



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación



“MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA
PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA, EN LA
CENTRAL TÉRMICA “TRINITARIA””

Examen Complexivo, Componente Práctico

Informe Profesional

Previa la obtención del título de:

MAGISTER EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL

Autor: Víctor Manuel Merino Pilay

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

Innegablemente primero a Dios por permitirme seguir cumpliendo objetivos, a los Señores profesores Ecuatorianos y Cubanos que nos instruyeron en sus experiencias y conocimientos. A los directivos de la MACI que realizan un esfuerzo y empuje para permitirnos perpetuar en la meta.

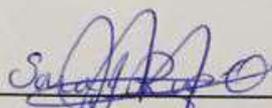
A mi familia por el apoyo y aliento constante.

DEDICATORIA

A los compañeros profesionales que formaron parte del equipo de implementación del proyecto.

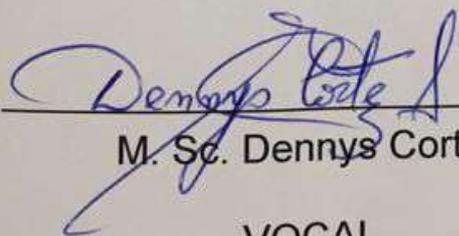
A mi querida Esposa que redoblo el esfuerzo en mi hogar durante el tiempo que duró el desarrollo del proyecto y el estudio del Programa de la Maestría en Automatización y Control Industrial.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



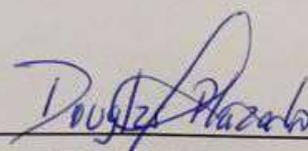
M.Sc. Sara Ríos

PRESIDENTE



M. Sc. Denny Cortéz

VOCAL



Ph.D. Douglas Plaza

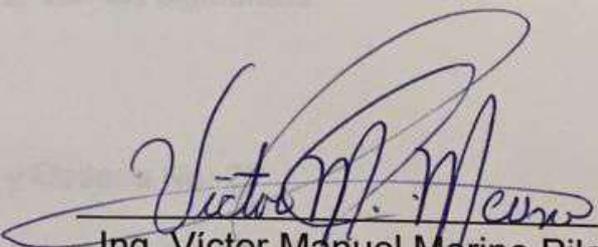
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

Al Centro Técnico Militar como un Centro de Estudios de Ingeniería de Agua, el fabricante de la Planta Desalinizadora fue la empresa GRAVER ESPAROLA S.A. y desde su instalación y operación controlada en el año 1987 se han ido presentando inconvenientes con su sistema de control y automatización debido a la ausencia de atención, repuestos y soporte técnico por parte del fabricante.

“La responsabilidad del contenido de este Informe Profesional, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

Art. 12 del Reglamento de graduación


Ing. Víctor Manuel Merino Pilay

RESUMEN

La Central Térmica Trinitaria cuenta con una Planta Desmineralizadora de agua, el fabricante de la Planta desmineralizadora fue la empresa GRAVER ESPAÑOLA S.A. y desde su construcción y operación comercial en el año 1997 ha venido presentando inconvenientes con su sistema de control y visualización debido a la ausencia de asistencia, repuestos y soporte técnico por parte del fabricante.

Toda el agua de alta pureza y calidad que consume y alimenta la Caldera Acuatubular, para mover la turbina y producir energía eléctrica (144MW) es producida por la Planta desmineralizadora.

Los sistemas que se controlaran y se ponen en servicio, desde el sistema de control de la Planta Desmineralizadora, son los siguientes:

- Desmineralización (Cadena No.1 y Cadena No. 2)
- Regeneración (Cadena No. 1 y Cadena No. 2)
- Remineralización
- Neutralización
- Supervisión, registros, medición y alarmas

La solución planteada e implementada para la modernización del sistema de control de la Planta desmineralizadora es la siguiente;

Se utilizó un PLC SIMATIC S7-300 como plataforma física para el control, y a INTOUCH de Wonderware como el sistema de visualización y control HMI, el mismo que administrará las diferentes señales de control y alarma en una base de datos local.

El objetivo del sistema aparte de controlar las diferentes bombas y válvulas, es de controlar la producción de agua desmineralizada, dentro de los parámetros configurados por los operadores o indicado por un especialista, para esto se mantiene control sobre la conductividad del agua a la salida de los lechos anódicos, catódicos y mixtos de las dos cadenas.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| RESUMEN..... | v |
| ÍNDICE GENERAL..... | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | viii |
| ÍNDICE DE GRAFICOS..... | ix |
| INTRODUCCIÓN..... | x |
| CAPÍTULO I | |
| I. SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA | 1 |
| 1.1 ELEMENTOS DE ANÁLISIS | 1 |
| 1.1.1 ESTADO ACTUAL DEL CONTROL DE LA PLANTA DESMINERALIZADORA | 2 |
| 1.1.2 ESTADO ACTUAL DE COMUNICACIÓN Y SISTEMA DE SUPERVISIÓN | 4 |
| 1.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS Y COMPONENTES | 6 |
| 1.3 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DESMINERALIZADORA | 7 |
| 1.3.1 SISTEMA DE DESMINERALIZACIÓN | 7 |
| 1.3.2 SISTEMA DE REGENERACIÓN..... | 11 |
| 1.4 SELECCIÓN DE EQUIPO DE CONTROL | 14 |
| 1.5 ARQUITECTURA FÍSICA..... | 17 |
| CAPÍTULO II | |
| II. RESULTADOS OBTENIDOS..... | 18 |
| 1.1 PROCESO DE DESMINERALIZACIÓN..... | 19 |
| 1.2 PROCESO DE REGENERACIÓN..... | 21 |
| CONCLUSIONES..... | 23 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 24 |
| ANEXOS..... | 25 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Señales físicas I/O..... | 15 |
| Tabla 2 Componentes del PLC..... | 16 |
| Tabla 3 Estación de Supervisión. | 16 |
| Tabla 4 Software para desarrollo de HMI..... | 17 |
| Tabla 5 Secuencia de regeneración. | 22 |

ÍNDICE DE GRAFICOS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 PLC obsoleto, Siemens S5..... | 3 |
| Figura 1.2 HMI original y obsoleto. | 5 |
| Figura 1.3 Arquitectura Física implementada. | 17 |
| Figura 2.1 Esquemático, proceso de agua desmineralizada..... | 19 |
| Figura 2.2 Esquemático, proceso de regeneración..... | 21 |

INTRODUCCIÓN

La modernización de la Planta Desmineralizadora de agua, fue implementada y puesta en operación para la Central Térmica de Generación Eléctrica “Trinitaria”, al sur de la ciudad de Guayaquil. El plazo de entrega fue de 100 días calendario.

Se debe considera que la problemática de este proyecto radicaba en que, no se tenía información documentada de los procesos, tareas y lógica de procesos tanto para el control de caudal como para la conductividad en la producción de agua para la caldera y en el proceso de regeneración de los lechos iónicos.

La planta desmineralizadora produce toda el agua desmineralizada de alta pureza y calidad que consume y alimenta la Caldera Acuatubular, para generar vapor y mover la Turbina, y producir energía eléctrica (133 MW) para el sistema interconectado del Ecuador.

Funcionarios de la Central indican que; *“... el 09 de Marzo del 2006 se presenta un problema en la planta desmineralizadora, personal de mantenimiento revisa el sistema y detecta que no se tiene visualización de*

las variables de proceso. Ante este problema se trató de contactar con el fabricante de la Planta Desmineralizadora para que nos ayude a resolver esta situación, finalmente el 03 de Diciembre del 2007, el Ing. Eduardo Plagaro de GRAVER ESPAÑOLA S.A. en un correo electrónico responde lo siguiente: “Tras revisar la documentación de su instalación, vemos que en la parte de control el PLC utilizado fue un SIMATIC S5 y el ordenador de supervisión era un PENTIUM 75; ambos equipos están descatalogados por sus suministradores. Nosotros no tenemos copia de los drivers de comunicación que en su momento se implementaron, ni tenemos posibilidad de conseguir un especialista que los escriba de nuevo, por estar los equipos ya fuera de uso. Nuestra recomendación sería que sustituyan el sistema de control y supervisión y que les realice la instalación alguna Ingeniería Eléctrica Especialista que trabaje habitualmente con ustedes. Lamentamos no poderles resolver este tema de forma directa. “...”.

Es así que nos contactan a través de la empresa ELEIND S.A. que a su vez nos solicita nuestros servicios.

Es de conocimiento que la vida útil, de todos los componentes, así como la eficiencia de la caldera, en gran medida se debe a la calidad del agua con la cual opera.

Por lo cual mantener el sistema de producción de agua, bajo limitaciones de operatividad y soportado 100% en modo de operación manual, por personal humano, es un riesgo para la caldera y dificulta las programaciones de mantenimiento ya que no es posible determinar un histórico de los ciclos de regeneración y desmineralización.

Se debió realizar un levantamiento de la lógica de control en base a la experiencia de los operadores, para posterior dimensionar los equipos y sistema de programas. Con la lógica de control en análisis se realizó un programa de prueba que contenía el módulo de desmineralización del agua para operación en modo manual.

Una vez arribado los equipos nos tomamos 3 días para instalar y montar el PLC con sus módulos, así como la computadora donde se ejecuta el HMI, esto se realizó entre 4 personal en turnos de 24 horas diarias en grupo de 2, posterior se concretó la configuración del PLC y la puesta en funcionamiento del HMI para operación manual desde el tablero de control.



Figura No 1. Panel de control, proceso de desmineralización.

Las operaciones se llevaron de forma manual hasta llenar el tanque de agua desmineralizada para la caldera, con el tanque lleno se tiene un stock de 10 días, los cuales fueron utilizados para completar el resto de la lógica de control y de las interfaces gráficas, en 3 periodos.

El servicio comprendió; provisión de los equipos, instalación, marquillado, pruebas, puesta a punto de la lógica de control y de las interfaces gráficas para modos de operación manual y semiautomático sin intervención del operador.

CAPÍTULO I

I. SOLUCIÓN TÉCNOLÓGICA IMPLEMENTADA

En este capítulo se describe los elementos de análisis, la metodología utilizada para dimensionar los elementos físicos PLC, módulos, fuentes, Unidad de Supervisión y software de monitoreo, así como el diseño de las pantallas de visualización de la Maquina de Interfaz humano-máquina y la lógica de control implementada en el PLC para la modernización del sistema de control de la Planta Desmineralizadora.

1.1 ELEMENTOS DE ANÁLISIS

Desde que entró a operar la Central Térmica “Trinitaria”, el sistema encargado de producir agua para la caldera, es la Planta de Desmineralización, los directivos de dicha unidad operativa solicitan una

revisión del sistema actual, con el fin de evaluar los aspectos técnicos y económicos para proceder a solicitar al Directorio un pronunciamiento.

El sistema fue revisado, considerando los siguientes elementos para su análisis;

- Estado actual del control de la Planta desmineralizadora.
- Estado actual de comunicación entre el PLC y el computador cliente de supervisión.
- Estado actual de Sistema de Supervisión.
- Estado físico del Sistema de cableado.
- Rutas de cableado.
- Operatividad y ambiente donde funciona la planta desmineralizadora.
- Documentación y conocimientos del personal propio de la planta sobre su funcionamiento.

1.1.1 ESTADO ACTUAL DEL CONTROL DE LA PLANTA DESMINERALIZADORA.

Este sistema posee poca información impresa descriptiva sobre su lógica de funcionamiento, la operación en los diferentes modos es conocida por los operadores con experiencia.

El sistema de control está basado en una plataforma de PLC de la marca Siemens correspondiente a la familia S5, mostrada en la figura No. 1.

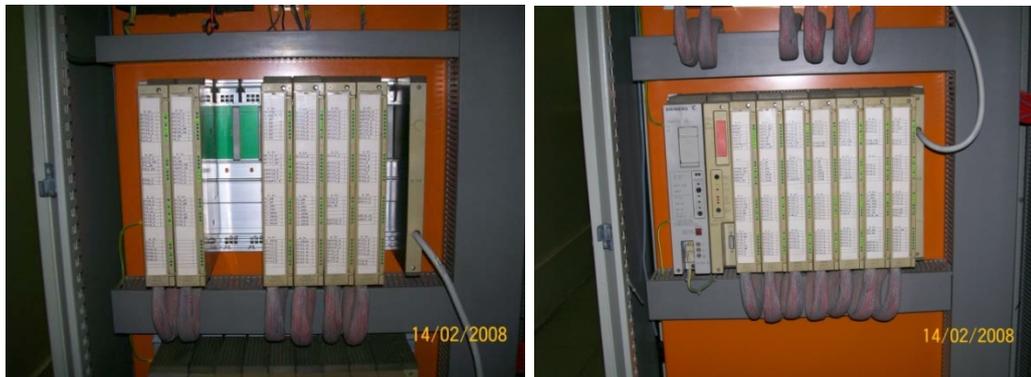


Figura 1.1 PLC obsoleto, Siemens S5.

Y que de acuerdo a la información del fabricante, estos equipos se encuentran discontinuados para soporte y fabricación de componentes. El PLC sigue operando, pero debido a que no se tiene el sistema de visualización se desconoce el estado de la planta desmineralizadora, situación que ha sido sobre llevada por sus operadores duplicando los trabajos de control de calidad tanto del agua producida para la caldera así como el estado de los lechos anódicos, catódicos y mixtos debido a que después de saturarse se debe proceder a la recuperación.

El análisis de este punto determinó que al no tener una supervisión del estado de funcionamiento de la planta y ejecutada por el PLC, se corre el riesgo de ejecutar operaciones que podrían desencadenar en una parada de producción de agua por la saturación de las cadenas de los lechos, con lo cual no se podría garantizar una planificación adecuada de las operaciones de la central, así como de los mantenimientos a que debe someterse. Y al no tener documentación válida de la lógica de control que ejecuta el PLC, se determinó que para este caso lo más adecuado a fin de identificar la lógica de control para la planta desmineralizadora, es utilizar una metodología llamada juicio de expertos que implica, recopilar documentadamente un levantamiento de los criterios de expertos en relación al funcionamiento en todo los aspectos, para posterior realizar un análisis con el fin de proceder a ejecutar un procedimiento de ejecución de actividades que conlleven de manera juiciosa a rescribir la lógica sobre un nuevo PLC y realizar pruebas modulares hasta que se tenga el sistema estable y bajo control.

1.1.2 ESTADO ACTUAL DE COMUNICACIÓN Y SISTEMA DE SUPERVISIÓN

No existiendo comunicación entre el computador y el S5, se trató de verificar el daño y no fue posible debido a que el arranque del sistema accedía directamente al HMI y no a un sistema operativo conocido.

La única información que fue posible utilizarla para la modernización, fue el criterio de diseño de las pantallas de supervisión, a lo cual los operadores indicaron que de ser posible mantuviéramos los mismos diseños e implementáramos pantallas adicionales, para mejor gestión de control. La figura No. 3, son muestras de las pantallas originales de visualización.

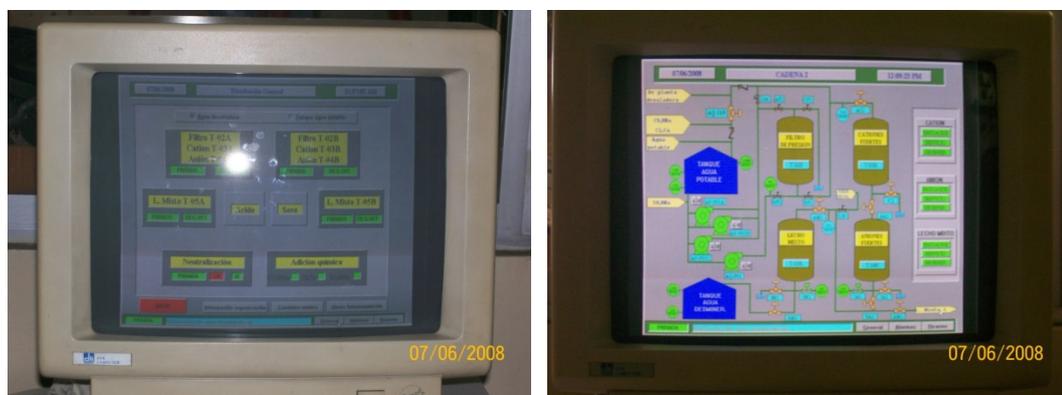


Figura 1.2 HMI original y obsoleto.

Con estos argumentos y el trabajo en conjunto con el personal de la Planta se evidencio que, era un esfuerzo no justificable en tiempo, costo y logística al tratar de recuperar la total operatividad del sistema de control basado en el PLC S5 y el sistema de visualización original.

El resto de actividades para análisis fueron ejecutadas con el fin de recopilar la mayor información física y de experiencia para dimensionar el nuevo PLC, el software SCADA y su licencia así como identificar la lógica de control que

operará a la planta desmineralizadora y proceder con el montaje, instalación y pruebas respectivas.

1.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS Y COMPONENTES

El trabajo siguiente, fue identificar los instrumentos o transmisores de campo, así como los actuadores o elementos finales de control a fin de considerar la cantidad y el tipo de señal eléctrica o protocolos de comunicación para dimensionar los módulos de Entrada y Salida del PLC.

Se observó también los elementos de monitoreo y control ubicados de manera física en el tablero de control, se levantó una tabla de elementos a fin de dimensionar módulos adicionales de Entrada y Salida.

Los requerimientos dados por el cliente, consideran que para la modernización se utilizará, equipos de actual diseño y logística de mantenimiento, repuestos y asistencia vigentes.

Mientras que para el Sistema de Visualización, se tomó de acuerdo a los requerimientos planteados por la Central Térmica, los mismos que indicaban

un sistema de tecnología moderna con pantalla LCD y un computador multimedia.

1.3 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DESMINERALIZADORA

De acuerdo a la información levantada bajo el criterio de los expertos, se pudo identificar la siguiente filosofía de operación:

- Los componentes principales de la Planta Desmineralizadora son:
- Sistema de Desmineralización Cadena 1 y Cadena 2.
- Sistema de Regeneración Cadena 1 y Cadena 2.
- Sistema de Neutralización
- Sistema de Remineralización

1.3.1 SISTEMA DE DESMINERALIZACIÓN

A continuación se describe, como noción general, los distintos procesos básicos incorporados en la lógica de control;

- Proceso de Filtración.
- Proceso de cambiador de cationes.
- Proceso de cambiador de aniones.
- Proceso de desmineralización de lecho mixto.

Proceso de Filtración

En esta etapa se extrae toda la materia en suspensión visible, incluyendo las más finas partículas orgánicas que existen en estado de suspensión.

El método más común de filtración, consiste en pasar el agua de arriba hacia abajo, por presión o gravedad, a través de un lecho de arena, cuarzo, o un material no silíceo de una granulometría finamente seleccionada.

Proceso de Cambiador de Cationes

Los cambiadores catiónicos fuertes son capaces de eliminar todos los cationes que aportan el agua, calcio, Magnesio, Sodio, etc. e intercambiarlos por iones hidrógeno por lo que de este cambiador saldrá una solución de los ácidos correspondientes a los aniones que se encuentran en el agua de alimentación. La reacción es reversible durante la fase de regeneración. Para

la regeneración se emplea ácido clorhídrico o sulfúrico. El agua a la salida del cambiador catiónico fuerte presentará un pH bajo correspondiente a los ácidos que lleva disueltos y saturada de CO₂ por la descomposición del ácido carbónico, que provienen de la alcalinidad presente en el agua de alimentación.

Proceso de Cambiador de Aniones

Los cambiadores de aniones se diseñan para retener los iones cloruro, sulfato y bicarbonato y también silica. Por lo tanto el agua después de pasar por un cambiador de cationes y otro de aniones no contiene prácticamente ningún disuelto.

De igual manera esta resina con el uso se satura y por lo tanto es requerido se realice una regeneración.

Métodos de Control

La conductividad y pH del agua desmineralizada dependen ligeramente de la composición del agua bruta. El indicativo para proceder a reconocer una saturación a más del tiempo de uso de acuerdo al caudal, es que viene

indicado por un rápido aumento de la conductividad por encima del valor máximo alcanzado durante el funcionamiento.

Para saber que cambiador es el agotado, se compara el pH del agua con el normal durante el servicio, si el pH es el mismo omñas alto y la conductividad ha subido el cambiador de cationes necesita regeneración. Si el pH ha bajado y la conductividad ha subido, el cambiador de aniones debe ser regenerado.

Proceso de desmineralización Lecho Mixto

El desmineralizador de lecho mixto ha sido desarrollado principalmente con el fin de eliminar la fuga iónica resultante de una cadena desmineralizadora, cuando se trata de obtener agua de muy buena calidad. En ciertos casos, pueden tratarse aguas que no hayan sufrido una desmineralización previa.

La calidad conseguida a la salida de un lecho mixto, suele tener un valor de conductividad específica inferior a 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Microsiemens/cm). Esta planta debe producir una calidad de agua inferior o igual a 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de acuerdo a lo indicado por los operadores.

Al igual que el intercambiador iónicos de lechos separador, la capacidad de intercambio es función del nivel de regeneración utilizado, es decir, a mayor nivel de regeneración, mayor capacidad de intercambio.

1.3.2 SISTEMA DE REGENERACIÓN

La Planta Desmineralizadora corresponde a un sistema de filtros, resinas iónicas de intercambio de iones catódicos, anódicos y mixtos que pueden recuperarse mediante un procedimiento llamado Regeneración, el mismo que consiste en los siguientes procesos:

- Lavado de filtro.
- Regeneración de las resinas catódicas y anódicas.
- Regeneración de las resinas mixtas.

Lavado de filtro

El tiempo de funcionamiento del filtro depende del volumen de agua filtrada y la cantidad de materia suspendida o turbiedad. Después de cierto tiempo de trabajo el lecho filtrante se ensucia y opone una resistencia excesiva al paso del agua. Esto ocurre cuando la pérdida de carga a través del filtro es del

orden de 3 metros de columna de agua. El filtro debe entonces ser lavado invirtiendo el sentido del agua hasta que la misma salga limpia.

Con el lavado, el lecho se expande y recupera sus características iniciales. La materia suspendida arrastrada es extraída y expulsada al drenaje.

Regeneración de las resinas catódicas y anódicas

La regeneración se realiza en cuatro etapas:

- Lavado.
- Introducción del ácido diluido.
- Desplazamiento del ácido.
- Enjuague.

La misión del lavado es arrastrar los sólidos acumulados en el lecho durante el servicio. Se realiza en sentido ascendente, introduciendo el caudal de agua de lavado por el fondo y sacándolo por arriba, con lo cual el lecho de resina se expande. El lavado debe durar al menos 10 minutos o hasta que el agua salga clara.

La resina gastada recupera su capacidad total por tratamiento con una disolución de ácido sulfúrico o clorhídrico. La disolución es introducida al cambiador por un eyector o una bomba que al mismo tiempo ajusta el ácido a la concentración conveniente.

Para completar la introducción del ácido, el caudal de dilución se mantiene el tiempo necesario para empujar al ácido hacia el fondo del lecho de resina. El desplazamiento es necesario para asegurar un tiempo de contacto uniforme entre el ácido y las distintas partes de la resina.

Después del desplazamiento, el cambiador se enjuaga para eliminar el ácido y queda listo para servicio.

Para los lechos mixtos es importante proceder con una regeneración duplicada, cuando menos con el fin de conseguir que toda la resina esté en su ciclo de trabajo correspondiente. Este cambio de ciclo conlleva además, una característica física importante: el hinchamiento así como el paso de agotada a su forma regenerada en las resinas fuertes, lo cual supone una disminución de volumen, que suele estar comprendido entre el 6 y el 10%, en las resinas fuertes después del primer lavado, inyectar el triple de la cantidad

normal del ácido A continuación se describe, como noción general, los distintos procesos.

Después de cierto tiempo de trabajo el lecho filtrante se ensucia y opone una resistencia excesiva al paso del agua. El filtro debe entonces ser lavado invirtiendo el sentido del agua hasta que el algún salga limpia (o por tiempo definido a un caudal determinado).

1.4 SELECCIÓN DE EQUIPO DE CONTROL

De acuerdo al análisis realizado, se determinó un listado de señales de entrada y salida para el PLC:

Señales de entradas y salida del PLC:

| DENOMINACION | DIRECCION ANTERIOR | NOMBRE | DESCRIPCION | DENOMINACION | DIRECCION ANTERIOR | NOMBRE | DESCRIPCION |
|--------------|--------------------|----------|--|--------------|--------------------|----------|--|
| E | 0.0 | REST_L | PRUEBA DE LAMPARAS (4S01) | A | 52.0 | NV305_K | ABRIR NV 305 CADENA 2 (EA2) (33) |
| E | 0.1 | RECON | RECONOCIMIENTO DE ALARMAS (4S02) | A | 52.1 | NV329_K | ABRIR NV 329 CADENA 2 (JA2) (33) |
| E | 0.2 | EMERG | NO PARADA DE EMERGENCIA (4S03) | A | 52.2 | NV331_K | ABRIR NV 331 CADENA 2 (FA2) (33) |
| E | 0.3 | 120V_F | FALLO TENSION 120 V (4) | A | 52.3 | NV371_K | ABRIR ELECTR EV 371 CADENA 2 (IA2) (35) |
| E | 0.4 | 48V_F | FALLO TENSION 48 V (4) | A | 52.4 | NV311_K | ABRIR NV 311 L.M. CADENA 2 (AM2) (36) |
| E | 0.5 | 24V_F | FALLO TENSION 24 V (4) | A | 52.5 | NV337_K | ABRIR NV 337 L.M. CADENA 2 (WM2) (36) |
| E | 0.6 | 120VTS_F | FALLO TENSION SEGURA 120 V (4) | A | 52.6 | NV314_K | ABRIR NV 314 L.M. CADENA 2 (EM2) (36) |
| E | 0.7 | 125V_F | FALLO TENSION 125 V (4) | A | 52.7 | NV341_K | ABRIR NV 341 L.M. CADENA 2 (JM2) (36) |
| E | 1.0 | | | A | 53.0 | NV354_K | ABRIR NV 354 L.M. CADENA 2 (HM2) (36) |
| E | 1.1 | | | A | 53.1 | | |
| E | 1.2 | POTAB_SE | SELECCION DE AGUA POTABLE (5) | A | 53.2 | NV312_K | ABRIR NV 312 L.M. CADENA 2 (NM2) (39) |
| E | 1.3 | DESAL_SE | SELECCION DE AGUA DESALADA (5) | A | 53.3 | NV313_K | ABRIR NV 313 L.M. CADENA 2 (VM2) (39) |
| E | 1.4 | SEMIAUT | FUNCIONAMIENTO SEMIAUTOMATICO (5) | A | 53.4 | NV315_K | ABRIR NV 315 L.M. CADENA 2 (NM2) (39) |
| E | 1.5 | MANUAL | FUNCIONAMIENTO MANUAL (5) | A | 53.5 | NV336_K | ABRIR NV 336 L.M. CADENA 2 (PM2) (39) |
| E | 1.6 | PRES_OK | AIRE DE INSTRUMENTACION | A | 53.6 | NV339_K | ABRIR NV 339 L.M. CADENA 2 (FM2) (39) |
| E | 1.7 | | | A | 53.7 | NV373_K | ABRIR NV 373 L.M. CADENA 2 (IM2) (39) |
| E | 2.0 | HV115_C | VALVULA V1 CERRADA (7) | A | 54.0 | C01A_K | MARCHA/PARO SOPLANTE AQ-C-01A L.M. (42) |
| E | 2.1 | HV115_A | VALVULA V1 ABIERTA (7) | A | 54.1 | C01B_K | MARCHA/PARO SOPLANTE AQ-C-01B L.M. (43) |
| E | 2.2 | HV115_PA | PULSADOR ABRIR VALVULA V1 (7) | A | 54.2 | REG_HP | REGENERACION PARADA (45) |
| E | 2.3 | HV115_PC | PULSADOR CERRAR VALVULA V1 (7) | A | 54.3 | | |
| E | 2.4 | P01A_AU | BOMBA P-01A AUTOMATICO AGUA POTABLE (8) | A | 54.4 | | |
| E | 2.5 | P01A_MN | BOMBA P-01A MANUAL AGUA POTABLE (8) | A | 54.5 | | |
| E | 2.6 | P01A_O | BOMBA P-01A EN MARCHA AGUA POTABLE (8) | A | 54.6 | AQP02A_K | MARCHA/PARO BOMBA AQ-P-02A A.DESM. (47) |
| E | 2.7 | P01A_D | DEFECTO BOMBA P-01A AGUA POTABLE (8) | A | 54.7 | AQP02B_K | MARCHA/PARO BOMBA AQ-P-02B A.DESM. (48) |
| E | 3.0 | P01B_AU | BOMBA P-01B AUTOMATICO AGUA POTABLE (9) | A | 55.0 | AQP04A_K | MARCHA/PARO BOMBA AQ-P-04A H2S04 (50) |
| E | 3.1 | P01B_MN | BOMBA P-01B MANUAL AGUA POTABLE (9) | A | 55.1 | AQP04B_K | MARCHA/PARO BOMBA AQ-P-04B H2S04 (51) |
| E | 3.2 | P01B_O | BOMBA P-01B EN MARCHA AGUA POTABLE (9) | A | 55.2 | AQP04C_K | MARCHA/PARO BOMBA AQ-P-04C H2S04 (52) |
| E | 3.3 | P01B_D | DEFECTO BOMBA P-01B AGUA POTABLE (9) | A | 55.3 | NV342_K | ABRIR NV 342 ACIDO DCM (53) |
| E | 3.4 | P01C_AU | BOMBA P-01C AUTOMATICO AGUA POTABLE (10) | A | 55.4 | NV343_K | ABRIR NV 343 ACIDO DCO (53) |
| E | 3.5 | P01C_MN | BOMBA P-01C MANUAL AGUA POTABLE (10) | A | 55.5 | NV346_K | ABRIR NV 346 ACIDO GO (54) |
| E | 3.6 | P01C_O | BOMBA P-01C EN MARCHA AGUA POTABLE (10) | A | 55.6 | NV374_K | ABRIR VALVULA EV 374 ACIDO IC (54) |
| E | 3.7 | P01C_D | DEFECTO BOMBA P-01C AGUA POTABLE (10) | A | 55.7 | | |
| E | 4.0 | AQP01_AU | BOMBA AQP-01 AUTOMATICO LAVADO (11) | A | 56.0 | AQP05A_K | MARCHA/PARO BOMBA AQ-P-05A NaOH (56) |
| E | 4.1 | AQP01_MN | BOMBA AQP-01 MANUAL LAVADO (11) | A | 56.1 | AQP05B_K | MARCHA/PARO BOMBA AQ-P-05B NaOH (57) |
| E | 4.2 | AQP01_O | BOMBA AQP-01 EN MARCHA LAVADO (11) | A | 56.2 | AQP05C_K | MARCHA/PARO BOMBA AQ-P-05C NaOH (58) |
| E | 4.3 | AQP01_D | DEFECTO BOMBA AQP-01 LAVADO (11) | A | 56.3 | NV344_K | ABRIR EV 344 SOSA (DAM) (59) |
| E | 4.4 | TAP_NB | TANQUE AGUA POTABLE NIVEL BAJO (12) | A | 56.4 | NV345_K | ABRIR EV 345 SOSA (DAA) (59) |
| E | 4.5 | TAP_NA | TANQUE AGUA POTABLE NIVEL ALTO (12) | A | 56.5 | NV344_K | ABRIR EV 348 SOSA (GA) (59) |
| E | 4.6 | TAP_NMA | TANQUE AGUA POTABLE NIVEL MUY ALTO (12) | A | 56.6 | EV375_K | ABRIR EV 375 SOSA (A) (60) |
| E | 4.7 | AQP01_AP | ALTA PRESION BOMBA DE LAVADO (11) | A | 56.7 | R246_K | MARCHA/PARO RESISTENCIA NaOH (61) |
| E | 5.0 | C1_PM | CADENA 1 PULSADOR SERVICIO CATION-ANION (13) | A | 57.0 | P06A_K | MARCHA/PARO BICARBONATO SODICO (63K01) |
| E | 5.1 | C1_PP | CADENA 1 PULSADOR PARO CATION-ANION (13) | A | 57.1 | P06B_K | MARCHA/PARO BICARBONATO SODICO (64K01) |
| E | 5.2 | C1_PEC | CADENA 1 PULSADOR ENJUAGUE CATION (13) | A | 57.2 | Y01_K | MARCHA/PARO AGITADOR BICAR. SODICO (65K01) |
| E | 5.3 | C1_PEA | CADENA 1 PULSADOR ENJUAGUE ANION (13) | A | 57.3 | P07A_K | MARCHA/PARO BOMBA CLORURO CALCICO (66K01) |
| E | 5.4 | C1_PMLM | CADENA 1 PULSADOR SERVICIO LECHO MIXTO (13) | A | 57.4 | P07B_K | MARCHA/PARO BOMBA CLORURO CALCICO (67K01) |
| E | 5.5 | C1_PPLM | CADENA 1 PULSADOR PARO LECHO MIXTO (13) | A | 57.5 | Y02_K | MARCHA/PARO AGIT. CLORURO CALCICO (68K01) |
| E | 5.6 | C1_PELM | CADENA 1 PULSADOR ENJUAGUE LECHO MIXTO (13) | A | 57.6 | P08A_K | MARCHA/PARO B. BISULFITO SODICO (69K01) |
| E | 5.7 | | | A | 57.7 | P08B_K | MARCHA/PARO B. BISULFITO SODICO (70K01) |
| A | 50.0 | C2_HM | CADENA 2 MARCHA SERVICIO CATION-ANION (28) | A | 58.0 | NV349_K | ABRIR NV-349 NEUTRALIZACION (73) |
| A | 50.1 | C2_HP | CADENA 2 PARO SERVICIO CATION-ANION (28) | A | 58.1 | NV350_K | ABRIR NV-350 NEUTRALIZACION (73) |
| A | 50.2 | C2_HEC | CADENA 2 ENJUAGUE CATION (28) | A | 58.2 | | |
| A | 50.3 | C2_HEA | CADENA 2 ENJUAGUE ANION (28) | A | 58.3 | | |
| A | 50.4 | C2_HREG | CADENA 2 REGENERACION (28) | A | 58.4 | | |
| A | 50.5 | C2_HRLM | CADENA 2 MARCHA SERVICIO LECHO MIXTO (28) | A | 58.5 | RECIR_HO | INDICACION RECIRC. NEUTRALIZACION (74) |
| A | 50.6 | C2_HPLM | CADENA 2 PARO LECHO MIXTO (28) | A | 58.6 | VERTI_HP | INDICACION PARO VERTIDO (74) |
| A | 50.7 | C2_HELM | CADENA 2 ENJUAGUE LECHO MIXTO (28) | A | 58.7 | | |
| A | 51.0 | C2_HRLM | CADENA 2 REGENERACION LECHO MIXTO (28) | A | 59.0 | NV351_K | ABRIR NV-351 NEUTRALIZACION (75) |
| A | 51.1 | NV301_K | ABRIR NV 301 CADENA 2 (AC2) (31) | A | 59.1 | NV352_K | ABRIR NV-352 NEUTRALIZACION (75) |
| A | 51.2 | NV320_K | ABRIR NV 320 CADENA 2 (CC2) (31) | A | 59.2 | NV376_K | ABRIR ELECTR. NV-376 NEUTRALIZACION (75) |
| A | 51.3 | NV321_K | ABRIR NV 321 CADENA 2 (FC2) (31) | A | 59.3 | NV377_K | ABRIR ELECTR. NV-377 NEUTRALIZACION (75) |
| A | 51.4 | NV323_K | ABRIR NV 323 CADENA 2 (JC2) (31) | A | 59.4 | NV378_K | ABRIR ELECTR. NV-378 NEUTRALIZACION (75) |
| A | 51.5 | NV304_K | ABRIR NV 304 CADENA 2 (AA2) (31) | A | 59.5 | | |
| A | 51.6 | NV327_K | ABRIR NV 327 CADENA 2 (CA2) (31) | A | 59.6 | P03A_K | MARCHA BOMBA P03A NEUTRALIZACION (76) |
| A | 51.7 | | | A | 59.7 | P03B_K | MARCHA BOMBA P03B NEUTRALIZACION (76) |

Tabla 1 Señales físicas I/O.

Listado de los componentes del PLC:

| ITEM | DESCRIPCION | CANT |
|------|--|------|
| 01 | SIEMENS S7-300, CPU 315-2DP | 01 |
| 02 | Módulo de 32 entradas Digitales a 24 VDC | 09 |
| 03 | Módulo de 32 salidas Digitales a 24 VDC | 04 |
| 04 | Módulo SIMATIC NET CP343-1 | 01 |
| 05 | Módulo IM360 | 01 |
| 06 | Módulo IM361 | 01 |
| 07 | Cable Conector IM360-IM361 | 01 |
| 08 | Micro memory card 128 Kb | 01 |
| 09 | Conector Frontal de 40 polos | 14 |
| 10 | Perfil soporte para S7-300 | 02 |
| 11 | Fuente SITOP 10Amp, 24 VDC | 01 |
| 12 | Batería de Litio | 01 |

Tabla 2 Componentes del PLC.

Equipo de supervisión:

| ITEM | DESCRIPCION | CANT |
|------|--|------|
| 01 | Pantalla LCD 19", marca LG | 01 |
| 02 | Teclado, Mouse óptico USB | 01 |
| 03 | UPS-regulador 700 VA | 01 |
| 04 | CPU - Procesador Intel® Core™2 Duo Procesador E6750, 2.40 GHz, Bus frontal de 1066 MHz - Memoria DDR2 1024 Mb, 667MHz - Mainboard Intel® Desktop Board DG33BU - Disco duro SATA 7200 rpm de 250 GB, marca SAMSUNG - Case-Fuente- Floppy- ATX 500W | 01 |
| 05 | Lector DVD/R-W, Marca LG | |
| 06 | Switch de 8 puertos 10/100/1000 Mbps | 01 |

Tabla 3 Estación de Supervisión.

Software para HMI:

| ITEM | DESCRIPCION | FABRICANTE | CANT |
|------|--|------------|------|
| 01 | Intouch 10.0 con licencia de RunTime para 1000 (mil) tags. | WONDERWARE | 01 |
| 02 | Windows XP Profesional en español Cd's de instalación | Microsoft | 01 |

Tabla 4 Software para desarrollo de HMI.

1.5 ARQUITECTURA FÍSICA

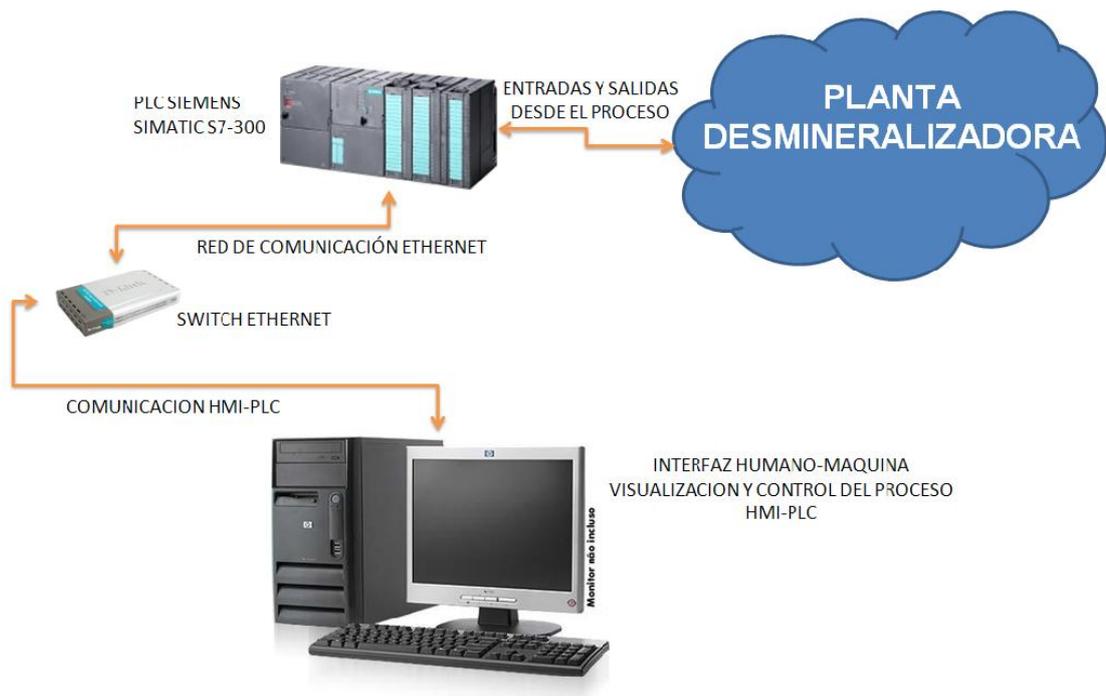


Figura 1.3 Arquitectura Física implementada.

CAPÍTULO II

II. RESULTADOS OBTENIDOS

Se logró identificar e implementar una lógica de control sobre los diferentes procesos, así como un sistema de visualización, monitoreo y gestión de alarmas para la Planta desmineralizadora.

A continuación se describe la función de cada interfaz.

2.1 PROCESO DE DESMINERALIZACIÓN

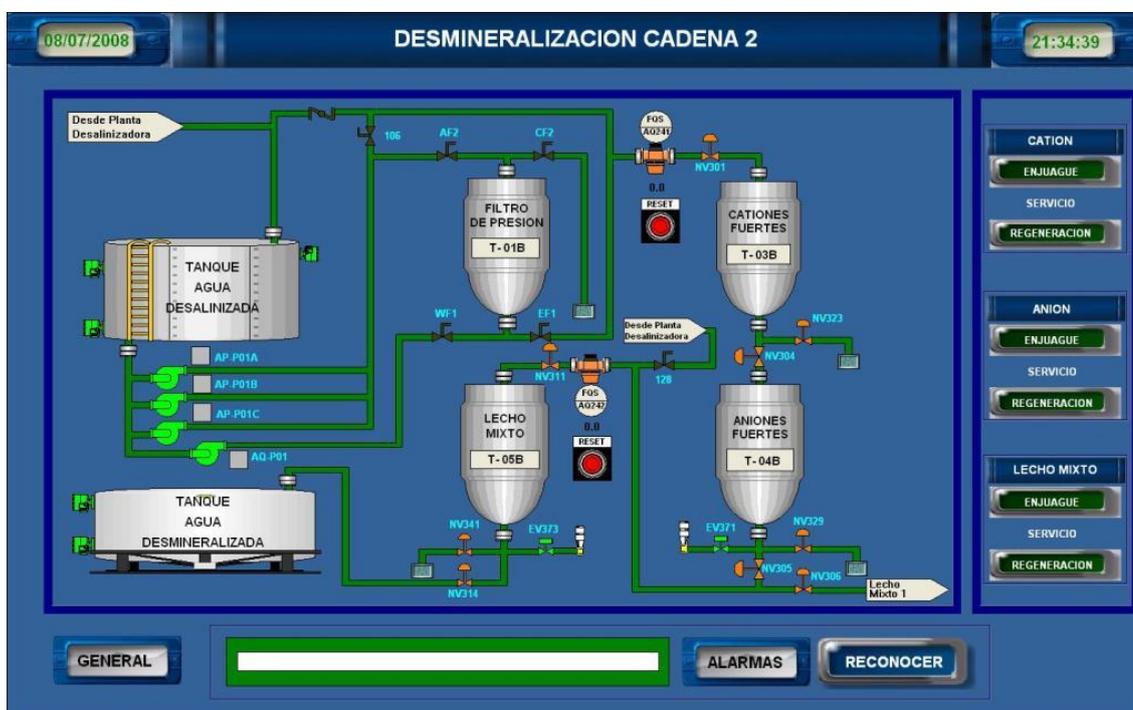


Figura 2.1 Esquemático, proceso de agua desmineralizada.

El agua a tratar viene impulsada desde las bombas de agua de aportación AP-P01A/B/C situadas a pie del tanque de almacenamiento de agua potable o desde la planta desaladora por medio de una bomba.

Cada cadena tratará 11m³/h pudiendo trabajar las dos simultáneamente en caso de necesidad, mientras una está en servicio la otra puede estar regenerando en catión-anión o el lecho mixto. Los lechos mixtos son intercambiables, bien para la cadena 1 como para la cadena 2.

Control del Caudal

Para el control del caudal, se ha previsto a la entrada a cada cadena los contadores FQ, los cuales transmiten un pulso por cada m³. Los pulsos son contabilizados por el PLC, creando una totalización de caudal por cadena en servicio, de forma que cuando sea 90-900m³ en las cadenas primarias y de 1680-16500 m³ en los lechos mixtos, darán alarma indicando que se ha cumplido el ciclo entre regeneraciones por tope de producción.

Control de conductividad

A la salida de los cambiadores de aniones CIS-230/231 y lechos mixtos CIS-232/233, la calidad del agua es detectada mediante transmisores de conductividad.

Al entrar en operación el PLC iniciara el proceso arrancando con el enjuague de los lechos hasta que la conductividad a la salida del Lecho Anódico sea igual o menor 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para posterior seguir realizando el control de caudal hasta que la conductividad del agua a la salida del lecho mixto sea menor o igual a 0, 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pasando directamente a producción al reservorio de agua Desmineralizada.

2.2 PROCESO DE REGENERACIÓN

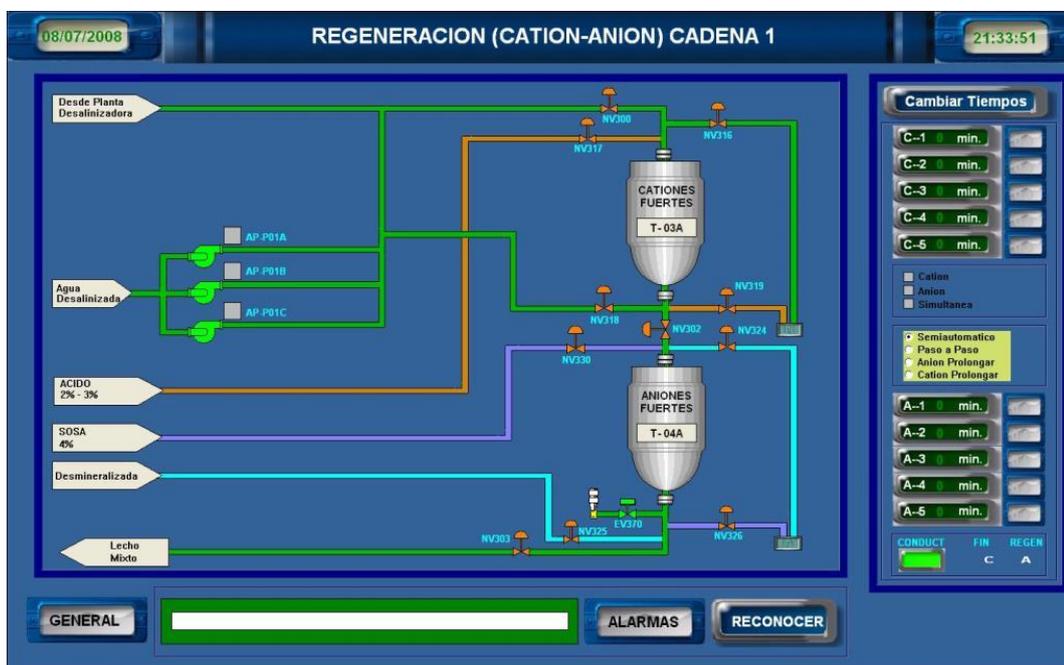


Figura 2.2 Esquemático, proceso de regeneración.

La regeneración de cada cadena se deberá iniciar por la producción de agua fuera de especificaciones o por fin de ciclo de volumen de agua tratada, la regeneración de los Cationes y Aniones será de forma simultánea, dicho proceso obedece a la secuencia indica a continuación:

| CAMBIADOR CATION | | | | | CAMBIADOR ANION | | | | |
|------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------|-----------------|--------------------|---|-------------------------|-----------|
| ETAPA | TIEMPO RECOMENDADO | TAREA | FLUIDO | CAUDAL | ETAPA | TIEMPO RECOMENDADO | TAREA | FLUIDO | CAUDAL |
| C-1 | 10 min | Lavado | Agua aportación | 4 m3/h | A-1 | 10 min | Lavado | Agua desmi. | 2,6 m3/h |
| C-2 | 11 min | Acido al 2% | Agua desmi. H2SO4 | 2,9 m3/h | A-2 | 40 min | NaOH al 4% | Agua desmi. NaOH 50% | 0,78 m3/h |
| C-3 | 8,5 min | Acido al 4% | Agua desmi. H2SO4 | 2,9 m3/h | A-3 | 21 min | Sosa | Agua desmi. | 0,78 m3/h |
| C-4 | 6 min | Desplazamiento acido | Agua desmi. | 2,9 m3/h | A-4 | 30 min | Enjuague para con conductividad 5 µS/cm | Agua desmi. | 2,6 m3/h |
| C-5 | 21 min | Enjuage | Agua aportacion | 4 m3/h | A-5 | ---- | | Agua desmi. | 2,6 m3/h |

Tabla 5 Secuencia de regeneración.

El objetivo con este sistema modernizado, fue cumplido a cabalidad después de las pruebas y arranque, con la consecuente reducción y mejor distribución del tiempo para la planificación operativa y de mantenimientos, esto debido a que es posible llevar un control en tiempo real de la calidad del agua producida, así como del estado de los lechos iónicos de la Planta Desmineralizadora.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los procesos industriales que demanden calidad, en la producción de algún componente para consumo interno, motivados por condiciones críticas operativas o de seguridad, deberán de vigilar que sus sistema de control y SCADA, estén constantemente actualizados y que si alguno de sus componentes han sido clasificados por los fabricantes como obsoletos, las áreas de mantenimiento o sus responsables, deberán de gestionar recursos para actualizar o modernizar sus sistemas. Es preferible inclusive que sea una doctrina de mantenimiento mantener los equipos operativos, actualizados y vigentes, ya que si esto no se observa llegará un evento que por más mínimo que sea el daño, no habrá repuestos, ni asistencia y tendrá que de manera urgente proceder con el reemplazo o modernización parcial y total de sus equipos, lo cual podría afectar a la producción de la industria.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Wonderware, InTouch® User's Guide Wonderware® InTouch®.- The quickest and easiest way to create human-machine interface (HMI) applications for Microsoft® Windows™ operating systems.
- [2] Wonderware, Recipe Manager User's Guide.- A series of logical building block chapters that describe the various aspects of building Recipe Templates
- [3] Wonderware, InTouch® Reference Guide.- This reference guide provides you with an alphabetic detailed reference for each tagname dot field (.field), windows controls property, alarm object property, system tagname and QuickScript function included in the InTouch product suite
- [4] Wonderware, SQL Access Manager User's Guide SQL.- Access Manager allows you to access, modify, create and delete tables in a database.
- [5] Wonderware, InTouch® Supplementary Components User's Guide Wonderware® InTouch®.- Supplementary Components include Wonderware and third-party wizards that you can add to InTouch.
- [6] Siemens, Manuales de consulta para programación con Step7, referidos al paquete de documentación: 6ES7810-4CA10-8DW0
- [7] Babcock Wilcox Española S. A., Manual de Instrucciones de Operación y Mantenimiento, Planta Demineralizadora.

ÍNDICE ANEXO

| | |
|--|------|
| Figura A .1 Distribución Menú – General..... | A.1 |
| Figura A .2 Salir Menú – General..... | A.2 |
| Figura A .3 General Pantallas..... | A.3 |
| Figura A .4 Desmineralización Cadena 1..... | A.4 |
| Figura A .5 Desmineralización Cadena 2 | A.5 |
| Figura A .6 Regeneración (Cación Anión) Cadena 1 | A.6 |
| Figura A .7 Regeneración Lecho Mixto 2 | A.7 |
| Figura A .8 Regeneración (Cación Anión) Cadena 2 | A.8 |
| Figura A .9 Regeneración Lecho Mixto 1 | A.9 |
| Figura A .10 Auxiliar Regeneración Adición Acido | A.10 |
| Figura A .11 Neutralización | A.11 |
| Figura A .12 Remineralización | A.12 |
| Figura A .13 Menú Tiempos Regeneración | A.13 |
| Figura A .14 Tiempos Regeneración Cadena 1 | A.14 |
| Figura A .15 Salir Tiempos Regeneración Cadena 1 | A.15 |
| Figura A .16 Tiempos Regeneración Lecho Mixto 1 | A.16 |
| Figura A .17 Pantalla Alarmas | A.17 |
| Figura A .18 Menú Horómetro Motores | A.18 |



Figura A .1 Distribución Menú - General



Figura A .2 Salir Menú - General



Figura A .3 General Pantallas

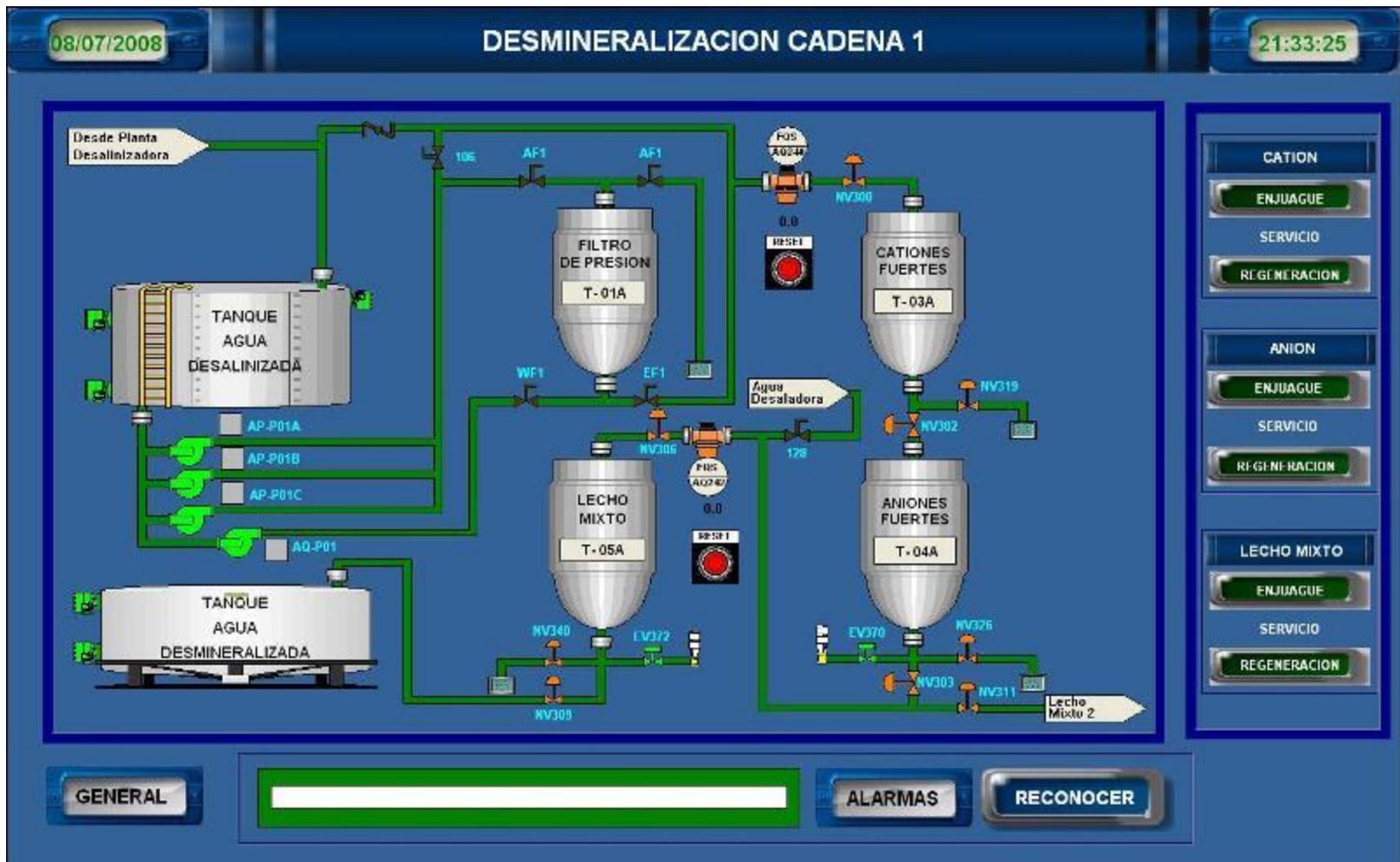


Figura A .4 Desmineralización Cadena 1



Figura A .5 Desmineralización Cadena 2

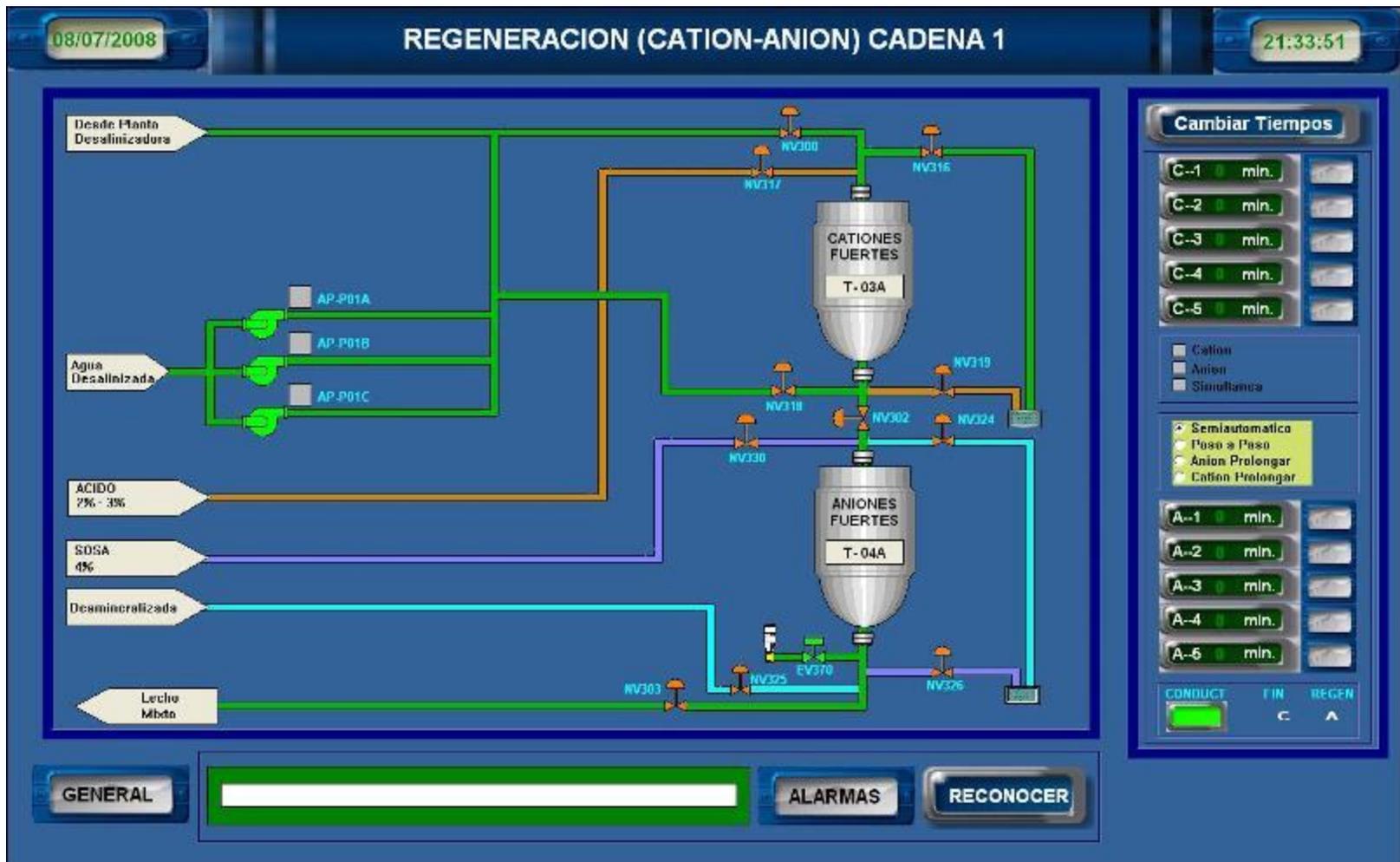


Figura A .6 Regeneración (Cación Anión) Cadena 1

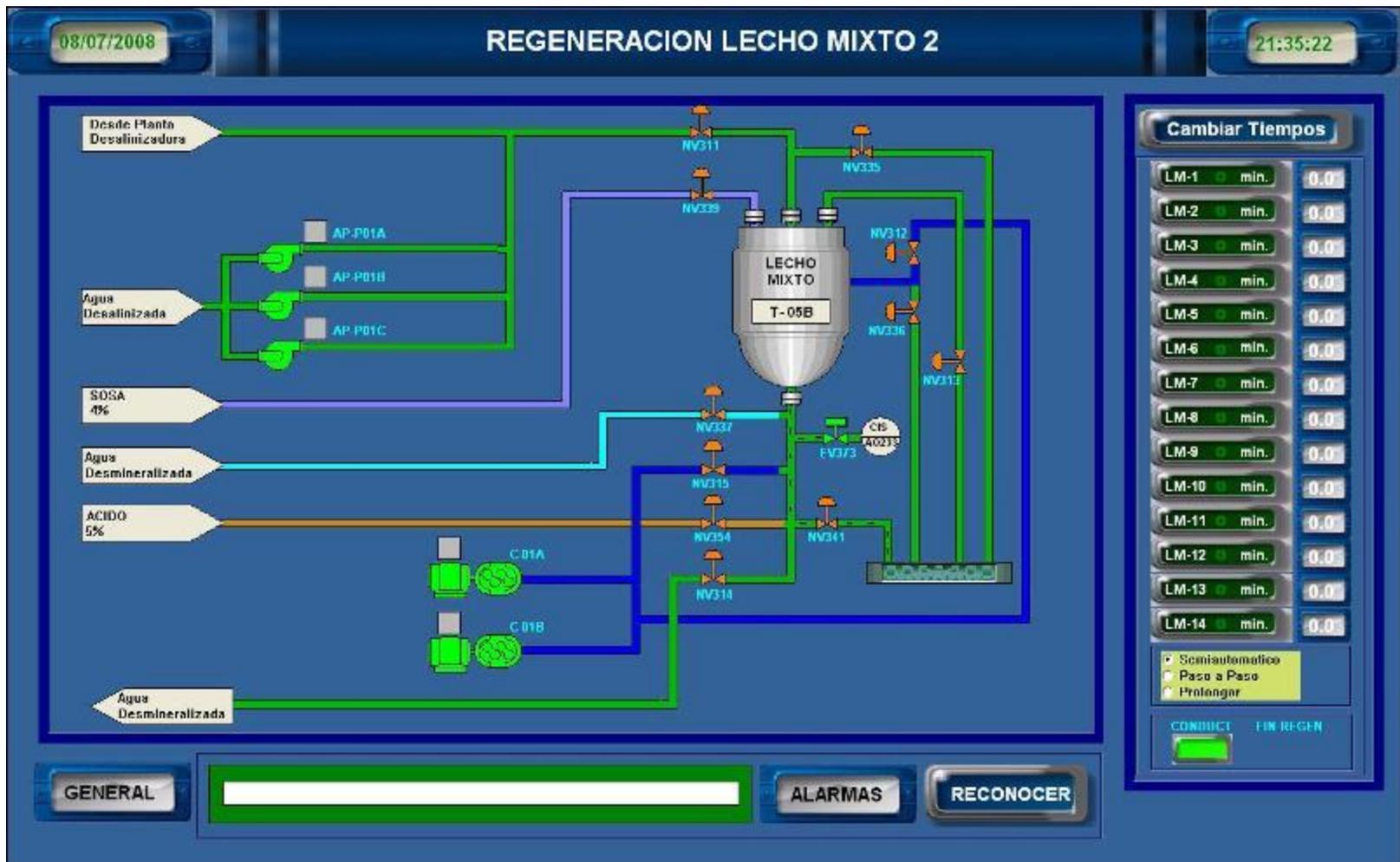


Figura A.7 Regeneración Lecho Mixto 2

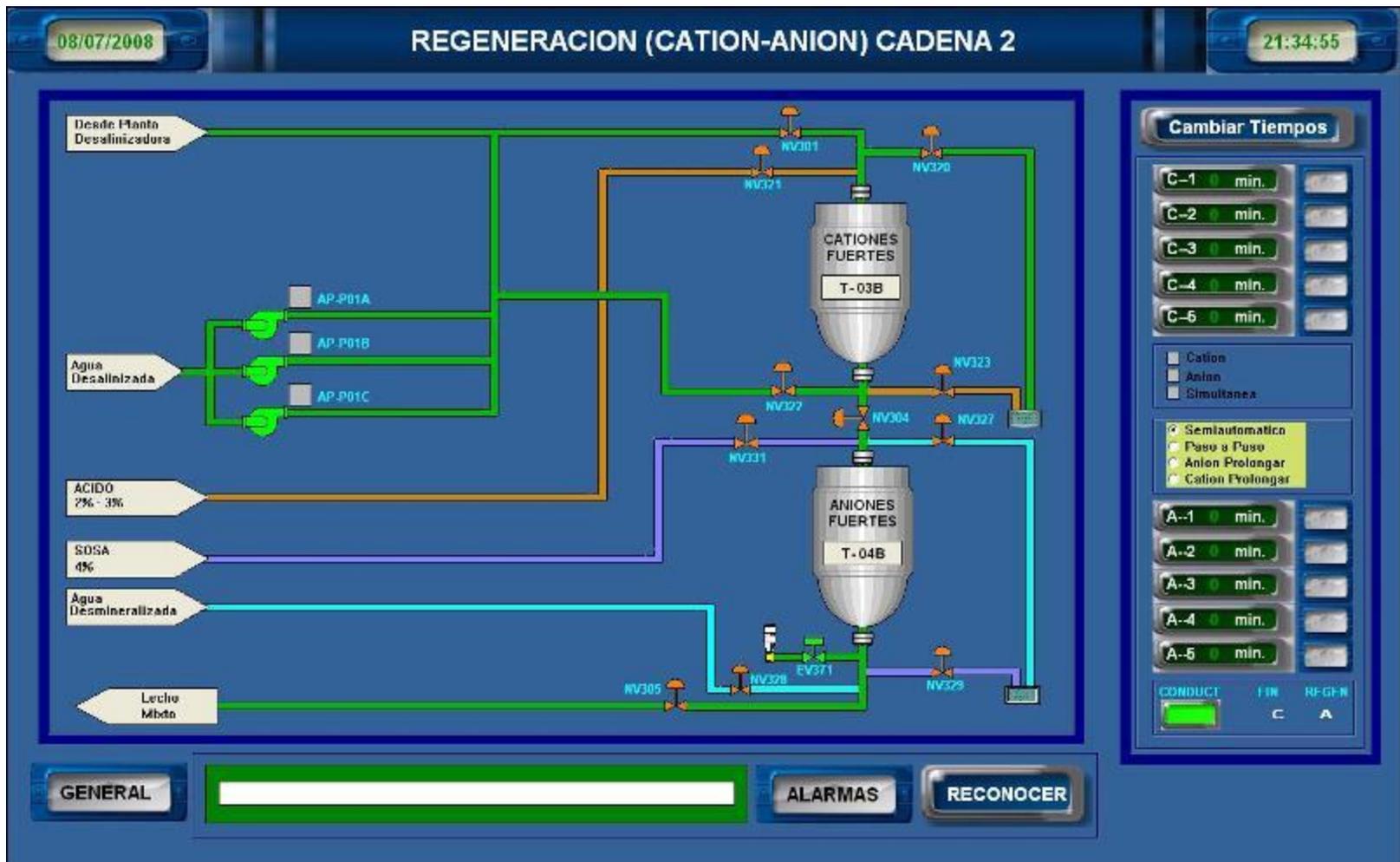


Figura A .8 Regeneración (Cati3n Ani3n) Cadena 2



Figura A.9 Regeneración Lecho Mixto 1

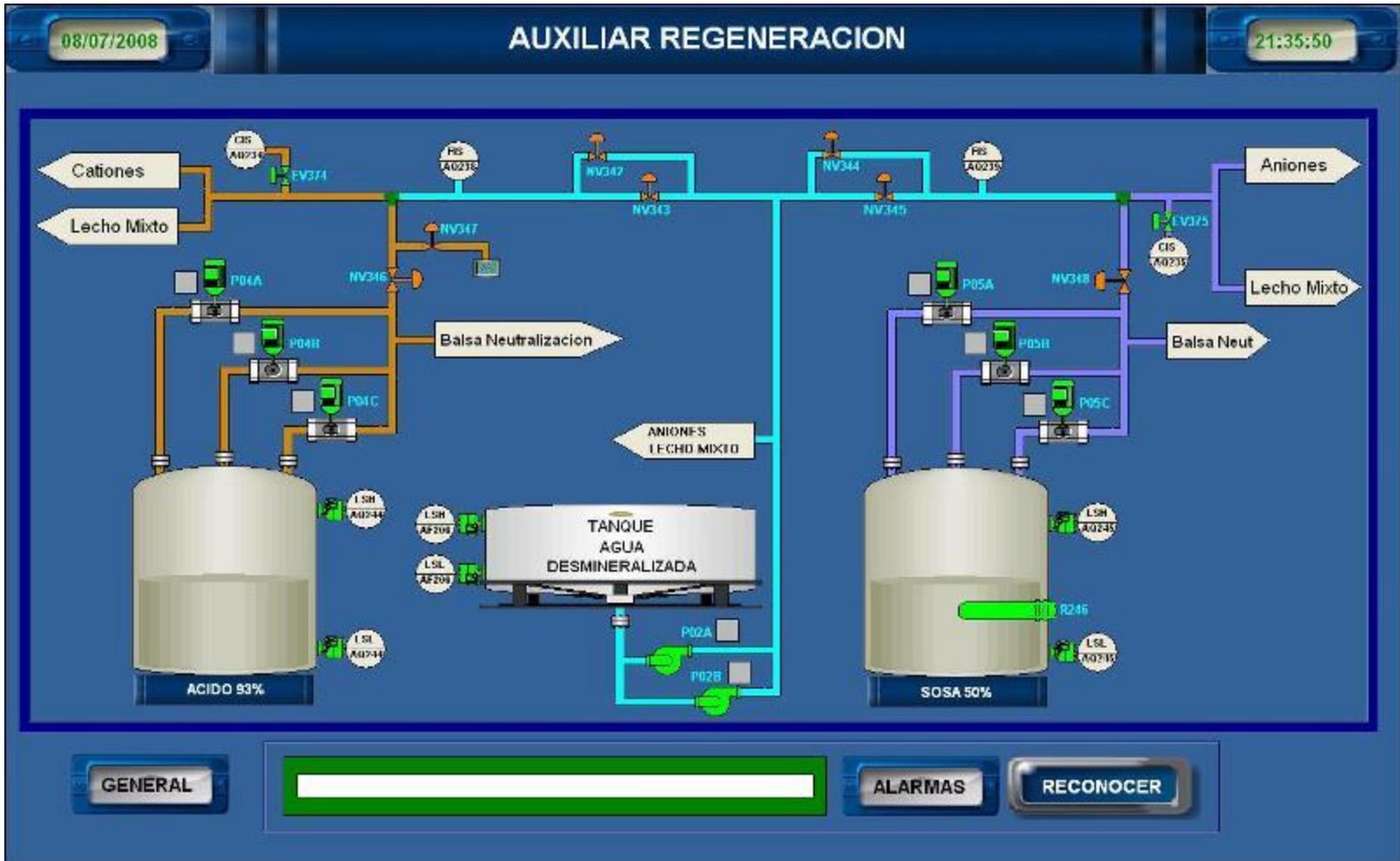


Figura A .10 Auxiliar Regeneración Adición Acido

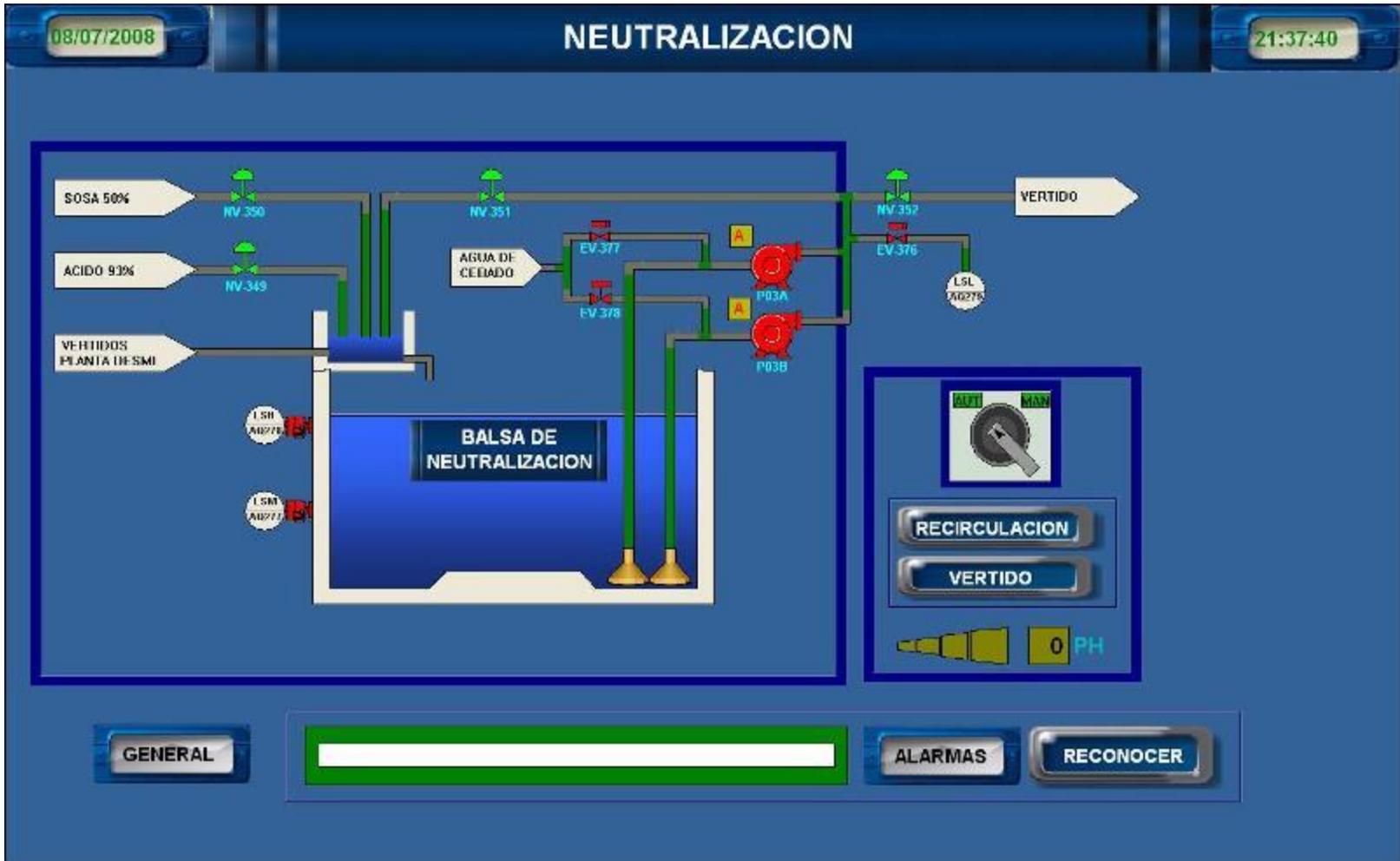


Figura A .11 Neutralización

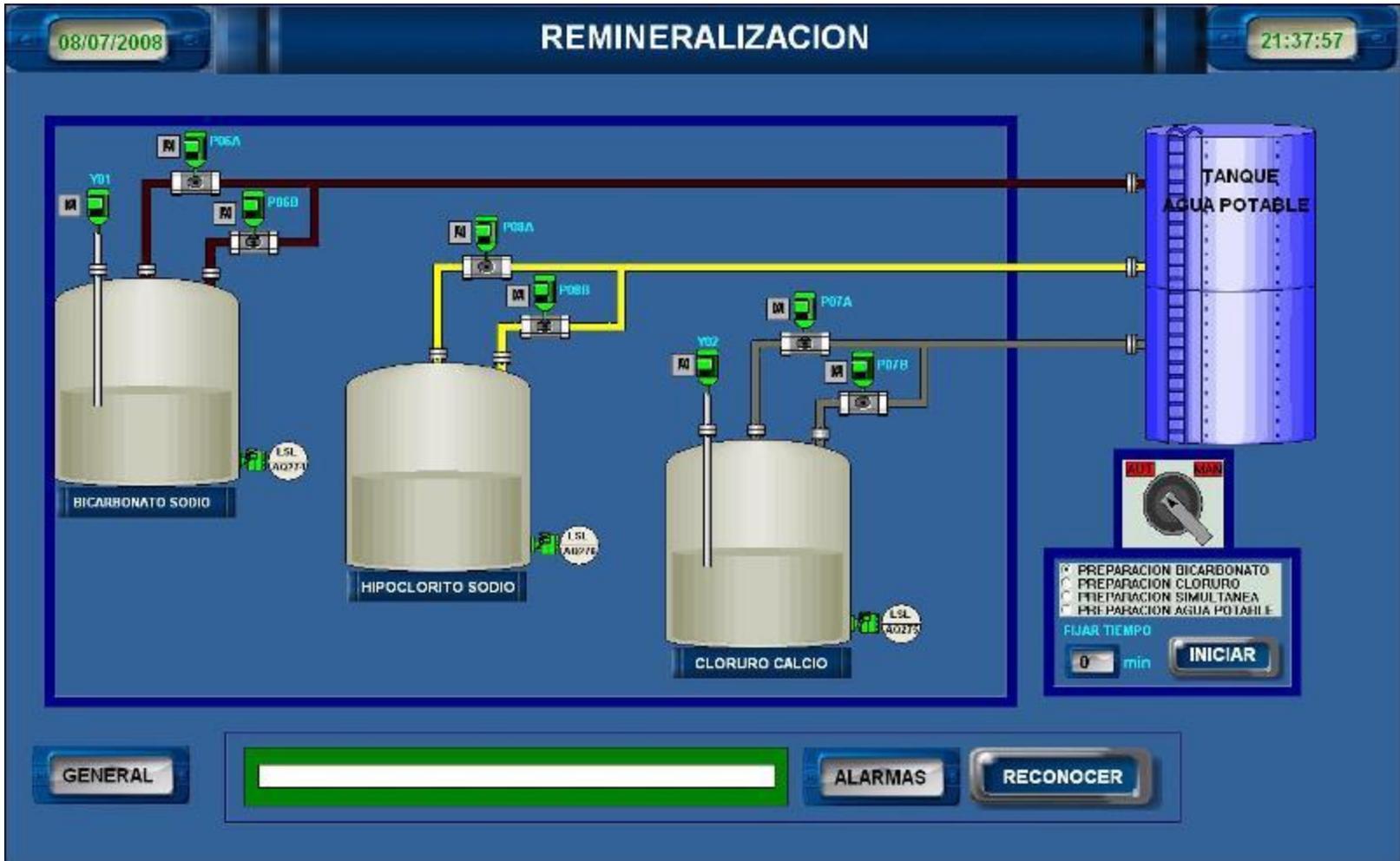


Figura A .12 Remineralización



Figura A .13 Menú Tiempos Regeneración



Figura A .14 Tiempos Regeneración Cadena 1



Figura A .15 Salir Tiempos Regeneración Cadena 1

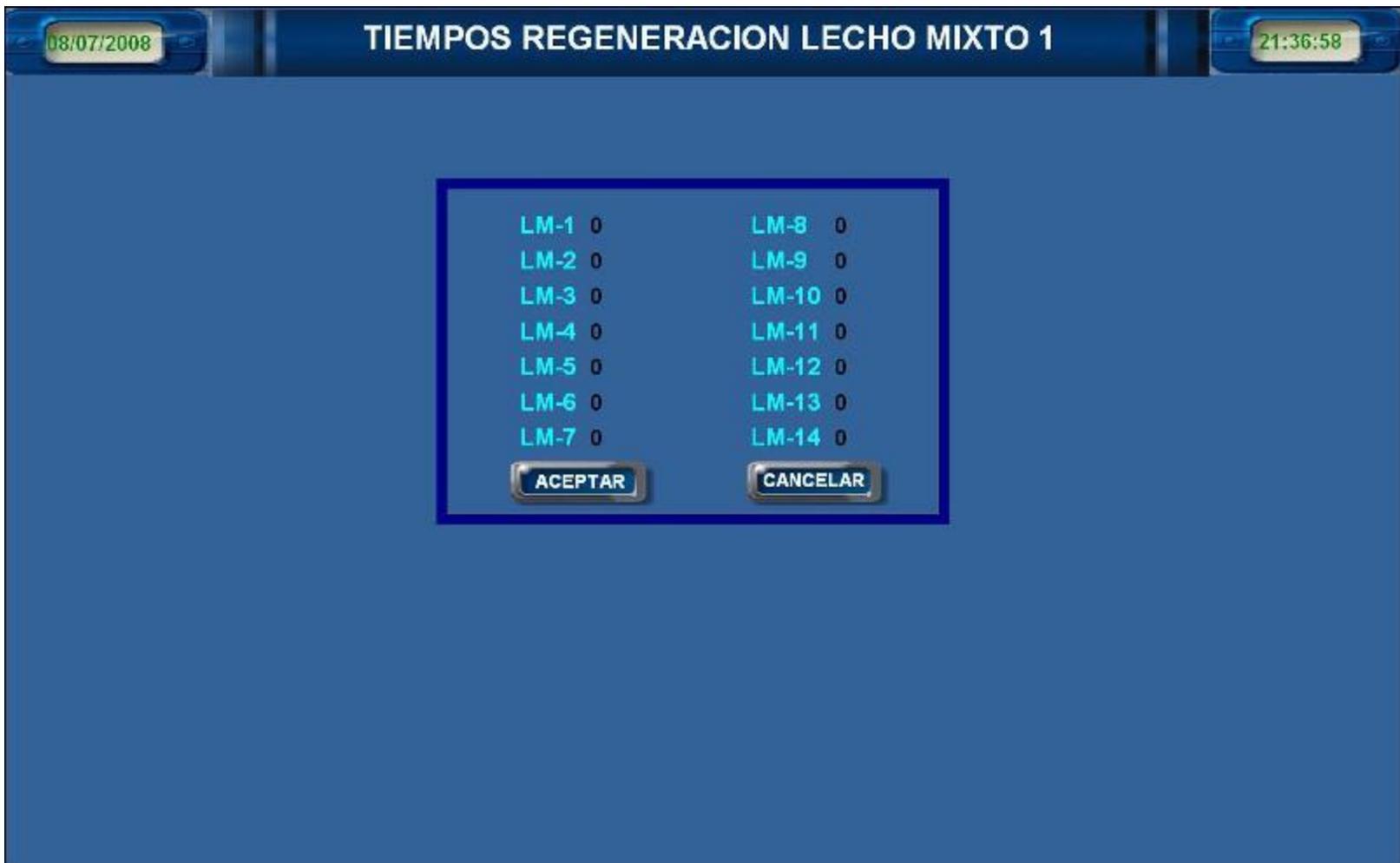


Figura A .16 Tiempos Regeneración Lecho Mixto 1

08/07/2008 **RECONOCIMIENTO DE ALARMAS** 21:38:18

ESTADO - ALARMAS ACTUALES

| FECHA Y HORA | ESTADO | VALOR | CODIGO ALARMA | Operator | Alarm Co... |
|------------------------------|--------|-------|---------------|----------|-------------|
| Default Query 100 % Complete | | | | | |

RECONOCER TODO

CONSOLIDADO DE ALARMAS

| FECHA Y HORA | ESTADO | VALOR | CODIGO... | Alarm Comment | Opera |
|-------------------------------------|--------|-------|-----------|---------------|-------|
| HMIDESMI - IntAlarmas Not Connected | | | | | |

ABRIR ALARMAS

GENERAL

Calendar: jun 2008

| jun | mar | mie | jue | vie | sab | dom |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 1 | 2 |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Figura A .17 Pantalla Alarmas



Figura A .18 Menú Horómetro Motores