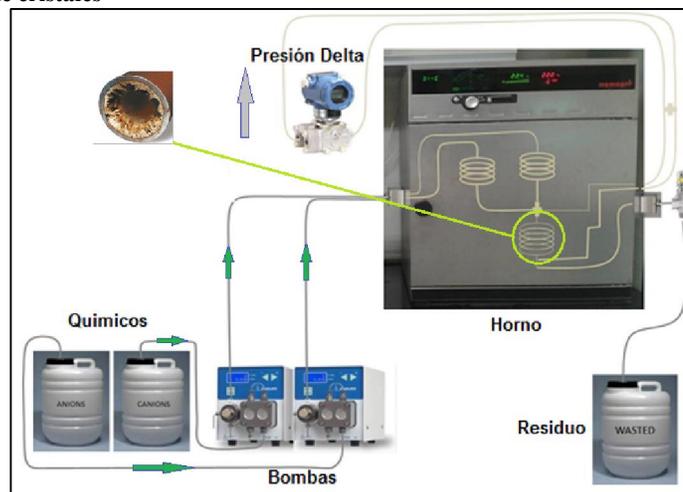
3.2.3 Tercera etapa.

Figura 14.Tercera fase del proceso



- Formación de cristales en el capilar de prueba

Figura 15.Formación de cristales



FUENTE: Nalco de Colombia

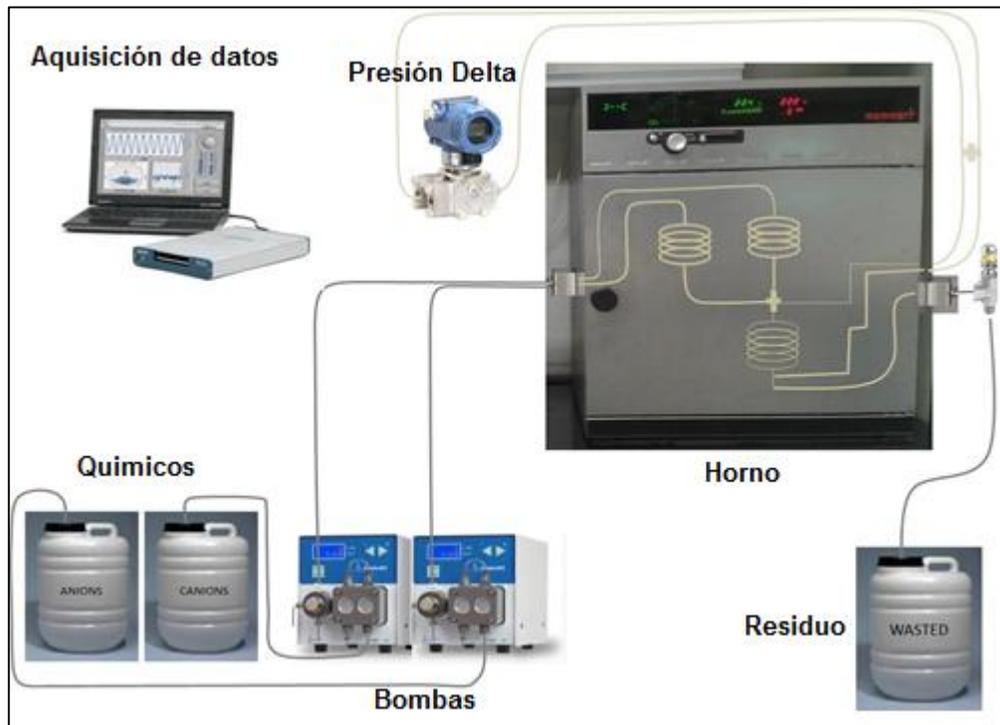
- Variación de la presión diferencial (presión aumentando)
- Inyección del inhibidor (presión diferencial debe disminuir)

d. Aseguramiento de datos

Todos los datos obtenidos se guardan para su posterior estudio y análisis definiendo la eficiencia del inhibidor, para ser usado en un pozo de extracción de crudo.

A continuación se muestra un diagrama de la distribución de los dispositivos del sistema TBT y su conexión Ver figura 16.

Figura 16. Diagrama Sistema TBT

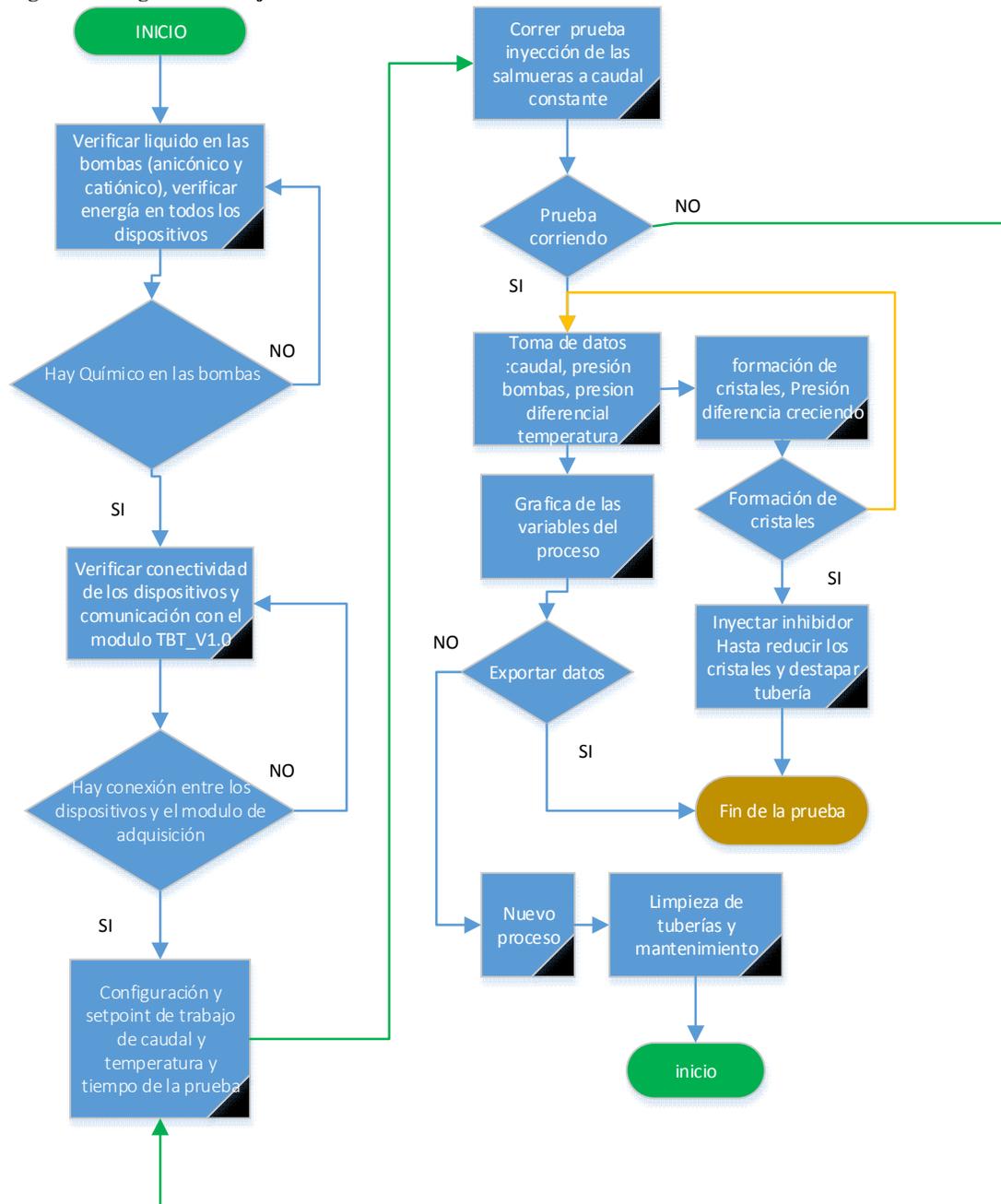


FUENTE. Nalco de Colombia

3.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

Seguidamente se muestra un diagrama de flujo del proceso en una corrida de laboratorio y las posibles opciones que pueden presentarse como fallas, verificación de conexiones, configuraciones y toma de datos. Ver figura 16.

Figura 17. Diagrama de flujo

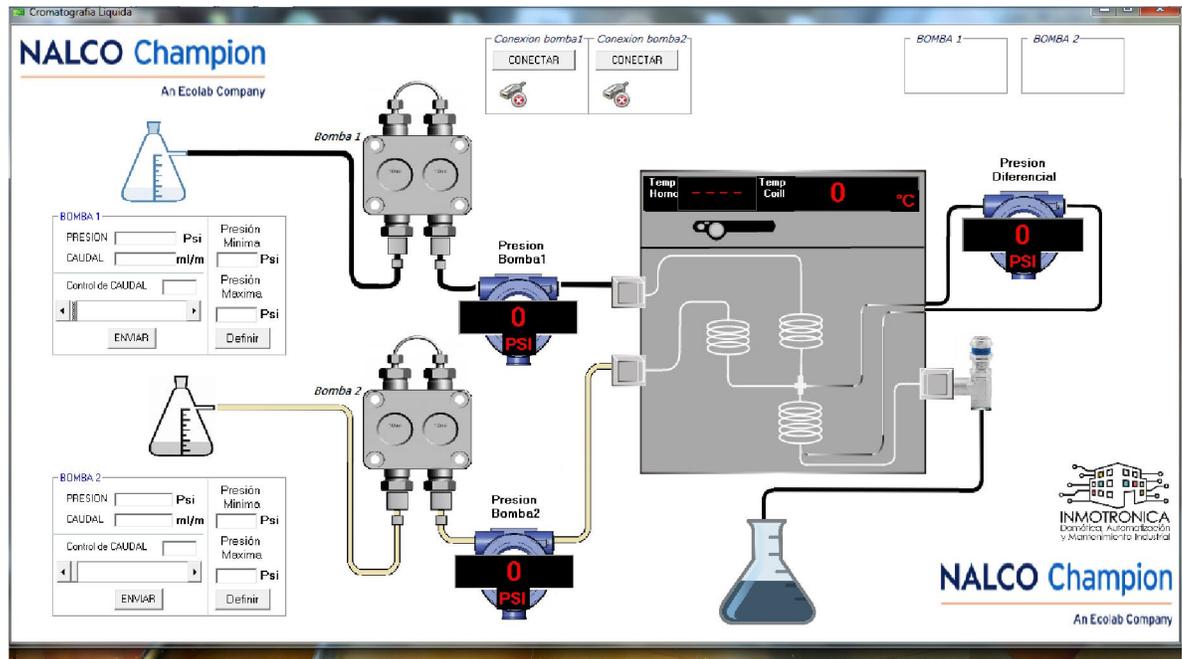


FUENTE: Carlos Andres Amaya Bautista

4. APLICACIÓN HMI TBT V1.0

La siguiente aplicación de usuario es la interfaz que se usa para controlar y monitorear todo el sistema TBT anteriormente descrito. Esta es la versión que presenta la empresa IMOTRONICA como TBTv1.0, la aplicación desarrollada en este trabajo se presenta de forma detallada en el capítulo 7 de este documento.

Figura 18. HMI TBT v1.0.



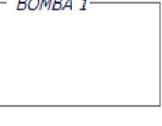
FUENTE: INMOTRONICA S.A.S

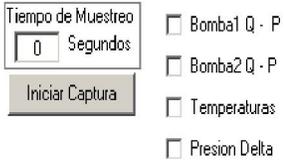
Esta aplicación aunque es funcional como la describiremos a continuación, no tiene ninguna normativa aplicada por lo que se analizó y se rediseñó en referencia al diagnóstico realizado.

Como se puede observar en la figura 18. Esta aplicación no tiene una distribución ordenada en Display por lo que consta de un solo Display donde se tiene a disposición configuración, comunicación y setpoint.

A continuación se describe cada módulo en la aplicación. Su funcionalidad y forma de usar y configurar.

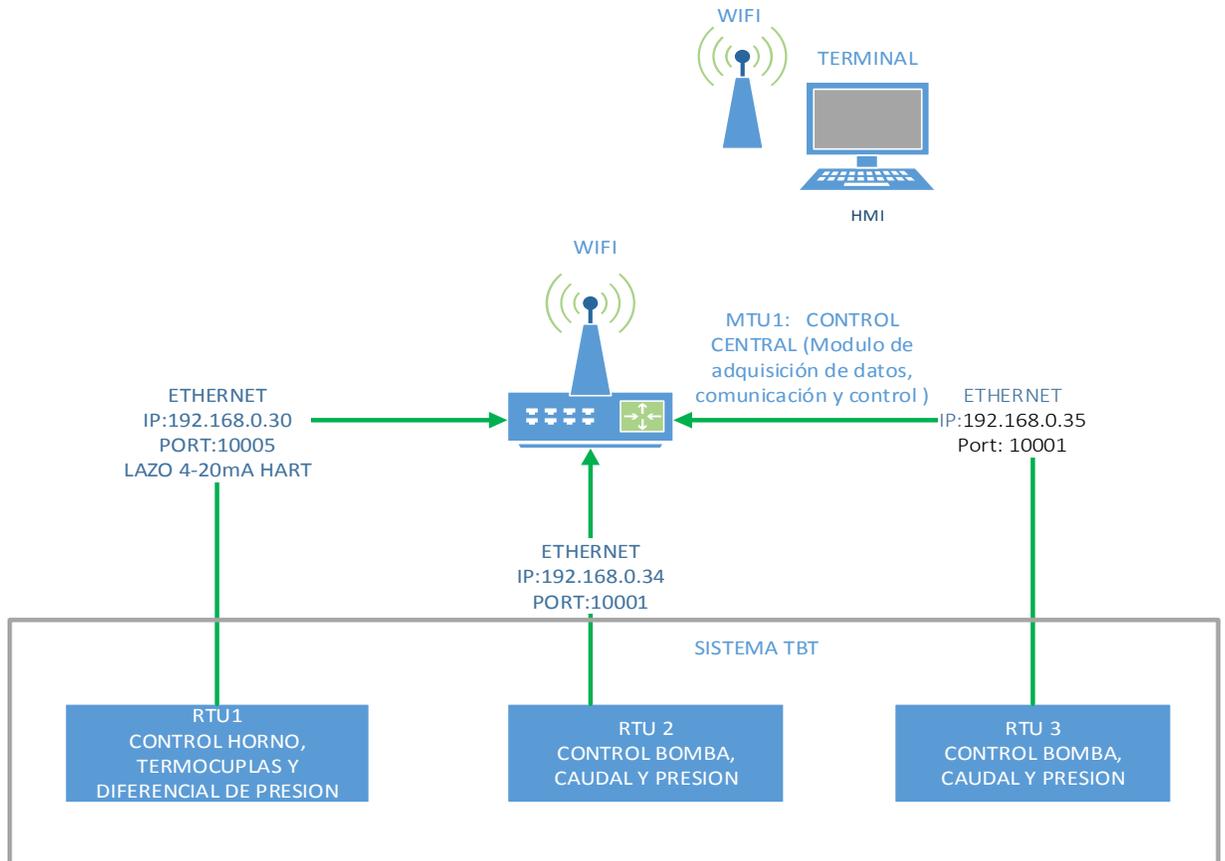
Tabla 4.modulos HMI TBT v1.0

Descripción de los módulos de la aplicación HMI TBT V1.0	
	<p>Conexión Bomba 1 Permite conectarse a la bomba 1 usando una dirección IP y puerto determinado para así controlar y permitir intercambios de información.</p> <p>IP : 192.168.0.34 Port: 10001</p>
	<p>Conexión Bomba 2 Permite conectarse a la bomba 2 usando una dirección IP y puerto determinado para así controlar y permitir intercambios de información.</p> <p>IP : 192.168.0.35 Port: 10001</p>
	<p>Conexión Incompleta Cuando la bomba no logra conectarse completamente el icono de conectar mostrará que no hay conexión. Hay que presionar DESCONECTAR y de nuevo CONECTAR <u>Tanto para bomba 1 o bomba 2</u></p>
	<p>Conexión completa Cuando la conexión sea exitosa, el icono de conexión cambia de rojo a verde indicando que la bomba ya se encuentra sincronizada con nuestra aplicación. Aparecerá un Botón de START para arrancar las bombas de cero. <u>Tanto para bomba 1 o bomba 2</u></p>
	<p>Ventana de estado Cuadro de texto que muestra el estado actual de cada bomba. P.Ej: Sin conexión, conectada, status. La aplicación cuenta con una ventana de estado por cada bomba</p>
	<p>Cuadro de control Este cuadro permite variar el flujo de cada bomba y limitar la presión del sistema para generar alertas. Dentro del cuadro de control se puede visualizar la información actual de caudal y presión. El caudal se puede variar usando la Barra (HscrollBar) o cambiando los valores por teclado.</p>

	<p>Tomar Datos</p> <p>Este botón se activa cuando la conexión es correcta. Crea una hoja de datos para almacenar toda la información pertinente del sistema.</p>
	<p>Iniciar Captura</p> <p>Permite el almacenamiento de los datos pertinentes del sistema. Para iniciar la captura hay que determinar cada cuantos segundos quiere tomar muestras y cuales señales está interesado conocer al hacer pruebas de laboratorio.</p>
	<p>Detener Captura</p> <p>Detiene el almacenamiento de datos y guarda o descarta la información tomada en cada prueba realizada en laboratorio.</p>
 	<p>Guardar – Descartar</p> <p>Permite guardar o descartar los datos para realizar nuevas pruebas de laboratorio.</p>
	<p>Nueva Captura</p> <p>Permite tomar y almacenar datos de nuevo luego de realizada una prueba.</p>
	<p>Ventana emergente popup</p> <p>Esta ventana se abre al dar clic sobre la gráfica de la bomba y muestra información como MAC, IP y puerto de comunicación</p>
	<p>Reloj</p> <p>Reloj de tiempo real que permite ver el tiempo transcurrido durante la prueba de gráfico y toma de datos.</p>
 	<p>Detener – Borrar</p> <p>Permite detener y/o Borrar la gráfica en cualquier momento por el operario para efectos de análisis.</p>

4.1 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Figura 19. Arquitectura.



FUENTE: Carlos Andres Amaya Bautista

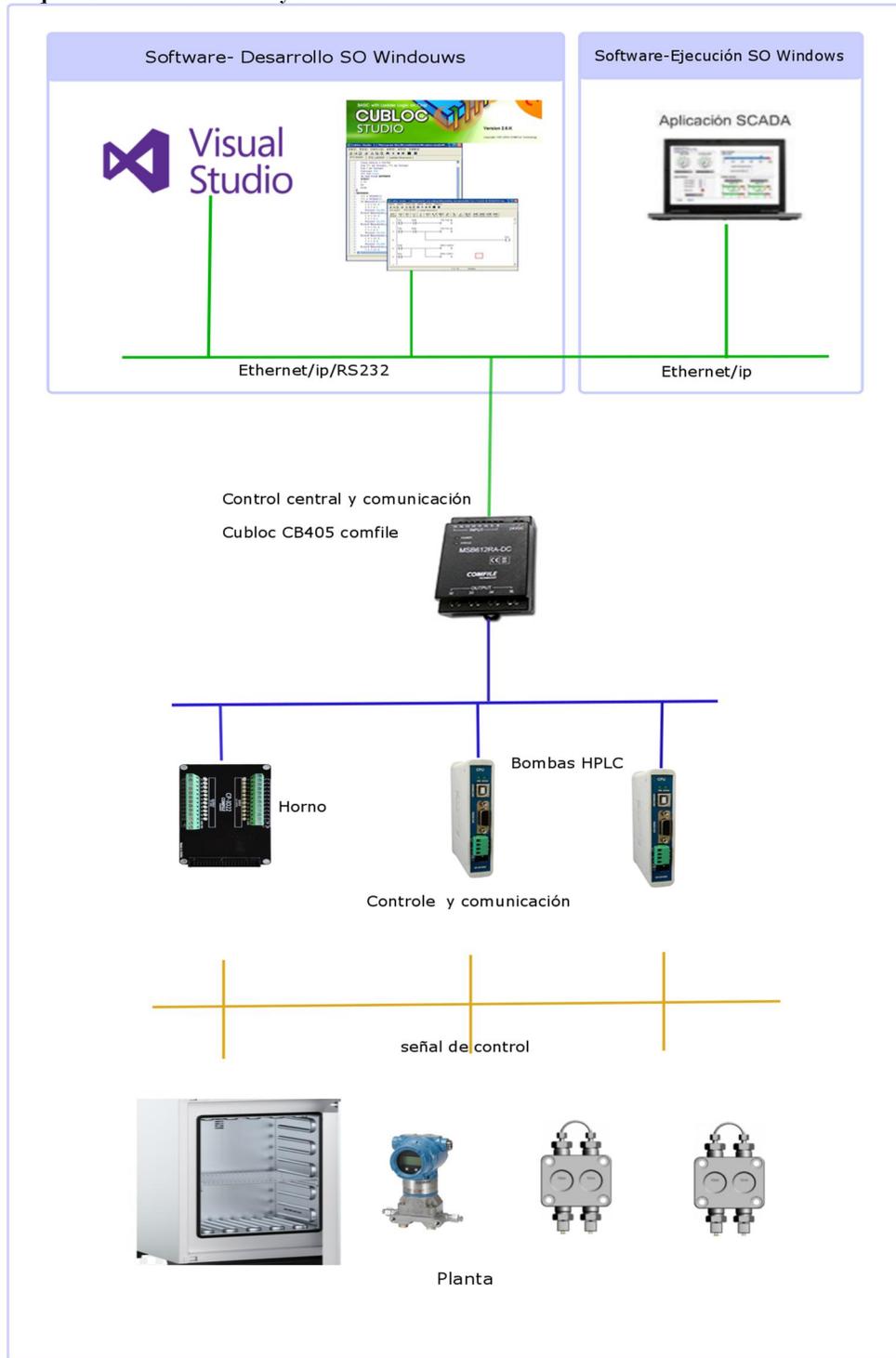
Teniendo en cuenta que este sistema usa una única terminal de visualización, se basa la arquitectura Hardware del sistema TBT en una arquitectura centralizada ya que las RTUs de campo se comunican directamente e independiente vía ETHERNET con el Control central (módulo de adquisición de datos control y comunicación), que para nuestro caso es la MTU1 y está a su vez se conecta con la terminal inalámbricamente por medio WIFI donde se aloja en el pc la aplicación HMI.

4.2 REQUERIMIENTOS

El programa de los requerimientos de software y hardware para la implementación de la aplicación SCADA del sistema TBT v1.0 se muestra a continuación, ver figura 16. En la parte de hardware descrito en la tabla 2, están los elementos del nivel

instrumentación y nivel de control. En la parte software se clasifico en dos categorías: desarrollo y ejecución.

Figura 20. Requerimientos de software y hardware



FUENTE: Adaptación de gráfica, manual de usuario, línea de producción, laboratorio de automatización

4.2.1 Hardware

Los requerimientos hardware del sistema SCADA incluyen dispositivos que hacen parte de la planta y su comunicación entre ellos, el control central y la aplicación HMI, Además de los componentes ya mencionados, se debe utilizar un PC para el desarrollo y ejecución de la interfaz gráfica que cumpla con los requisitos mencionados en la norma ISA 101. En la Tabla 5 se presentan los requisitos del hardware para usar Visual Studio 2017 y cubloc Studio v4.4.

Tabla 5. Requisitos de hardware para Visual Studio 2017 y cubloc Studio V4.4

Requisito	Visual Studio 2013 [2]	Cubloc Studio v4.4
Sistema operativo compatible	Windows 8.1 (x86 y x64) Windows 8 (x86 y x64) Windows 7 SP1 (x86 y x64) Windows Server 2012 R2 (x64) Windows Server 2012 (x64) Windows Server 2008 R2 SP1 (x64)	Windows 7 32 bits Ultimate, Professional y Enterprise (instalación estándar), con o sin SP1. Windows 7 64 bits Ultimate, Professional y Enterprise con o sin SP1. Windows Server 2008 R2 (64 bits) con o sin SP1
Procesador	1.8 GHz o procesador más rápido. Dual-core o mejor recomendado	Procesador mínimo 600 MHz (Windows XP) Procesador mínimo 1 GB de RAM (Windows 7) Procesador mínimo 2.4 GHz (Windows Server)
RAM	2 GB de RAM; se recomienda 4 GB de RAM (2,5 GB si se ejecuta en una máquina virtual)	512 MB de RAM (Windows XP) 1 GB de RAM (Windows 7) 1 GB de RAM (Windows Server)
Espacio en disco	20 a 50 GB de espacio disponible.	Cubloc necesita mínimo unos 23.5 MB
Tarjeta de video	Tarjeta de vídeo que admite una resolución de pantalla mínima de 720p (1280 por 720); Visual Studio funcionará mejor con una resolución de WXGA (1366 por 768) o superior.	

4.2.2 CUBLOC Controlador lógico programable (PLC) BASIC y Ladder Logic.

CUBLOC es una micro-computadora desarrollada por Comfile technology inc. Para el control integrado, con el lenguaje de programación popularmente utilizado para el control interno de dispositivos como PLC, y también es compatible con el lenguaje BASIC, para implementar funciones ampliadas. El CUBLOC es diferente de los PLC tradicionales que se encuentra en el mercado. Los PLC tradicionales están integrados en cajas y tienen conexiones cableadas, pero CUBLOC es un PLC / controlador industrial "en chip", lo que significa que tiene más libertad y flexibilidad en el diseño y tamaño del producto final.[8]

4.2.3 Software

Los requerimientos de software se presentan a continuación tanto el software utilizado para la programación de los controles con el utilizado en el desarrollo y diseño de la interfaz gráfica, ver tabla 6.

Tabla 6.Requerimientos de Software

Software	Función
Windows 7 Ultimate service pack 1	Sistema operativo para desarrollo y ejecución de la aplicación
Paquetes redistribuibles de Visual C++ para visual Studi	Los paquetes redistribuibles de Visual C++ instalan componentes en tiempo de ejecución necesarios para las aplicaciones de creadas con Visual Studio
.NET Framework	.NET Framework es un entorno de ejecución runtime. La mayoría de aplicaciones creadas con Visual Studio tienen una dependencia de .NET Framework
Cubloc Studio v4.4	No requiere licencia, plataforma necesaria para programar en C o en lader los módulos de micros controladores CB405RT
Visual Studio 2017	Plataforma de desarrollo con tipo de licencia community 2017

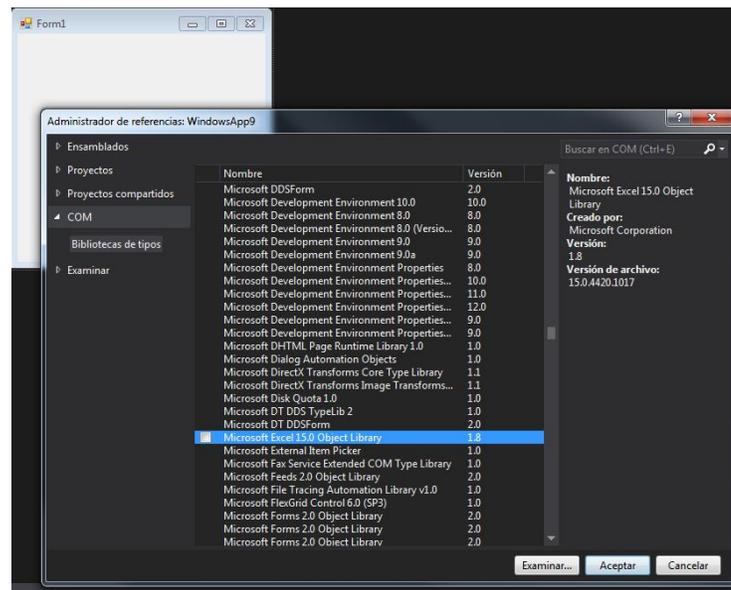
4.2.4 Módulos usados en visual Studio

Para el desarrollo de la interfaz gráfica se usaron diferentes herramientas y librerías de la plataforma de visual Studio unas de las más importantes en este desarrollo se exponen a continuación, ver tabla 7.

Tabla 7.Herramientas módulos y librerías usados en Visual Studio

Modulo	Función
Windows Forms	Son la forma de la aplicación de formulario donde se pueden organizar herramientas y módulos
SerialPort	Objeto que me permite una comunicación serial
Microsoft WinSock Control	Objeto COM, control que me permite una programación de sockets para comunicar clientes y servidores
Microsoft Excel 15.0 Object Library	Librería usada para poder exportar y automatizar datos en Excel. Ver figura 21

Figura 21.Regencia de objeto Microsoft Excel 15.0 Object Library



FUENTE: autor

5. NORMATIVA

La importancia de una iniciativa para establecer estándares y buenas prácticas para normalizar el diseño y desarrollo de interfaces graficas tiene como objeto reducir el tiempo de aprendizaje, las tasas de error, costo, diseño, mantenimiento entre otros. Algunas de estas normas son:

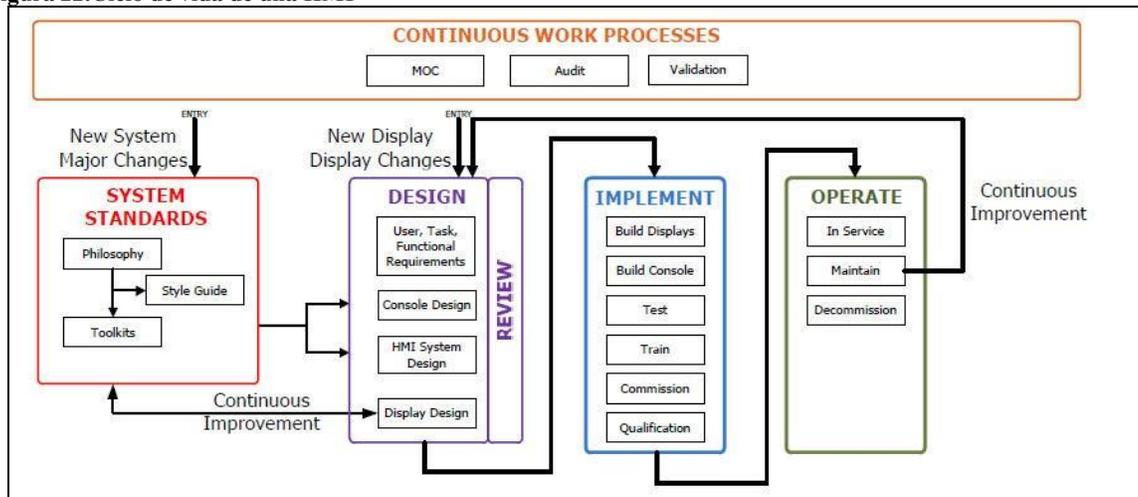
- **ISO 9241:** Requisitos de diseños ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos.

- **ANSI/ISA 101:** Gestión de sistemas HMI, Ciclo de vida de la HMI
- **ISA 95, ISA 18, ISA 88,** Estándar para reducir el tiempo de integración de los sistemas comerciales, gestión de sistemas de alarmas, control de procesos
- **UNE 81425:1991** Principios ergonómicos a considerar en los proyectos de los sistemas de trabajo.
- **UNE – EN 28996:** Ergonomía. Determinación de la producción del calor metabólico.
- **UNE – EN ISO 13046-1:2000:** Requisitos ergonómicos para trabajos con pantallas de visualización de panel plano.
- **UNE-EN ISO 10075:** Principios ergonómicos relativos a la carga de trabajo mental, ETC

5.1 NORMA ANSI/ISA 101

5.2 ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN DEL CICLO DE VIDA DE LA HMI

Figura 22. Ciclo de vida de una HMI



Fuente: Norma ANSI ISA101

Human Machine Interfaces for Process Automation Systems.

Durante la etapa de implementación del ciclo de vida de la HMI, la HMI es construida en la plataforma de destino software y hardware usando las salidas de la etapa previa (normas y diseño del sistema)[6]. Los procesos específicos incluyen:

- I. Construcción de Display
- II. Diseño e implementación de Display
- III. Pruebas
- IV. Capacitar
- V. Encargar
- VI. Verificar

En la tabla 8 se ven más detalles sobre los objetivos, entradas y salidas para la etapa de implementación del ejemplo del ciclo de vida.

Tabla 8. Actividades de la etapa de implementación.

Etapa	Cláusula	Actividad	Objetivos	Entradas	Salidas
Etapa de Implementación	4.4.1	Construcción de Displays	Construcción completa de pantallas e items de soporte	Documentos de diseño de la pantalla	Pantallas, materiales de entrenamiento
	4.4.2	Construcción de consolas	Construcción completa del hardware y Software de la consola. Ángulos de visión de prueba, elevaciones de la pantalla, colocación del teclado del Dispositivo de entrada y localización de otros elementos.	Documentos de diseño de la consola.	Consola
	4.4.3	Prueba	Prueba integrada de la HMI y la consola	Usuario, tarea, documentos de requisitos funcionales, usabilidad y criterio de desempeño	HMI lista para la comisión, documentos de prueba
	4.4.4	Capacitar	Usuarios de entrenamiento	Filosofía de la HMI, guía del estilo de la HMI, documentos de diseño de las pantallas. Manual de usuario y ayuda en línea	Materiales de capacitación actualizados, registro de capacitación, usuarios capacitados

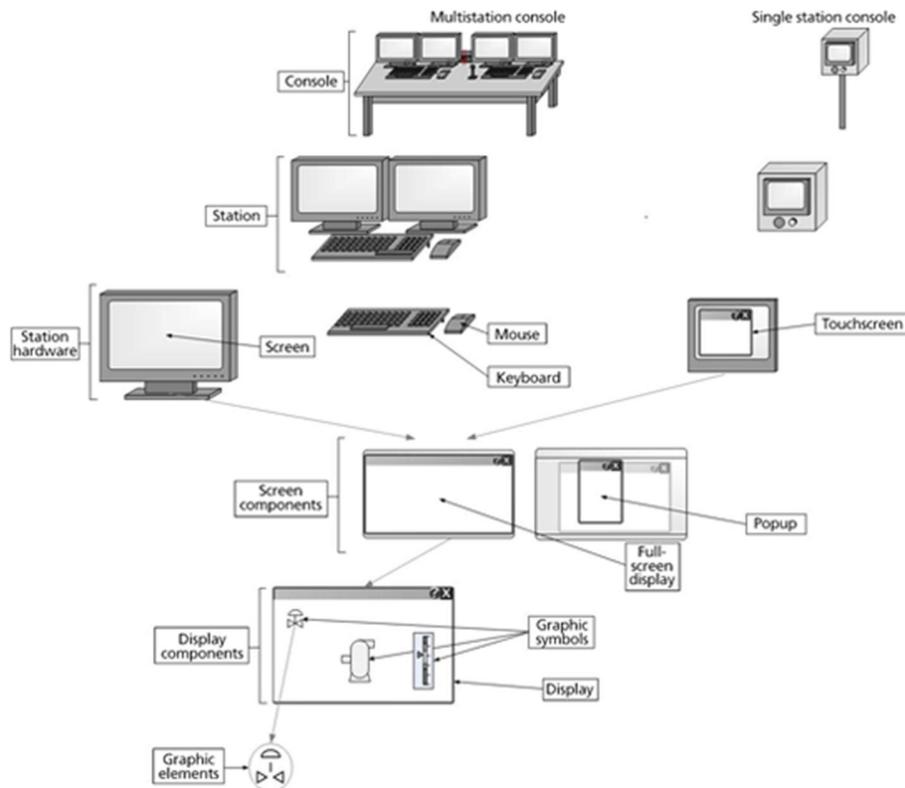
4.4.5	Encargar	Prueba final de la HMI en ambiente de producción	Consola, pantallas, manual de usuario y ayuda en línea	HMI lista para verificación, documentos de puesta en marcha, aprobación/ aceptación
4.4.6	Verificar	Verificar la HMI lista para operar	Plan de verificación, documentos de puesta en marcha	Documentos de verificación, HMI lista para operación, aprobación/ aceptación

Fuente: Norma ANSI ISA101 Human Machine Interfaces for Process Automation Systems.

I. Construcción de Display

En la actividad de construir Display, estos son creados a partir de objetos y elementos gráficos del kit de herramientas HMI. Cualquier configuración personalizada o secuencias de comandos también se completan. Si es posible, las pantallas pueden ser construidas y probadas por el desarrollador en un sistema desarrollado. La implementación también puede realizarse directamente en el sistema de control directo, con los controles de ingeniería apropiados.

Figura 23. Definición básica de HMI según la ISA 101



FUENTE: www.isa.org

II. Diseño e implementación de Display

Para los nuevos sistemas, la consola puede necesitar ser construida antes de la prueba final de la exhibición y del entrenamiento. La consola realizada incluye instalación y configuración del sistema operativo y el software del sistema de control. También puede incluir un sistema de prueba utilizando el hardware de visualización final. Para los sistemas existentes, los Display de compilación y de prueba pueden requerir cambios en el software de la consola, esencialmente requiere cambios en el sistema existente para iniciar las pruebas y/o en las actividades de puesta en marcha.

III. Prueba

Es el sistema integrado de pruebas contra los requisitos tanto para la usabilidad y el rendimiento en general.

Las pruebas funcionales iniciales se realizan normalmente en un entorno de desarrollo o en fuera de línea o simultáneamente con la integración del sistema en vivo. Es posible que se necesiten pruebas reales del sistema integrado antes de la puesta en marcha en función del nivel de personalización y del nivel de aceptación relativo de los objetos gráficos del kit de herramientas de la HMI.

El requisito de la documentación debe generarse específicamente para la verificación de la prueba, el informe del plan de validación y la puesta en marcha de la HMI. Ciertas industrias altamente reguladas pueden tener requisitos específicos para estos documentos. Los temas abordados típicamente en este tipo de documentación incluyen:

- a. Planes de prueba
- b. Metodología de prueba
- c. Requisitos del plan de validación, específicos para este pasó de verificación
- d. Sistema de seguimiento de deficiencia
- e. Criterios de ingeniería en factores humanos
- f. Gestión del cambio

IV. Capacitar

La capacitación del operador y la documentación relacionada de los requisitos de capacitación se definen y se llevan a cabo en esta etapa del ciclo de vida.

Dependiendo de la complejidad de la aplicación de la HMI y el conocimiento actual del operador, esto puede lograrse a través de la capacitación en el trabajo, o como parte de un proceso de capacitación más formal. La capacitación puede ser llevada a cabo en un salón de clase, en un sistema electrónico a su propio ritmo, en un simulador de entrenamiento, en un sistema de desarrollo o en el sistema vivo.

V. Encargar

La puesta en marcha es la prueba final con conexiones de datos de proceso, verificación de campo y la documentación para confirmar que todos los requisitos han sido satisfechos. Para algunas industrias altamente reguladas, se requiere un plan de validación específico, que puede incluir requisitos relacionados con las pruebas. Las aprobaciones de verificación y un plan de documentación pueden ser necesarios para esta etapa de la actividad del ciclo de vida. Debe establecerse un plan para la puesta en marcha.

VI. Verificar

Las industrias más altamente reguladas pueden requerir planes de verificación específicos con relación a documentación y aprobaciones antes de proceder a la etapa de operación. La verificación establecida confirma mediante pruebas objetivas que se han cumplido los requisitos de la HMI. La validación es el proceso de trabajo continuo que asegura que las pruebas de verificación se implementen apropiadamente. Los planes de validación pueden especificar etapas específicas del ciclo de vida donde se requiere verificación.

5.3 NORMA ISO 9241

La ISO 9241-10-11 trata del diseño ergonómico de aplicaciones para equipos con pantallas de visualización de datos y la usabilidad, cómo identificar la información que es necesaria tener en cuenta en el momento de especificar o evaluar la usabilidad de un terminal en términos de medidas de desempeño y satisfacción del usuario. [9]

Las recomendaciones de la norma ISO 9241 que fueron adoptadas para el desarrollo e implementación de la HMI de este proyecto se presentan a continuación:

- La aplicación debe estar adaptada a la tarea para la cual se diseña
- Debe tener un aspecto coherente
- Los elementos gráficos deben tener un diseño simple, orden lógico y bien etiquetado
- Texto: Se debería utilizar minúsculas en el texto continuo para reducir el tiempo de lectura. Las mayúsculas se deben usar la identificación de tareas permitiendo realizar búsquedas con eficiencia.

- Se debe emplear un formato estándar para todas las páginas. Los mensajes mostrados al usuario deben contener declaraciones positivas.
- Diagramas: Los diagramas deberían contener la cantidad mínima de detalles necesarios para para la representación de datos. Debería ser posible identificar fácilmente todos los componentes del sistema.
- Elementos de diseño: El área para los elementos dinámicos debería ser amplia para facilitar el reconocimiento y la interpretación de estados y valores. Deberían resaltar los datos dinámicos.
- Elementos de pantalla: El tamaño de los elementos de pantalla debe estar relacionado con la distancia de trabajo del operador. Los controles críticos (ejemplo: start y stop remotos) deberían estar ubicados de tal forma que se eviten errores accidentales por parte del operario.
- Tiempos de respuesta: Los tiempos de respuesta en la interacción con la HMI no debería afectar el comportamiento del proceso.

6. IMPLEMENTACIÓN

Para el desarrollo de este capítulo se toma como base el ciclo de vida de una HMI explicado en la norma ANSI ISA 101 Human Machine Interfaces for Process Automation Systems.

6.1 SISTEMA ESTANDAR

Como sistema estándar se tomó como guía la filosofía dada por la norma ANSI ISA 101 Human Machine Interfaces for Process Automation Systems, la cual muestra y especifica la terminología más adecuada para el diseño y la implementación de la HMI. Dicha norma se fundamenta que el desarrollo y la administración de dicha aplicación deben ser tomados como el modelo del ciclo de vida que se expresa en la Figura 10.

6.2 DISEÑO

Para implementar la estrategia de diseño de la HMI del sistema TBT_v1.0 se tomaron como base lo siguiente:

6.2.1 Requerimientos de supervisión

El sistema TBT está diseñado para pruebas en laboratorio por lo que su instalación esta adecuada en una área controlada a una temperatura de 20°C, puntos eléctricos regulados de energía para todos los dispositivos y respaldo con UPS, el PC de control y monitoreo es conectado e instalado en el mismo laboratorio a una distancia de 3 metros para evitar Accidentes con químicos.

La HMI tiene tres usuarios (Administrador, Operario, Mantenimiento)

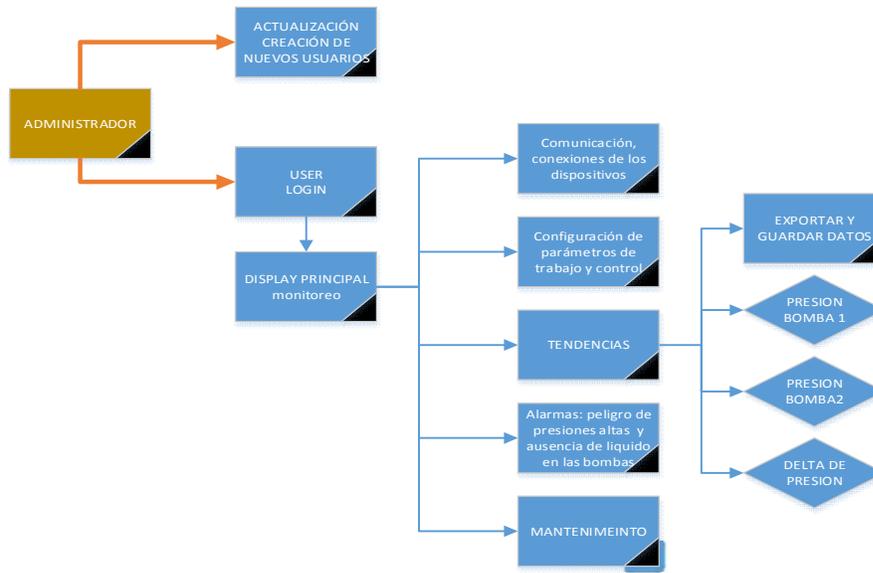
- Administrador o Ingenieros de proceso tiene acceso a toda la plataforma, puede modificar algunos objetos y generar permisos a usuarios nuevos.
- Operario o ingenieros de laboratorio este usuario tiene accesos a toda la plataforma para monitorear y ajustar las condiciones de experimento (realizan todas las pruebas de laboratorio) no tiene acceso al Display de mantenimiento.
- Usuario de mantenimiento tiene permiso para accionar sistemas de seguridad y hacer su mantenimiento en el sistema de las bombas y el horno.

6.2.2 Display Estructura de navegación

A continuación se muestra un esquema de navegación que se tendrá para la supervisión del proceso, según la configuración del usuario:

- Para los usuarios Administrador:

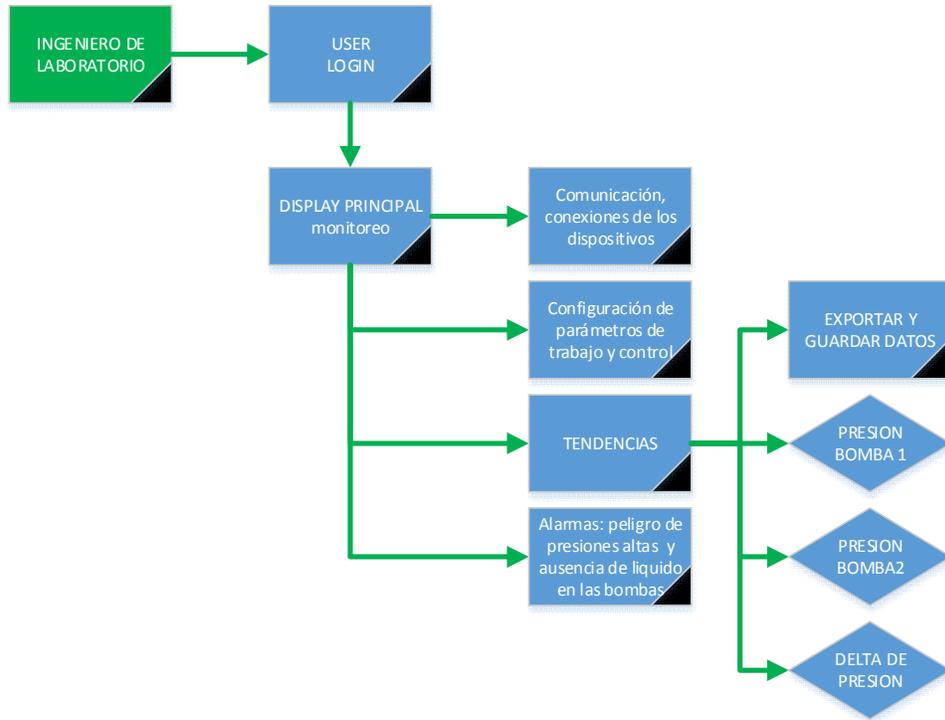
Figura 24.Estructura de navegación de los Display para el administrador



FUENTE: Autor

- Para los usuarios de laboratorio o de proceso:

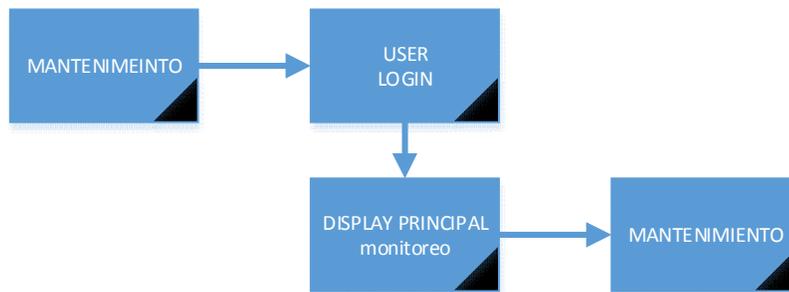
Figura 25. Estructura de navegación de Display para operador de procesos



FUENTES: Autor

- Para los usuarios Mantenimiento:

Figura 26. Estructura de navegación de Display para Usuario de mantenimiento



FUENTE: autor

6.3 MÓDULOS A IMPLEMENTAR

1. CONFIGURACIÓN: Como se señaló anteriormente se cuenta con tres usuarios los cuales tendrán habilitadas diferentes características de la aplicación dependiendo del nivel administrativo que tenga.
 - a. Administrador: Capacidad para general permisos a usuarios y modificar la aplicación según las actualizaciones que se requieran.
 - b. Operario o ingeniero de laboratorio: Este usuario tiene accesos a toda la plataforma para monitorear y ajustar las condiciones de experimento (realizan todas las pruebas de laboratorio)
 - c. Usuario de mantenimiento tiene permiso para accionar sistemas de seguridad y hacer su mantenimiento en el sistema de las bombas y el horno

2. COMUNICACIONES: Los dispositivos bombas y horno se comunican con la MTU con protocolo de comunicación Ethernet, el conjunto de la MTU, módulo de control central, adquisición de datos y la terminal donde se aloja la HMI se comunican vía wifi.

Por otra parte, los sensores de presión diferencial y la termocupla del capilar manejan un protocolo de lazo a 4 -20 mA. .Ver tabla 9.

Tabla 9. Comunicación de los dispositivos

Comunicación	Protocolo
bombas y la MTU	Ethernet/IP
Horno y MTU	Ethernet/IP
Sensor Presión y MTU	Lazo 4-20 mA
Termocuplas Y MTU	Lazo 4-20 mA
MTU y la aplicación HMI	Ethernet/IP-Wifi

3. TENDENCIAS: se cuenta con un registro gráfico de las variables del proceso en tiempo real, en cada montaje de laboratorio, se puede detener la captura en un punto a gusto para análisis y reanudar para seguir supervisando el proceso.

4. ALARMAS Y EVENTOS: Este Display muestra eventos tales como picos de sobre presión, fallo de conexiones y Ausencia de químico en las bombas.

5. ARCHIVADO: Se puede abrir una ventana con una tabla en Excel a la cual llegan todos los datos ordenados de las variables de proceso en tiempo real, también se puede detener la captura y exportar y guardar el archivo.

6. INTERFAZ GRAFICA: tiene como finalidad la elaboración de Display de usuario con múltiples combinaciones de imágenes y/o textos, definiendo así las funciones de control y supervisión de planta [2]. Los Display que se incorporan son el control de usuarios, Proceso, configuración, Tendencias, Alarmas y mantenimiento

7. REDISEÑO DE LA APLICACIÓN HMI TBT V1.0

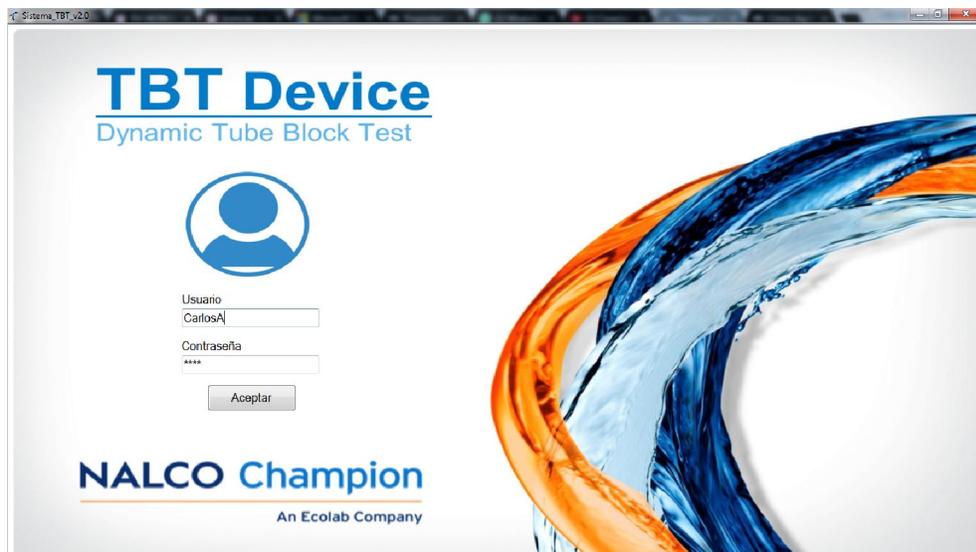
7.1 INTERFAZ GRAFICA

Para el rediseño de la aplicación HMI TBT_v1.0 se tuvo en cuenta las sugerencias de la norma ISO 9241 y la norma ANSI ISA101, Esta interfaz gráfica se desarrolló en Microsoft Visual Studio 2017 y está formada por 6 pantallas con resolución de 1355x768 pixeles.

7.2 INICIO Y CONTROL DE USUARIO

Ventana de inicio o presentación muestra el nombre de la aplicación y la empresa para cual fue desarrollada, el logo de presentación y el idioma del nombre en inglés fue sugerido por Nalco de Colombia, por lo que se consideró esta sugerencia, sin embargo la aplicación está desarrollada en idioma español.

Figura 27. Presentación de la aplicación y control de usuarios



FUENTE: Autor

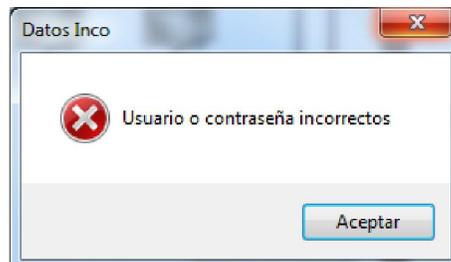
En la ventana de inicio encontramos también el control de usuario mostrado en la figura 22. Está formada por un campo de Usuario y Contraseña y el botón de Aceptar .Al loguearse y aceptar, el programa verifica los datos introducidos por el usuario y accede a la pantalla de PROCESOS en caso de ser correcto la validación. Esta gestión se hace a través de una base de datos sencilla.

Figura 28.Cotrol de usuarios



Fuente: INMOTRONICA

Figura 29.Ventana emergente Usuario incorrecto



FUENTE: INMOTRONICA

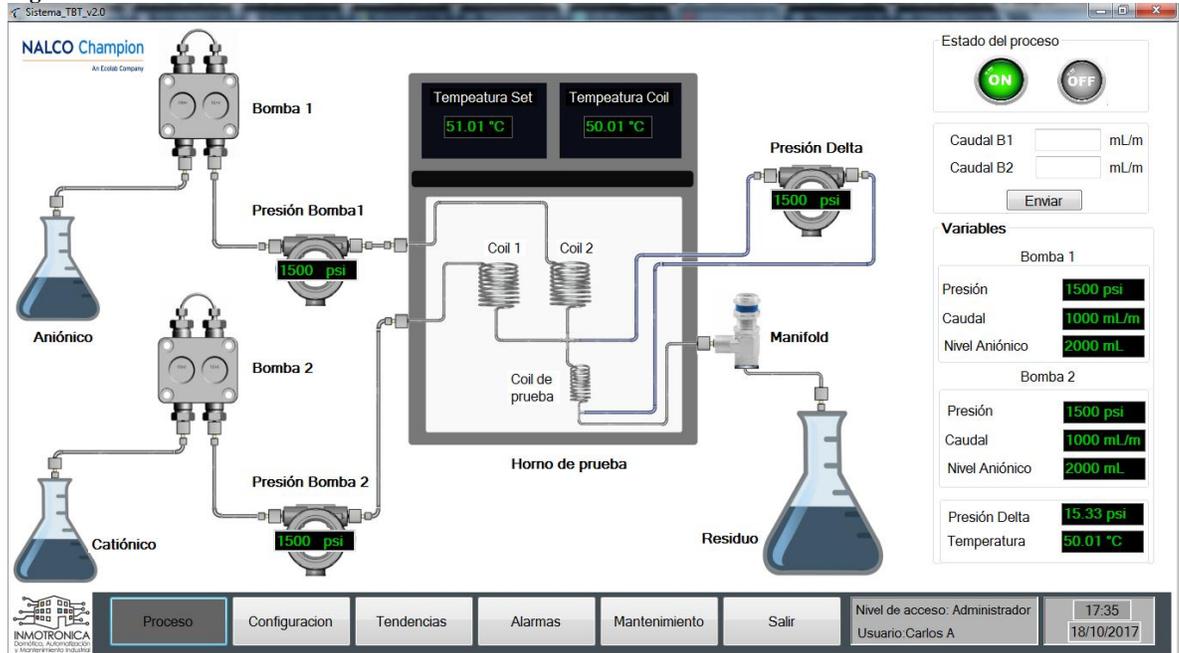
7.3 PROCESO

Este Display Muestra la distribución de los dispositivos que conforman la planta, fue diseñado para mostrar las variables del proceso, monitorear o supervisar las pruebas de laboratorio.

El Display de procesos dispone de botones de estado ON / OFF los cuales indican la condición del proceso, si está en ejecución alguna prueba la indicación del estado se tiene por el botón ON en un color verde, si el proceso está en paro el botón OFF estaría en color rojo y si no se han definido parámetros o no hay conexión de la planta con la HMI los dos botones indicadores estarán en gris.

Aunque es un Display de monitoreo se tiene la opción de cambiar los caudales de las bombas si así el proceso lo requiere. La información de magnitudes de las variables se muestra en los instrumentos de presión y temperatura, pero también son agrupadas para un mejor análisis y comprensión.

Figura 30. Pantalla de Proceso

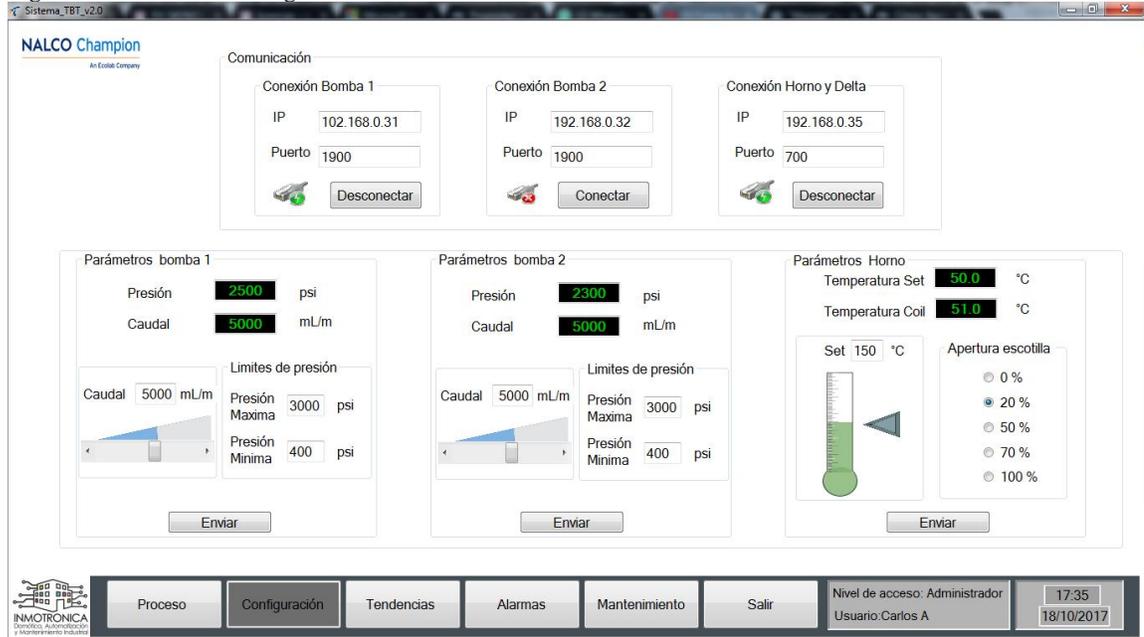


FUENTE: INMOTRONICA

7.4 CONFIGURACIÓN

El Display de configuración es de gran importancia ya que aquí se definen los parámetros con los que se va a trabajar en la prueba.

Figura 31. Pantalla de configuración.



FUENTE: INMOTRONICA

En este Display se agrupan dos categorías: conexión o comunicación y parámetros de las bombas y del horno. El acceso o permiso que tiene este Display es para usuario administrador y operario.

7.4.1 Conexión y comunicación

Este módulo nos permite verificar la IP y el puerto de conexión de las bombas HPLC y el horno, se puede conectar o desconectar cada dispositivo según el trabajo que se quiera realizar, en caso de tener una correcta conexión del dispositivo y la aplicación, el puerto RJ45 señala con un visto de verificación de color verde la comunicación, de lo contrario tendríamos una equis de color rojo. Ver grafica 28.

Figura 32. Conexión de las bombas



FUENTE: INMOTRONICA

7.4.2 Parámetros

El modulo sugerido para ajustar los parámetros de trabajo de las bombas se encuentran en los dos primeros recuadros de la segunda fila del Display. Ver figura 30.

Figura 33. Configuración de parámetros

The image shows a configuration interface with three panels:

- Parámetros bomba 1:** Presión: 2500 psi, Caudal: 5000 mL/m. Límites de presión: Presión Máxima: 3000 psi, Presión Mínima: 400 psi. Caudal slider: 5000 mL/m. Botón: Enviar.
- Parámetros bomba 2:** Presión: 2300 psi, Caudal: 5000 mL/m. Límites de presión: Presión Máxima: 3000 psi, Presión Mínima: 400 psi. Caudal slider: 5000 mL/m. Botón: Enviar.
- Parámetros Horno:** Temperatura Set: 90.0 °C, Temperatura Coil: 51.0 °C. Set: 150 °C. Apertura escotilla: 0%, 20% (selected), 50%, 70%, 100%. Botón: Enviar.

FUENTE: INMOTRONICA

En este recuadro se permite definir los límites de presión máxima y mínima como rango en el cual van a trabajar las bombas según la prueba de laboratorio a realizar, esto es definido para cuestiones de seguridad y protección de las bombas. También se puede visualizar las magnitudes de presión y caudal en caso de un evento realizado, el parámetro más relevante de la puesta en marcha del equipo es el caudal de trabajo, que puede ser definido por entrada numérica o simplemente ajustando la barra al valor que deseamos.

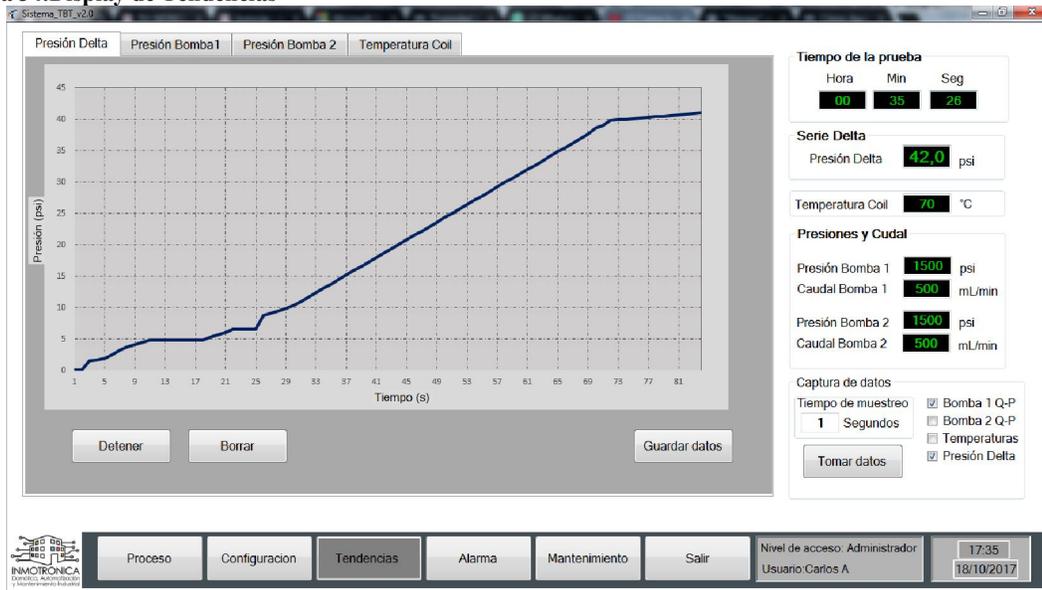
Los parámetros o ajustes de trabajo de horno se pueden ajustar en el tercer recuadro el cual también permite visualizar las magnitudes de temperatura del coil y de set como medida inicial, se puede ajustar la temperatura por medio de una entrada numérica o por medio del indicador, también nos permite fijar el porcentaje de apertura de la escotilla de recirculación de aire. Ver figura30.

Todos estos ajustes de parámetros al clicar en los botones de “Enviar” son guardados en el sistema para luego en la pantalla de proceso dar la orden de estado a ON.

7.5 TENDENCIAS

Este Display se divide en dos recuadros, el de la izquierda permite visualizar gráficamente las variables del proceso en una ejecución. El recuadro de la derecha es más informativo muestra el tiempo que lleva recorrido la prueba y las magnitudes de la serie delta, presiones, caudal y temperatura a su vez permite la toma de datos.

Figura 34. Display de Tendencias

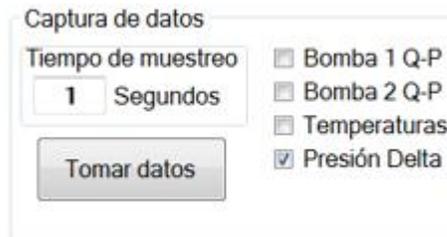


FUENTE: INMOTRONICA

7.5.1 Toma de datos

Este módulo tiene como fin capturar datos de una prueba específica, se puede definir el tiempo de muestreo y que información exportar. Al dar clic en “Tomar datos” estos se empiezan a registrar en tablas ordenadas de Excel.

Figura 35. Toma de datos



FUENTE: INMOTRONICA

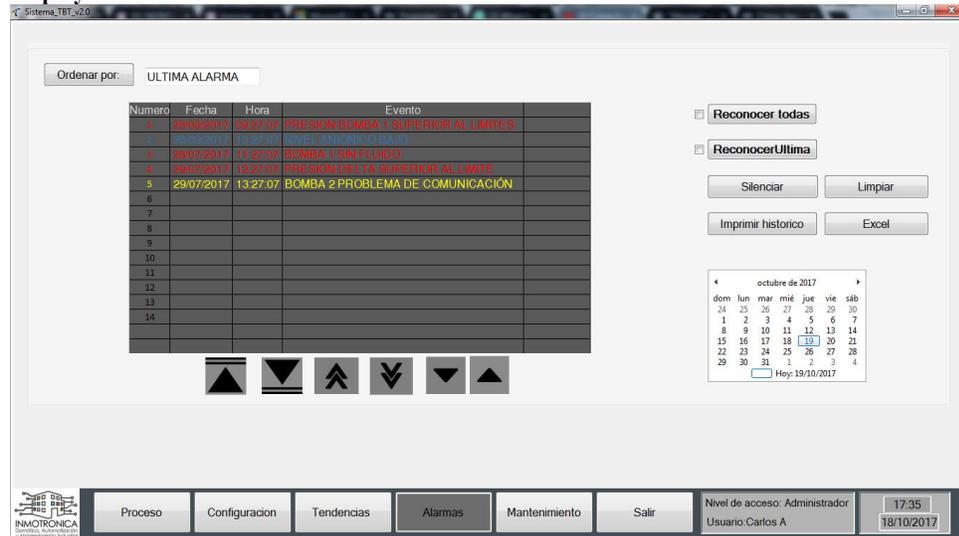
El cuadro de graficas se organiza con un tabcontrol que distribuye en pestañas los gráficos más importantes. Se cuenta con controles para detener la gráfica en caso de que se requiera hacer un análisis puntual, también puede refrescarse la imagen borrándola. Con el botón de guardar datos se guardan las tablas de Excel que se activaron con la adquisición de datos.

7.6 ALARMAS

Este Display fue creado para proteger el sistema, alertar de un mal procedimiento que puede poner en riesgo la integridad de las bombas, la distribución de prioridad dinámica de la alarma se indica por medio de tres colores:

- Rojo: como nivel de prioridad alto esta alarma detiene el proceso y requiere de atención inmediata
- Amarillo: este nivel es mediático y requiere que se atienda.
- Azul: Este nivel es de prioridad baja aunque es informativo requiere de atención pronta.

Figura 36. Display de alarmas

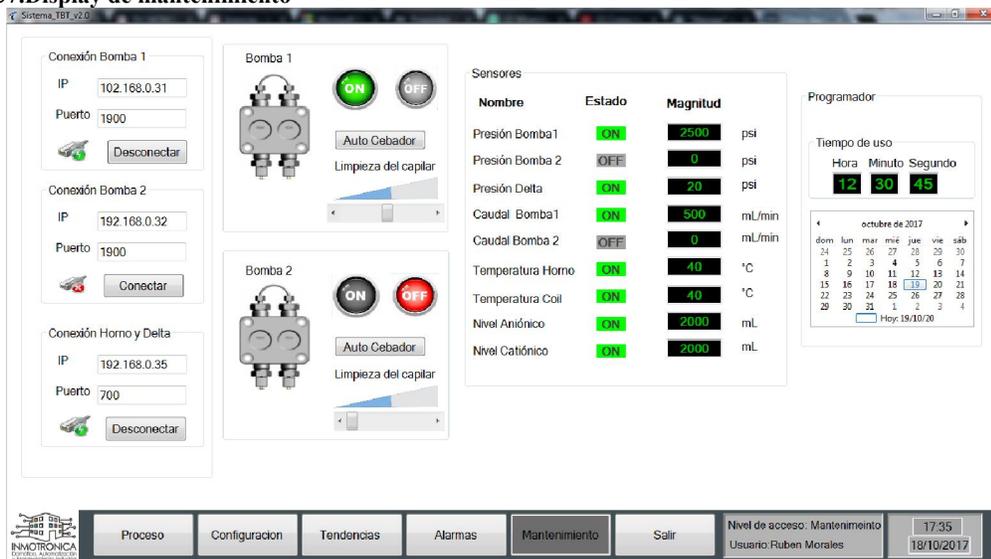


FUENTE: INMOTRONICA

7.7 MANTENIMIENTO

El Display de mantenimiento de la figura 34, está conformada por 4 GroupBox: Comunicaciones, Control de bombas, sensores y programados de mantenimientos.

Figura 37. Display de mantenimiento



FUENTE: INMOTRONICA

El acceso a este Display es restringido solo a personal autorizado de mantenimiento y el administrador.

7.7.1 Comunicaciones.

Como se explicó anteriormente este groupBox permite verificar la conexión entre el sistema y la HMI. Ver figura 29.

7.7.2 Controles de bombas

Este GroupBox permite manipular manualmente las bombas para encenderlas, apagarlas, auto cebarlas y aplicar un caudal que crece en forma de rampa desde el mínimo hasta el máximo marcado por la barra. Esto se usa para limpiar las tuberías o los capilares también se usa para verificar la compresión de las bombas.

7.7.3 Sensores

En este grupo se muestra todas las entradas de sensores que están actuando en la planta, se distribuyen con etiquetas para una fácil ubicación, muestra su estado en caso de estar activo o inactivo y su magnitud

7.7.4 Programador

El módulo de programador de mantenimiento tiene como función programar periódicamente mantenimientos necesarios para tener un óptimo funcionamiento del sistema en especial de las bombas.

El operario puede fijar fechas puntuales de mantenimiento o puede dejar que el sistema sugiera el mantenimiento por registro de tiempo de uso del sistema.

8. CONCLUSIONES

- Usar las indicaciones de la normativa, estándares y el ciclo de vida definido, permite diseñar versiones beta de aplicaciones HMI y a partir de estas optimizarlas tanto como se quiera depurar y dar facilidad al usuario para su manipulación. La importancia del ciclo de vida definido, permite estar en constante mejora hasta el equilibrio de su funcionalidad.
- Definir una filosofía de diseño siguiendo las indicaciones de los estándares, permite obtener sistemas o aplicaciones HMI intuitivos, limpios organizados de fácil aprendizaje y mantenimiento.
- La aplicación HMI TBT_v2.0 se desarrolló con Visual Studio, esta herramienta permite hacer aplicaciones robustas y de alta calidad con una ventaja en su personalización con limitante de esta herramienta es la falta de librerías de imágenes para el diseño gráfico, se decidió usar software de licencia free creado en Linux como InkScape y GIMP 2 para hacer el diseño gráfico, esto aparte de ser una herramienta versátil beneficia en costos ya para venta al usuario final.
- El establecer los requerimientos de hardware y software de manera clara permite concluir que el sistema TBT_V2.0 es totalmente competitivo con los existentes en el mercado bajo la salvedad que es diseñado exclusivamente para pruebas de bloqueo de tubo.

9. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El sistema TBT actual es usado para realizar pruebas de bloqueo de tubo y definir o evaluar la eficacia de un inhibidor, las características de hardware del sistema y la optimización de la aplicación HMI permite obtener prestaciones de buena calidad para este proceso.

Este sistema puede ser usado también para estudiar corrosión para lo que se requiere de una escala más exacta en sus datos, por lo que se recomienda para trabajos futuros repotenciar el ADC de 10 bits y cambiarlos por uno de 16 bits, abrir más canales de comunicación para poder conectar dos sistemas al mismo tiempo y agregar Display de análisis de datos en la HMI como análisis estadísticos y manipulación de gráficas.

Como trabajo futuro puede darse la opción para que el usuario pueda escoger el idioma de la aplicación HMI, sea inglés o español.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] [Mike Crabtree Aberdeen, escocia David Eslinger Oklahoma EE.UU]La lucha contra las incrustaciones- Remoción y prevención.[Schlumberger
- [2] A. Rodríguez Penin, Sistemas SCADA, 3ra ed., México: Alfaomega, 2013, p. 472
- [3] KELLAND, Malcolm A. "Effect of Various Cations on the Formation of Calcium Carbonate and Barium Sulfate Scale with and without Scale Inhibitors". En: I&EC Research. Marzo, 2011. p. 5852-5861
- [4] Vanegas León Carolina "Evaluación y selección de un inhibidor multicaule para prevenir la formación de incrustaciones inorgánicas en un campo petrolero colombiano" Revista Fuentes: Vol. 14N° 2 de 2016-Jul/Dic-pp111/120.
- [5] Microsoft, «Requisitos Visual Studio,» 2017 www.visualstudio.com/en-us/productinfo/vs2017-system-requirements-vs
- [6] ANSI/ISA-101.01-2015, Human Machine Interfaces for Process Automation Systems.
- [7] ISO 9241 «Ergonomics requirements of visual display terminals (VDT's) used for office tasks».
- [8]COMFILE, Documental Library (comfilewiki.co.kr/en/doku.php?id=cubloc:index), cubloc_startbook.pdf