



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Máster**  
**CURSO 2016/17**

---

**AUTOMATIZACIÓN, VISUALIZACIÓN Y CONTROL  
DE LOS SECADORES DE HIDRÓGENO PARA LA  
CTCC (AS PONTES)**

---

**Máster en Ingeniería Industrial**

**ALUMNA/O**

ISMAEL LÓPEZ ÁLVAREZ

**TUTORAS/ES**

JOSÉ LUIS CALVO ROLLE

**FECHA**

SEPTIEMBRE 2017

## I. Título y Resumen

---

### ***AUTOMATIZACIÓN, VISUALIZACIÓN Y CONTROL DE LOS SECADORES DE HIDRÓGENO PARA LA CTCC (AS PONTES)***

*Resumen.* Los alternadores de la mayoría de los ciclos combinados actuales son refrigerados por hidrógeno seco. Sin embargo, el hidrógeno adquiere humedad en los procesos de refrigeración. Los secadores de hidrógeno adsorben la humedad adquirida por el mismo, permitiendo su reutilización. La seguridad, funcionamiento, control y visualización de los secadores es esencial para el correcto funcionamiento de los generadores de las turbinas. El objetivo del presente proyecto fue realizar un sistema automático (con autómatas programables Simatic-300) para controlar el funcionamiento de los secadores de hidrógeno (Lectrodryer Bac-50) presentes en cada una de las tres turbinas (dos de gas y una de vapor) de la Central de Ciclo combinado de As Pontes. Además, se realizó la configuración de una nueva pantalla (Touch Panel 270 de 10 pulgadas) que permitiese una monitorización más cómoda y sencilla del estado del secador.

*Resumo.* Os alternadores da maioría dos ciclos combinados actuais son refrixerados por hidróxeno seco. Porén, o hidróxeno adquire humidade nos procesos de refrixeración. Os secadores de hidróxeno adsorben a humidade adquirida polo mesmo, permitindo a súa reutilización. A seguridade, funcionamento, control e visualización dos secadores é esencial para o correcto funcionamento dos xeradores das turbinas. O obxectivo do presente proxecto foi realizar un sistema automático (con autómatas programables Simatic-300) para controlar o funcionamento dos secadores de hidróxeno (Lectrodryer Bac-50) presentes en cada unha das tres turbinas (dúas de gas e unha de vapor) da Central de Ciclo Combinado de As Pontes. Ademais, realizouse a configuración dunha nova pantalla (Touch Panel 270 de 10 pulgadas) que permitira unha monitorización máis cómoda e sinxela do estado do secador.

*Abstract.* The alternators of most of the current combined cycles are cooled by dry hydrogen. However, hydrogen acquires humidity in the cooling processes. Hydrogen dryers adsorb the humidity acquired by the hydrogen, allowing its reuse. The safety, functioning, control and display of the dryers is essential for the proper functioning of the turbine generators. The objective of the present project was to carry out an automatic system (with Simatic-300 programmable controllers) to control the operation of the hydrogen dryers (Lectrodryer Bac-50) present in each of the three turbines (two gas turbines and one steam turbine) of the Combined Cycle Power Plant of As Pontes. In addition, the configuration of a new screen (Touch Panel 270 of 10 inches) that allowed a more comfortable and simpler monitoring of the state the dryer was made.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER  
CURSO 2016/17**

---

**AUTOMATIZACIÓN, VISUALIZACIÓN Y CONTROL  
DE LOS SECADORES DE HIDRÓGENO PARA LA  
CTCC (AS PONTES)**

---

**Máster en Ingeniería Industrial**

**Documento**

**I. MEMORIA**

## Índice Memoria

1.	OBJETO .....	6
2.	ALCANCE.....	7
3.	ANTECEDENTES.....	8
3.1	CENTRAL TÉRMICA DE CICLO COMBINADO (CTCC) ENDESA, AS PONTES. ....	9
3.1.1	TURBINAS DE GAS .....	10
3.1.2	CALDERAS DE RECUPERACIÓN DE CALOR .....	11
3.1.3	TURBINA DE VAPOR.....	11
3.1.4	CONDENSADOR.....	12
3.1.5	TORRES DE REFRIGERACIÓN.....	13
3.1.6	GENERADORES ELÉCTRICOS.....	13
3.2	SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DE GENERADORES. IMPORTANCIA DEL HIDRÓGENO.....	14
3.3	SECADORES DE HIDRÓGENO .....	15
4.	REFERENCIAS Y PROGRAMAS.....	16
4.1	BIBLIOGRAFÍA .....	16
4.2	PROGRAMAS.....	16
5.	REQUISITOS Y NORMAS.....	17
6.	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD .....	18
6.1	COMPONENTES DEL SECADOR.....	19
6.2	HOJA DE ESPECIFICACIONES .....	24
6.3	LECTURAS NORMALES .....	25
6.4	FUNCIONAMIENTO.....	26
6.4.1	TRAYECTORIA DE FLUJO .....	27
6.4.2	AJUSTE DEL FLUJO DE REACTIVACIÓN.....	28
6.5	CONEXIONES ELÉCTRICAS .....	29
6.5.1	CONEXIONES OPCIONALES .....	29
6.6	MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS.....	30
6.6.1	PURGAS DE PROCESO .....	31
6.7	PROCESO DE ENCENDIDO Y APAGADO .....	32
7.	DESCRIPCIÓN DEL AUTÓMATA, PANTALLA Y UNIDADES UTILIZADAS .....	34
7.1	PLC SIMATIC-300.....	34
7.2	SIMATIC FIELD PG .....	40
7.3	SIMULADOR DE SEÑALES.....	41
7.4	TP 270 DE 10 PULGADAS .....	41
8.	PROGRAMACIÓN Y RESULTADOS.....	44

8.1 PROGRAMACIÓN PLC SIMATIC 300 .....	44
8.1.1 CONFIGURACIÓN HARDWARE .....	46
8.1.2 SEÑALES DE ENTRADA PLC.....	47
8.1.3 SEÑALES DE SALIDA PLC .....	48
8.1.4 ALARMAS SECADOR .....	49
8.1.5 MÓDULOS DE LA PROGRAMACIÓN .....	50
8.2 CONFIGURACIÓN DE LA TP 270 .....	59
8.2.1 CONEXIÓN Y TRANSFERENCIA DE PROGRAMA .....	59
8.2.2 VISUALIZACIÓN DE LA TP DEL SECADOR.....	62
8.3 CONCLUSIONES.....	71

## 1. OBJETO

Los alternadores de la mayoría de los ciclos combinados actuales son refrigerados por hidrógeno seco. Sin embargo, el hidrógeno adquiere humedad en los procesos de refrigeración. Los secadores de hidrógeno adsorben la humedad adquirida por el mismo, evitando su desecho continuo y el mayor coste que supone la compra de botellas de hidrógeno, y el funcionamiento continuo de los generadores de hidrógeno. Es por esto que la seguridad, funcionamiento, control y visualización de los secadores resultan esenciales para el correcto funcionamiento de los generadores de las turbinas.

El objetivo del presente proyecto fue realizar un sistema automático para controlar el funcionamiento de los secadores de hidrógeno (Lectrodryer Bac-50) presentes en cada una de las tres turbinas (dos de gas y una de vapor) de la Central de Ciclo combinado de As Pontes. Además, se realizó la configuración de una nueva pantalla que permitiese una monitorización más cómoda y sencilla del estado del secador. Para realizarlo, se programaron para sustituir a los anteriores, un autómatas programable Simatic-300 y una pantalla táctil Touch Panel 270 de 10 pulgadas. La nueva pantalla permite una monitorización del funcionamiento de los secadores más sencilla y cómoda, permitiendo que cualquier operario pueda consultarla sin necesidad de conocimiento específicos.

## 2. ALCANCE

El objetivo general del proyecto fue realizar un sistema automatizado para los secadores de hidrógeno, así como una pantalla táctil que facilite la visualización por parte de los operarios. Para lograrlo se llevaron a cabo las siguientes tareas.

1. Análisis del problema a resolver.
2. Recopilación de información de la central así como el uso de los secadores en la misma.
3. Estudio del funcionamiento del secador, la instrumentación que tiene y su esquema eléctrico.
4. Búsqueda de herramientas necesarias y disponibles para realizar el proyecto.
5. Diseño de la secuencia que permita el control del proceso.
6. Implementación del diseño en el autómatas (Simatic 300) mediante Step 7, en este caso se utilizará el lenguaje de contactos.
7. Configuración de una pantalla táctil (TP270 de 10 pulgadas) para la visualización del proceso.
8. Establecimiento de comunicaciones entre el diseño, los autómatas y la pantalla de control y monitorización.

La realización de este proyecto permite una mejora en el control del funcionamiento de los secadores y una monitorización más cómoda y simple de estado de las unidades. Con esto, las señales de alarma pueden ser mejor y más rápidamente detectadas por los operarios.

Gracias a esto, en proyectos posteriores se podría disponer de una visualización de los secadores desde la sala de control, mediante un cable de fibra y la configuración de una pantalla de visualización en el ordenador de la sala control similar al configurado en el presente trabajo.

### 3. ANTECEDENTES

El presente trabajo se realizó para la central térmica de ciclo combinado (CTCC) de Endesa Generación S.A., localizado en el municipio de As Pontes de García Rodríguez (provincia de A Coruña). Antes de comenzar con el trabajo en sí, conviene hacer un inciso y explicar el funcionamiento de dicha central así como la utilidad que tienen los secadores para la misma.

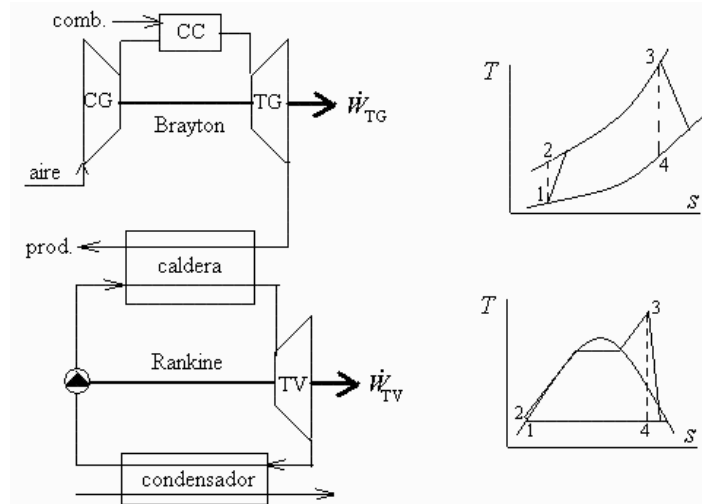


Ilustración 1: Ubicación de la CTCC de Endesa Generación S.A. (As Pontes).



### 3.1 CENTRAL TÉRMICA DE CICLO COMBINADO (CTCC) ENDESA, AS PONTES.

Una central térmica de ciclo combinado se define como una central que transforma la energía térmica desprendida por la combustión del gas natural en energía eléctrica mediante dos ciclos o procesos consecutivos: una primera etapa con dos turbinas de gas natural (ciclo Brayton) y una segunda con la turbina de vapor (ciclo de Rankine).



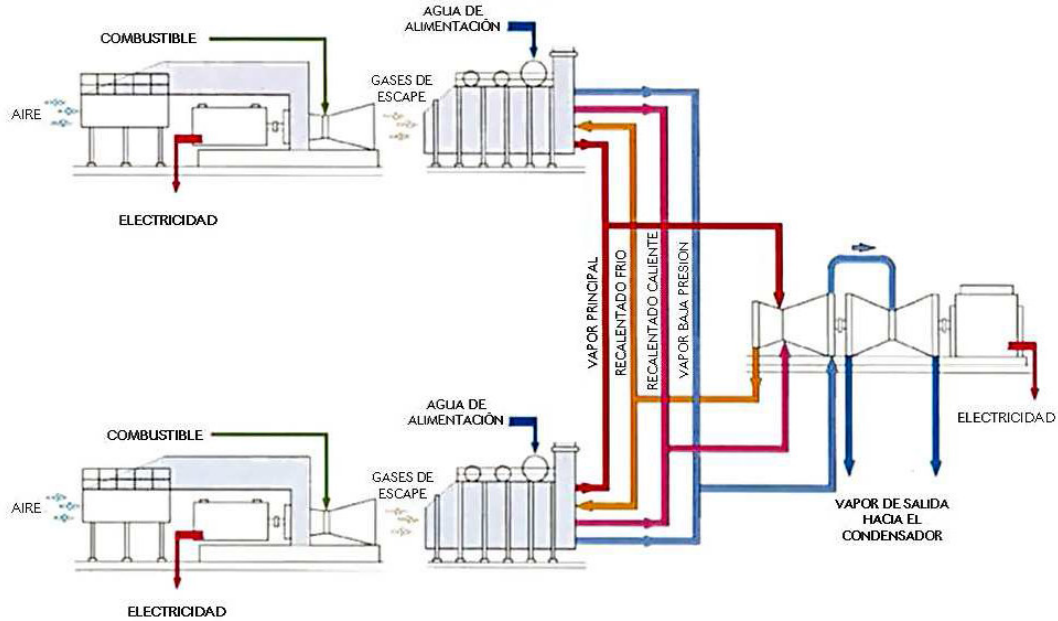
**Ilustración 2: Ejemplo de ciclo Brayton y Rankine simples.**

La CTCC de As Pontes es una instalación diseñada para unos 800 MW de potencia. Este tipo de centrales tienen un rendimiento mayor que las centrales térmicas convencionales ya que combinan dos procesos de producción de energía, llegando a obtener rendimientos en torno al 57% (en comparación al 36% de la central térmica contigua a este complejo).

En concreto, esta central cuenta con una configuración 2 x 1 (con ejes propios), dos turbinas de gas con sus respectivas calderas de recuperación y una turbina de vapor diseñadas por General Electric.

El gas natural utilizado se trae desde la planta de regasificación de Mugarodos mediante el gaseoducto Mugarodos - As Pontes - Guitiriz. Cabe destacar que también se podría utilizar otro tipo de combustibles, como el gasóleo, aunque éste resulta menos eficiente.

Medioambientalmente, el gas natural es preferible a otros tipos de combustible fósil. La formación de  $SO_2$  y partículas son casi nulas debido a su bajo contenido en partículas y sulfuros. Además, la planta contiene un moderno sistema de combustión con rociadores que reducen el  $NO_x$  producido.



**Ilustración 3: Ciclo Brayton y Rankine de la CTCC de As Pontes**

### 3.1.1 TURBINAS DE GAS

Como ya se ha mencionado anteriormente, la planta cuenta con dos turbinas de gas. Ambas unidades operan como motores de combustión interna, transformando la energía de la combustión de gases o líquidos en energía mecánica.

Grosso modo, el proceso comienza filtrando el aire ambiente, para después comprimirlo en la unidad de compresión. Posteriormente se introduce a la cámara de combustión y, una vez allí, se mezcla con el gas natural produciéndose la combustión.

Los gases que se producen están aproximadamente a unos 1300°C y a 30 bares de presión, y ceden parte de su energía en las ruedas de la turbina causando la rotación del eje. Este eje en rotación transmite su energía mecánica al generador, encargado de producir la energía eléctrica. En este proceso existen dos generadores, uno para cada turbina de gas.

Las cámaras de combustión citadas tienen unos sistemas de rociadores de agua desmineralizada que minimizan la formación de  $\text{NO}_x$ .

El mayor inconveniente de estas unidades es que los gases que se expulsan todavía llevan una considerable cantidad de energía, aproximadamente un 60 % de la energía que tenía el gas natural inyectado en la combustión.



**Ilustración 4: Ejemplo de turbinas de gas de ciclo combinado**

### 3.1.2 CALDERAS DE RECUPERACIÓN DE CALOR

Con el objetivo de aumentar el rendimiento de los ciclos combinados, se aprovechan los gases calientes que salen de las turbinas de gas (a unos 600 °C) para producir vapor de agua a varias presiones. Las calderas de recuperación de calor HRSG (1 por cada turbina de gas) se encargan de realizar esta función. En este caso se trata de calderas verticales.

Los gases residuales que se quedan en las calderas ya no se pueden reutilizar, por lo que son expulsados al exterior por las dos chimeneas (1 por cada caldera).



**Ilustración 5: Chimeneas CTCC de As Pontes**

### 3.1.3 TURBINA DE VAPOR

Por otro lado, la planta también cuenta con una turbina de vapor. Este dispositivo actúa de forma similar a un motor de combustión externa. Se encarga de transformar la energía térmica del vapor que sale de las calderas en energía mecánica. Ésta tiene su propio generador eléctrico.

Dicha turbina tiene tres etapas: una turbina de alta (AP), media (MP) y baja presión (BP). El vapor que se produce en la caldera de recuperación a alta presión pasa a la turbina de AP donde se expande. Luego regresa a la caldera de recuperación y pasa a la turbina de MP donde también se expande. A la salida de esta, se repetiría el mismo proceso anterior pero en la de baja presión.



Ilustración 6: Turbina de vapor de la CTCC de As Pontes

### 3.1.4 CONDENSADOR

El condensador es el encargado de transformar el vapor que sale de la turbina de vapor en líquido para posteriormente volver a las calderas de recuperación y que el ciclo comience de nuevo.

Concretamente, el condensador de este ciclo se trata de un intercambiador de carcasa y tubos. Su interior está formando por múltiples tubos en forma de U.

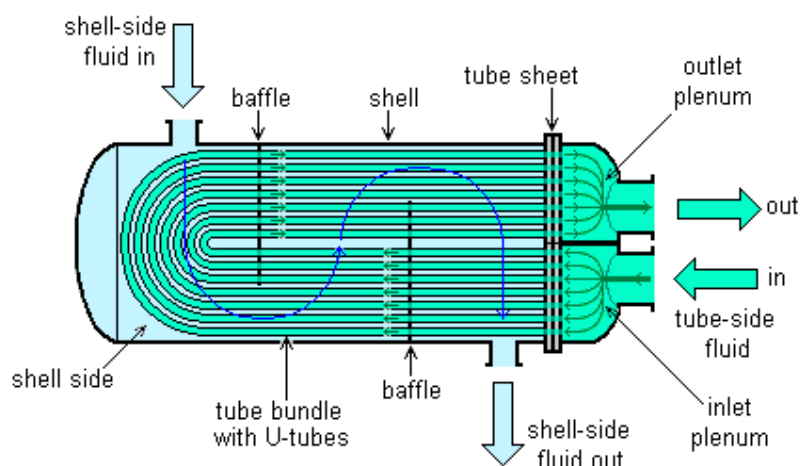


Ilustración 7: Ejemplo de condensador.

### 3.1.5 TORRES DE REFRIGERACIÓN

Las torres de refrigeración tienen como función enfriar el agua. La devuelven al condensador después de haber enfriado el vapor proveniente de la turbina de baja presión correspondiente.

En el caso de la CTCC de As Pontes, consta de 16 torres de refrigeración híbrida de tiro mecánico inducido, mucho más pequeñas que las torres de refrigeración de tiro natural (como las existentes en la central térmica contigua).

Gracias a su funcionamiento, este tipo de torres permiten minimizar la formación de penachos visibles de vapor de agua. Actúan como torres de refrigeración húmedas, pero en la parte superior llevan instaladas una sección seca. Esta sección calienta el aire húmedo proveniente de la zona de lluvia, reduciendo así el penacho visible.



**Ilustración 8: Torres de refrigeración de la CTCC de As Pontes**

### 3.1.6 GENERADORES ELÉCTRICOS

En la CTCC del municipio pontés existen 3 generadores, uno para cada eje (2 para las turbinas de gas y una para la turbina de vapor). Tienen la función ya comentada de transformar la energía mecánica del eje en energía eléctrica.

En las centrales de ciclo combinado, generalmente consisten en máquinas asíncronas trifásicas diseñadas para potencias de unos 400 MW. Los devanados que las forman son: un devanado inductor (rotor o parte móvil) independiente que crea el campo magnético y, por otro lado, un devanado inducido (estator o parte fija) que es donde se genera la energía eléctrica. El sistema inductor se alimenta con corriente continua proporcionada a través de rectificadores estáticos; éstos pueden regular la intensidad y tensión del campo inductor.

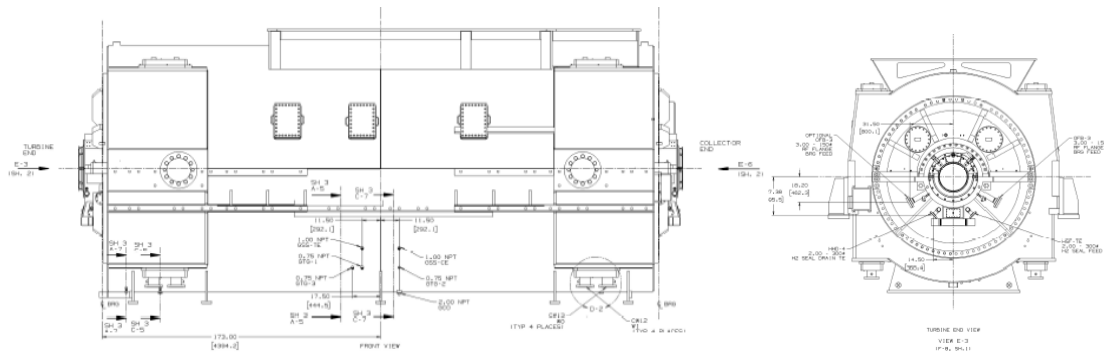
Además, cuentan con más componentes de seguridad, por ejemplo: los sistemas de refrigeración, barrido y llenado de hidrógeno; sistemas de sellado de aceite, sistemas de puesta a tierra y sistemas de protección. Los sistemas de refrigeración se describen más adelante.

La planta contiene unos arrancadores estáticos SFC (*Static Frequency Converter*) o SSD (*Static Starting Device*) para las turbinas de gas. De forma resumida, los generadores pueden funcionar como motores en el arranque de planta para posteriormente trabajar como generadores de electricidad.

En el arranque se fija una velocidad a alcanzar o de consigna, el arrancador estático aporta corriente continua al devanado de excitación del rotor y al devanado del estator. Esto produce un campo magnético giratorio senoidal que provoca el inicio de giro del eje mecánico. Una vez alcanzada la velocidad necesaria, se empieza a inyectar combustible en la cámara de combustión. Se inyecta combustible hasta alcanzar el par que se necesita para aumentar la velocidad de giro del eje hasta la de sincronismo. En ese momento, se



desconecta un sistema de interruptores para que el generador actúe generando electricidad y se acopla con la red.



**Ilustración 9: Generador de la CTCC de As Pontes**

### 3.2 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DE GENERADORES. IMPORTANCIA DEL HIDRÓGENO

En los procesos de transformación de energía mecánica en eléctrica que tiene lugar en los generadores, se producen pérdidas de calor tanto en el cobre como en el hierro.

En los generadores de menor velocidad y tamaño la refrigeración se realiza mediante aire, puesto que es menos costoso que el hidrógeno. El proceso de refrigeración puede ser en circuito abierto en zonas de atmósfera poco agresiva, o en circuito cerrado con refrigeración del aire por agua en zonas marinas o con ambientes agresivos. Normalmente, en las unidades de mayor tamaño (en torno a unos 300 MVA), si la refrigeración es por aire, siempre sería en circuito cerrado.

Lo más habitual, como es el caso de la CTCC de As Pontes, es que los alternadores de los ciclos combinados actuales sean refrigerados por hidrógeno, ya que permite la construcción de generadores de mayor potencia nominal. Un ventilador radial es el encargado de impulsar el hidrógeno (a unos 0,45 MPa) por los devanados del inducido y del inductor, refrigerando el núcleo magnético del estator por su paso.

El hidrógeno seco se utiliza para la refrigeración de los generadores, debido a su alta conductividad térmica y su baja viscosidad, entre otros factores. El hidrógeno conlleva una serie de ventajas frente al aire:

- Su densidad es más baja (en torno a un cuarto con respecto a la del aire), por lo que las pérdidas de ventilación y de fricción por giro del rotor son menores. Existe una relación proporcional entre las pérdidas de ventilación y la densidad del fluido refrigerante.
- Con el hidrógeno se consiguen generadores de mayor potencia por unidad de volumen, es decir, generadores de menor tamaño. Esto es debido a su alta conductividad térmica (en torno a 7 veces mayor a la del aire) y a su calor específico (en torno a 4 veces mayor), permitiéndole almacenar y evacuar más calor.
- Prolonga la vida de los aislantes. No existe proceso de oxidación porque no hay oxígeno ni humedad.
- Se produce menos ruido. Esto es debido a la reducción en las pérdidas por ventilación, la menor densidad de fluido y la hermeticidad del circuito.

Sin embargo, los sistemas de refrigeración de hidrógeno son más complejos y costosos que los de aire. Al ser un gas inflamable, las medidas de seguridad necesarias para evitar

posible fugas son más numerosas e intensas. Por citar algunos ejemplos, un sistema de refrigeración de hidrógeno supone la necesidad de disponer de un sistema de sellado de aceite por los extremos del estator y rotor, una carcasa de mayor coste para el alternador y un sistema de barrido del hidrógeno por medio de CO<sub>2</sub>. El barrido de CO<sub>2</sub> es de vital importancia a la hora de vaciar de hidrógeno el generador. De hecho, es un aspecto que recibe una gran cantidad de atención en las inspecciones de seguridad.

Inicialmente, la CTCC extraía el hidrógeno de botellas que compraba regularmente. Sin embargo, al comprobarse que su consumo era muy elevado, se realizó un estudio de viabilidad y se procedió a la adquisición de dos generadores de hidrógeno.

### 3.3 SECADORES DE HIDRÓGENO

Unos elementos auxiliares de elevada importancia en la central son los secadores de hidrógeno, sobre los que se realizó el presente trabajo.

Actualmente, hay 3 secadores LECTRODRYER BAC-50 en la central, uno para cada turbina, es decir, uno para sus respectivos generadores. En la central térmica de carbón también se invirtió en estos mismos secadores para así ahorrar en la inversión de hidrógeno en botellas.

Principalmente, tienen como objetivo permitir la reutilización del hidrógeno. Sin estos secadores, el hidrógeno se tendría que estar desechando continuamente, ya que a medida que refrigera, capta humedad del ambiente. El hidrógeno tiene que ser seco porque si se produce este aumento de humedad, disminuiría la eficiencia del poder de refrigeración, se reduciría la capacidad de aislamiento, provocaría desgaste y corrosión en las piezas del generador, y hasta incluso la falla total del generador en caso de que no se controle.

La secuencia comienza captando el hidrógeno de los generadores de electricidad. Luego, remueven la mayor parte de la humedad que haya adquirido el gas en su proceso de refrigeración y, por último, lo devuelve nuevamente a los generadores eléctricos.

La seguridad, funcionamiento, control y visualización de los secadores es de gran importancia para el correcto funcionamiento de los generadores de las turbinas. Actualmente, cuenta con un PLC Allan Bradley y una visualización del funcionamiento del secador que no es lo suficientemente útil ni intuitivo para los operarios de la central. Por esta razón, se pretende realizar una automatización en Step 7 para los Simatic 300 de Siemens que tienen en stock, además de la configuración de una pantalla táctil TP 270 de 10" en la que se quiere realizar un control que permita una mayor facilidad de uso.

## 4. REFERENCIAS Y PROGRAMAS

En este apartado se hace una pequeña aclaración de la bibliografía y programas utilizados para la automatización. Todos los programas son legalmente utilizados con licencias compradas por Endesa Generación.

### 4.1 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Balcells J. y Romeral J. L. (1997). Autómatas programables. Barcelona: Marcombo.
- [2] Sabugal S. y Gómez F. (2006). Centrales térmicas de ciclo combinado. Teoría y proyecto. Ediciones Díaz de Santos.
- [3] Pérez M., Pérez S., Acevedo J.M., Fernández C., Armesto J.I. (2004). Autómatas programables. Entorno y aplicaciones. Madrid: Thompson.
- [4] Rodríguez Penin, Aquilino (2011). Sistemas SCADA. Barcelona: Marcombo.

### 4.2 PROGRAMAS

- STEP 7 (Siemens).
- WINCC FLEXIBLE (Siemens).



## 5. REQUISITOS Y NORMAS

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo del presente proyecto es el de realizar una programación en STEP 7 para un PLC Simatic-300. Con esto se pretende sustituir el PLC Allan Bradley presente en los secadores de hidrógeno, así como crear una SCADA en una pantalla táctil para su control de una manera más intuitiva.

La programación de autómatas en STEP 7 está ampliamente extendida. Se rigen en base a la norma IEC 61131-3, una de las 8 normas internacionales publicados por la Comisión Electrónica Internacional, cuyo objetivo era el de estandarizar los autómatas programables.

En concreto, esta parte 3 fue publicada inicialmente en diciembre de 1993 por la Comisión Electrotécnica Internacional, y fue actualizada en febrero del 2013. Su función es la definir los lenguajes de programación y los estándares de dos lenguajes gráficos y textuales para PLC (Lenguaje de contactos KOP, diagrama de bloque de funciones FUP, lenguaje estructurado ST, lista de instrucciones AWL y bloque de funciones secuenciales SFC).

Como requisitos para un correcto funcionamiento, la programación debe ser:

- Robusta: que actúe rápido y eficazmente ante imprevistos en los secadores.
- Clara: que se pueda ver el código y entenderlo para posibles modificaciones. Para ello se deberá especificar, en la medida de lo posible, la programación realizada.
- Que cumpla con los requisitos de seguridad impuestos por la empresa.

En cuanto al SCADA deberá:

- Ser sencilla, de forma que permita que cualquier trabajador pueda usarla sin una preparación elevada, facilitando su uso.
- Ser clara, para no dar lugar a confusiones ni a errores humanos.
- Tener claramente identificadas las alarmas que implican un incorrecto funcionamiento de los secadores.
- Contar con un sistema de licencias para que no todo el mundo pueda intervenir. Es decir, no todos los usuarios podrán modificar secuencias en el secador. Se deberán registrar con usuario y contraseña aquellos que quieran modificar su funcionamiento.

## 6. DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD

El Lectrodryer tipo BAC-50 se clasifica dentro de la categoría de unidades de adsorción dual, cuyo fin es el de secado continuo de hidrógeno ampliamente utilizado en la refrigeración de turbogeneradores. En este caso, hay una unidad en cada uno de los tres generadores eléctricos de la CTCC.



**Ilustración 10: Secador de hidrógeno. LECTRODRYER BAC-50**

Antes de explicar el funcionamiento, es necesario aclarar dos procesos que realiza la unidad:

- **Adsorción.** Es el proceso por el cual se remueve el agua de un fluido, que puede ser tanto gas como líquido. Concretamente, el fluido se desplaza a través de una torre, dónde hay material poroso que atrae las moléculas “polares” como en este caso las moléculas de agua. El tamaño de la superficie porosa es controlado para aumentar la superficie efectiva de adsorción, intentando minimizar la retención de moléculas de mayor tamaño.
- **Reactivación.** Con el paso del tiempo, el desecante se empieza a saturar. Para no tener que reemplazar constantemente dicho compuesto, lo que se realiza es un proceso de reactivación. Consiste en la restauración de la capacidad del desecante para adsorber, mediante un proceso de secado de las moléculas de agua atrapadas en el desecante.

## 6.1 COMPONENTES DEL SECADOR

### TORRES DE ADSORCIÓN

Los recipientes donde se aloja el desecante son de acero al carbono. Cuenta con una rejilla donde se sujeta el desecante, que es de acero inoxidable.

Incluyen unos calentadores empotrados extraíbles de densidad de voltaje reducido para que el calentamiento del desecante sea eficiente.

### FILTRO

Antes de llegar el hidrógeno húmedo a las torres de adsorción, se somete a un proceso de filtrado para eliminar los sólidos que se pudieron haber desprendido de los conductos o del generador.



**Ilustración 11: Filtro situado en la parte superior y a la izquierda de la imagen.**

### SOPLADORES

En el interior de cada torre se encuentra un ventilador impelente. Tienen la función de proporcionar la presión necesaria para que se mueva el flujo de reactivación, así como el de aumentar la corriente de aire de adsorción si éste fuese necesario.

### PROTECTOR ARRANQUE MOTOR

Presenta relés de protección de los sopladores para actuar ante sobrecargas de corriente, cortocircuitos o desequilibrio de fases. Recibe este nombre ya que en el arranque es el momento en el que se puede producir un mayor pico de corriente.

Otra función que tiene es el de interruptor de ON/OFF en los motores.

### MANÓMETROS DE PRESIÓN

En cada torre del secador hay un medidor de presión cuyo rango varía entre 0 y 200 psig. Es importante revisar cada semana estos elementos para comprobar el correcto comportamiento de la unidad. Esto se puede ver en el apartado de revisiones recomendadas por el fabricante.

### TERMOPARES

Son de tipo K y se utilizan para medir la temperatura en las salidas de las camas de reactivación y el enfriador.

### INTERRUPTORES DE TEMPERATURA DE LOS LECHOS

En el tablero frontal del secador, existe un indicador digital por cada torre para el control de la temperatura en los lechos. Nos proporcionan un control visual de la temperatura máxima a la que puede actuar. Esta indicación se incorporará posteriormente a la pantalla táctil.

### VÁLVULAS

Para el control del flujo de hidrógeno en cada paso, la unidad cuenta con dos válvulas de tapón de 4 vías, una en la parte inferior y otra en la parte superior. Éstas son controladas mediante dos válvulas solenoides que se energizan en función del paso en que se encuentre la unidad, accionando o no el actuador.



**Ilustración 12: Válvula inferior de 4 vías**

Para el resto de controles de paso de fluido, se tienen válvulas tapón con camisa sin lubricación.

### CONDUCTOS DE TRANSPORTE DE GAS

Las tuberías desde el secador al generador son de acero de 1 pulgada. En estos conductos se dispondrá de varias válvulas de aislamiento de un tamaño adecuado para evitar caídas de presión demasiado grandes para las torres de secado.



**Ilustración 13: Conductos de transporte de hidrógeno en el generador.**

### HIGRÓMETROS

Se utilizan para monitorizar el contenido de humedad del hidrógeno que entra y sale del secador. Miden la temperatura del punto de rocío del hidrógeno a la entrada y salida del generador.

Están calibrados para una variación de  $-100^{\circ}\text{C}$  a  $+20^{\circ}\text{C}$ . Serían digitales y proporcionarían un voltaje entre 4 a 20 mA.

Es un elemento opcional, aunque en este caso sí que están incluidos. Sus valores se configuran para verse en la pantalla táctil.



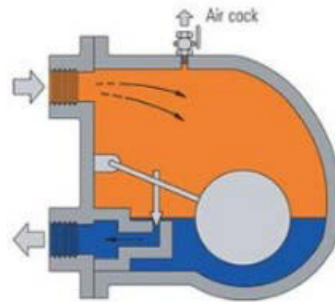
**Ilustración 14: Higrómetros de la unidad**



### TRAMPA DE CONDENSADOS

Es una trampa de vapor tipo flotador, la cual opera por la diferencia de densidad que existe entre el vapor de agua en estado gas y líquido.

Un “flotador” se conecta con el sistema de obturación (válvula) y su asiento mediante una palanca. Una vez que se alcanza un nivel de condensado, la válvula abre dejando salir el líquido. Este sistema se realiza de forma continua.



**Ilustración 15: Trampa de condensados.**

El condensado deberá ser recogido y medido cada semana para realizar un correcto análisis del estado del secador y generador.



**Ilustración 16: Recogida de condensados**

### CAJA DE CONTROL

Contiene un sistema de presurización y purga para la protección de los equipos usados en ubicaciones peligrosas. En este caso, tenemos un ambiente industrial en el cual se pueden formar atmósferas explosivas. Este sistema protege los elementos electrónicos dentro de un sistema cerrado presurizado para así, evitar la posibilidad de producirse una chispa en presencia de hidrógeno.

Incluye un regulador de presión de purga, un manómetro de presión local, un interruptor de presión diferencial y una luz local de alarma de purga incluida tras la configuración de la pantalla táctil.

### PLC y PANTALLA DE SERIE DEL SECADOR

De serie, el secador incluye un PLC Allan Bradley para el control automático del proceso de secado, además de un Panelview 300 Micro. Esta pantalla no proporciona información simple y clara a nivel visual, exigiendo una alta especialización en el equipo para su manejo. Estos elementos son los que se intentarán sustituir para un mejor control del secador.



**Ilustración 17: Panelview 300 Micro inicial del secador.**

## 6.2 HOJA DE ESPECIFICACIONES

ESPECIFICACIONES	
Gas para secar	Hidrógeno
Presión de operación	69-517 KPa
Temperatura de entrada de bulbo seco	49°C
Punto de condensación en la entrada	10°C
Punto de condensación en la salida	-40°C
Calentadores	1064 W/unidad
Motores de los sopladores	372,85 KW/unidad
Desecante	Alúmina activada o Sílica gel (23 kg por torre)
Tipo de encabinado	NEMA 4 con purga tipo Z (Clase1, Grupo B, División 2)*
Suministro de energía	230 V, 3 fases f=50Hz
Agua de enfriamiento	3,81 L/m (29°C)

**Tabla 1: Características de los secadores**

\* Las zonas clasificadas son áreas peligrosas en las que hay gas, líquido o vapor inflamable, lo cual crea un riesgo de incendios o explosiones. Es por esto que el equipo usado en dichas áreas deberá ser especialmente diseñado e instalado para prevenir explosiones. En este caso: División 2 (Cuando hay una disipación de estos elementos y nunca se quedan impregnados como en una zona 1 y el vapor pierde concentración), Clase 1 (Gas, líquido y vapor).



### 6.3 LECTURAS NORMALES

Los valores que indican un correcto funcionamiento del secador tienen que situarse en torno a las siguientes cifras:

VALORES CORRECTOS	
TEMPERATURA DE LOS LECHOS (TIS-1, TIS-2)	163 °C ± 28 °C (325°F ± 50°F) Al final del proceso de calentamiento
TEMPERATURA DE SALIDA DE LOS LECHOS (TI-1)	82 °C ± 11 °C (180°F ± 20°F) 2 horas dentro del paso de calentamiento
TEMPERATURA DE SALIDA DEL ENFRIADOR (TI-2)	Menos de 38 °C (100°F)
PURGA DE LA CAJA DE CONTROL	Regulador: 6 pulgadas(152 mm)/H <sub>2</sub> O  Interruptor de presión diferencial: 0,75 pulgadas(19 mm)/H <sub>2</sub> O  Indicador de presión de salida de purga: 1-6 pulgadas (25-152 mm)/ H <sub>2</sub> O

**Tabla 2: Valores normales de funcionamiento**

## 6.4 FUNCIONAMIENTO

El Lector dryer BAC-50 está formado principalmente por dos torres duales. Una de ellas está en servicio, es decir, secando el hidrógeno. Mientras, la otra torre renueva su desecante por medio de la reactivación. Una vez han pasado 8 horas de adsorción, la torre que estaba adsorbiendo se desconecta de la línea principal de hidrógeno del generador y pasa al proceso de reactivación. Simultáneamente, la torre recién reactivada pasa a realizar la función de adsorción de agua.

La reactivación es un proceso de circuito cerrado en el cuál hay hidrógeno a la misma presión de la línea principal. Este flujo se produce por medio de un soplador interno presente en cada torre. En cada reactivación se produce un proceso de calentamiento y otro de enfriamiento, durando cada uno 4 horas. Con este proceso se intenta maximizar la cantidad de agua removida en la etapa de adsorción y, además, reducir la frecuencia de sustitución del desecante.

La duración de un ciclo completo de funcionamiento será de 16 horas, siempre y cuando no se produzcan fallos en el modo automático.

De acuerdo a todo lo descrito anteriormente, el funcionamiento del secador BAC-50 se puede resumir en los siguientes pasos:

PASO	TORRE 1	TORRE 2	TIEMPO
1	ADSORBIENDO	CALENTANDO	4 HORAS
2	ADSORBIENDO	ENFRIANDO	4 HORAS
3	CALENTANDO	ADSORBIENDO	4 HORAS
4	ENFRIANDO	ADSORBIENDO	4 HORAS

**Tabla 3: Pasos de operación del secador LECTRODRYER BAC-50**

### 6.4.1 TRAYECTORIA DE FLUJO

Para explicar la trayectoria de flujo del hidrógeno en la unidad nos vamos a centrar inicialmente en el paso 1, es decir, cuando la torre 1 está en adsorción mientras que la torre 2 está en el proceso de reactivación del desecante.

Como ya se comentó anteriormente, el hidrógeno se utiliza en la refrigeración del generador de cada una de las turbinas. Éste se origina de la separación del hidrógeno del agua por medio de los dos generadores de hidrógeno (o de las botellas si es necesario). Para reutilizarlo, se capta del generador, se remueve para extraerle la máxima humedad posible y se devuelve nuevamente al generador.

En el proceso de **adsorción**, se comienza por captar el hidrógeno mediante la llave de alta presión del generador. El hidrógeno llega a través de la tubería hasta la válvula de 4 vías de la parte inferior V-8. Como estamos en el paso 1, las válvula solenoide S-1 acciona el paso hacia la torre número 1.

El hidrógeno con un cierto porcentaje en agua se introduce por la parte inferior de la torre 1. Una vez allí el soplador MTR-1 está en ON ayudando a mover el hidrógeno hacia arriba hasta los lechos del elemento adsorbente. Este elemento tiene un diámetro que permite el paso del hidrógeno mientras que remueven las moléculas de agua que se fueron formando en el generador eléctrico.

Una vez el hidrógeno alcanza un nivel aproximado de pureza del 99,99 %, es devuelto a la zona de baja presión del generador, pasando previamente por la válvula de 4 vías superior V-7.

Para explicar el proceso del flujo **reactivación** que se produce a la vez que el de adsorción, nos situaremos en soplador de la torre 2. En este caso disponemos de hidrógeno, que actúa como regenerador, en un circuito cerrado.

Como en el caso anterior, el soplador impulsa el hidrógeno hacia los lechos del elemento desecante. En este paso, el desecante se ha estado calentado (4 horas) extrayendo el agua del mismo. El hidrógeno pasa a través de él, llevándose el agua sacada del desecante.

El fluido húmedo se desplaza a través de la válvula de 4 vías superior V-7 y por la válvula de control V-1 hasta llegar al enfriador. Aquí el fluido húmedo es enfriado (4 horas) por medio de un sistema de intercambio de calor con agua líquida externa al secador. El fluido reduciría su temperatura hasta alrededor de 38 °C, condensándose el agua extraída del desecante.

El agua se separa del hidrógeno por medio de la trampa de condensados y es expulsada al exterior del secador. Por su parte, el hidrógeno vuelve a la parte inferior de la torre 2 por medio de la válvula de 4 vías inferior V-8. Una vez allí, se repite otra vez el proceso de calentamiento, pero en la otra torre de adsorción.

Para llegar al paso 3, las válvulas de 4 vías deben cambiar de posición para invertir el flujo de hidrógeno. Esto se produce mediante la energización de la válvula solenoide S-2.

Durante la operación automática y normal del secador, las válvulas V-2 y V-3 deben estar completamente abiertas, mientras que las válvulas V-5 y V-6 deben estar cerradas para el correcto funcionamiento del separador de hidrógeno y agua líquida. La válvula de control V-1 de salida del proceso de reactivación debe estar parcialmente cerrada. Las válvulas de 4 vías V-7 y V-8 tienen que ser activadas de forma automática dependiendo del paso en el que se encuentre el secador.

En el anexo de planos se puede consultar el flujo de hidrógeno gráficamente.

#### 6.4.2 AJUSTE DEL FLUJO DE REACTIVACIÓN

Se comentó anteriormente que la válvula V-1 controla el flujo de reactivación y normalmente está parcialmente abierta. Está ajustada de fábrica para una apertura de una a media vuelta. Es posible tener que ajustar esta válvula en el arranque para obtener un valor de temperatura adecuado.

Si este ajuste de V-1 es el apropiado al terminar el paso de calentamiento, las temperaturas deberán estar en torno a:

- Temperatura del lecho de adsorción (TIS-1, TIS-2):  $163^{\circ}\text{C} \pm 28^{\circ}\text{C}$  ( $325^{\circ}\text{F} \pm 50^{\circ}\text{C}$ )
- Temperatura del gas de salida (TI-1):  $82^{\circ}\text{C} +11^{\circ}\text{C}$  ( $180^{\circ}\text{F} \pm 20^{\circ}\text{F}$ ).
- Temperatura del gas a la salida del refrigerador (TI-2): menos de  $38^{\circ}\text{C}$  ( $100^{\circ}\text{F}$ ).

Dependiendo del ajuste del flujo de reactivación (es decir, de la apertura de la válvula V-1) se pueden producir las siguientes situaciones que se alejan del normal funcionamiento:

a) Cuando el flujo de reactivación es muy bajo (V-1 poco abierta).

- La temperatura del lecho será muy alta.
- La temperatura del gas a la salida de los lechos será muy baja.
- La temperatura del gas a la salida del enfriador será normal.

Estos datos nos indicarán que se debe incrementar de 1/8 veces V-1 de manera manual, aumentando el flujo de reactivación hasta que se estabilice.

b) Cuando el flujo de reactivación es muy alto (V-1 abierta).

- La temperatura del lecho será muy baja.
- La temperatura del gas a la salida de los lechos podrá ser alta, normal o baja dependiendo de lo alto que sea el flujo de reactivación.
- La temperatura del gas a la salida del enfriador será muy alta.

Estos datos nos indicarán que se debe cerrar de 1/8 veces V-1 de manera manual, reduciendo el flujo de reactivación hasta que se estabilice.

Por lo tanto, la Válvula V-1 se puede definir como una válvula de control manual que se deberá abrir o cerrar para balancear de la mejor forma estas 4 temperaturas. Dicho proceso deberá ser realizado por personal experto en la unidad.

Se podría hacer una inversión y cambiar esta válvula por una de control automática, así el PLC controlaría esta apertura en función de la temperatura que tuviera. Además de la válvula, se tendría que invertir en medidores de temperatura digitales para el gas de salida de los lechos y de salida del enfriador.

## 6.5 CONEXIONES ELÉCTRICAS

Para el correcto funcionamiento del secador, sólo se necesitaría un suministro principal de energía. Al estar en una central eléctrica, la conexión no supone un problema.

Se conectaría a una red trifásica de 230V y 50 Hz por la parte superior de la caja de control. Ésta conexión trifásica alimentaría a los motores de los sopladores que estarían funcionando constantemente.

A partir de ahí nos encontraríamos con el transformador principal utilizado para disminuir el voltaje a los 110 Voltios para el correcto funcionamiento de los controles y calentadores. Es muy importante que el secador opere lo más cerca posible del voltaje nominal para así, asegurar una larga vida útil de los componentes eléctricos. No deberá superar el 10 % del voltaje nominal.

Para la conexión eléctrica al PLC nos encontraríamos con un transformador encargado de adaptar el voltaje a 24 Voltios de corriente continua.

Toda la información del circuito eléctrico dentro de la caja de control se puede ver en el anexo de planos.

### 6.5.1 CONEXIONES OPCIONALES

#### ALARMA COMÚN

Estaría formado por un contacto normalmente abierto para la indicación de alarma común. El relevador está energizado normalmente (contacto NA cerrado) mientras que cuando se produce un estado de alarma, dejaría de estar energizado (contacto NA abierto).

#### SENSOR HUMEDAD A LA ENTRADA DE CORRIENTE

Se puede incorporar un contacto auxiliar normalmente abierto para indicación remota de alarma por alta humedad a la entrada. El relevador está energizado normalmente (contacto NA cerrado) mientras que cuando se produce un estado de alarma, dejaría de estar energizado (contacto NA abierto).

#### SENSOR HUMEDAD A LA SALIDA DE CORRIENTE

Se puede incorporar un contacto auxiliar normalmente abierto para indicación remota de alarma por alta humedad a la salida. El relevador está energizado normalmente (contacto NA cerrado) mientras que cuando se produce un estado de alarma, dejaría de estar energizado (contacto NA abierto).

## 6.6 MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS

Para el correcto funcionamiento del secador y evitar posibles fallos de funcionamiento conviene realizar un riguroso calendario de mantenimiento preventivo.

### DIARIAMENTE

Verificar en el panel de visualización que no hay ninguna alarma encendida y que sigue funcionando en modo automático.

Registrar la cantidad de condensado que sale a través de la trampa de condensados.

### SEMANALMENTE

Conviene comprobar que la temperatura de gas a la salida del calentador cerca del final del ciclo de 4 horas de calentamiento sea de  $82\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 11\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La temperatura de las capas deberá estar en un valor cerca de  $163\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 11\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Consultar la temperatura del punto de rocío.

Comprobar el correcto funcionamiento de la trampa de condensados, desmontándola si el registro de agua nos el común al de todas las semanas.

### TRIMESTRAL

Medir la presión diferencial a lo largo del flujo de hidrógeno para comprobar que no hay ninguna fuga.

Comprobar que no se pueden producir fugas de hidrógeno a la caja de control presurizada.

### SEMESTRAL

Tomar las notas de todos los indicadores del secador.

Comprobar el correcto funcionamiento de las válvulas de 4 vías.

Comprobar el correcto funcionamiento de todas las alarmas del panel del secador.

Para este mantenimiento se debe abrir la caja de control, esto se realizará siguiendo el procedimiento del siguiente apartado.

### ANUALMENTE

Limpiar e inspeccionar las sondas de los higrómetros, los tubos del intercambiador de calor (enfriador) y las válvulas solenoides.

Calibrar las válvulas de la unidad.

### CADA 3 AÑOS

Se deberá reemplazar el desecante (alúmina) utilizado si no se ha cambiado con anterioridad por algún problema.

### 6.6.1 PURGAS DE PROCESO

Para realizar procesos de mantenimiento o sustitución de elementos del circuito del secador, éste debe estar apagado previamente. No se limita a realizar el apagado sino que, por seguridad, se debe realizar una purga completa del secador para eliminar el hidrógeno de su interior. Como elemento para la purga se pueden utilizar gases inertes como el CO<sub>2</sub>.

Además, una vez abierta la caja de control presurizada, no se puede volver a encender a menos que se purgue con CO<sub>2</sub> como mínimo 4 veces el volumen que contiene.

El correcto procedimiento de purgar se organiza en torno a la siguiente secuencia:

Paso 1. Cerrar las válvulas que conectan el generador con el secador, tanto de salida como de entrada.

Paso 2. Conectar el suministro del gas inerte, en nuestro caso CO<sub>2</sub> a la válvula de entrada de la purga V-5 (Entre 30-100 psig).

Paso 3. Conectar la tubería para salir el hidrógeno a la válvula V-6 luego conectarla a un lugar seguro donde no se puedan formar atmósferas explosivas.

Paso 4. Abrir completamente las válvulas V-2 y V-3.

Paso 5. Despresurizar el secador abriendo la válvula V-6 si no lo está ya, y cerrarla posteriormente.

Paso 6. En este punto estamos listos para presurizar la secadora con CO<sub>2</sub>. Para ello abrimos la válvula V-5 y lo conectamos al suministro de CO<sub>2</sub> de presión mínima 30 psig.

Paso 7. Cerrar la válvula V-5.

Paso 8. Finalmente abrimos la salida de purga V-6 y despresurizamos a 5 psig. Se debe actuar con extremo cuidado, ya que no puede llegar a la presión atmosférica, y así impedimos que pueda entrar oxígeno al secador. Hay que tener siempre presente que la mezcla del hidrógeno con oxígeno podría originar atmósferas explosivas.

Los pasos 4 al 7 se deben repetir como mínimo cuatro veces para reducir el hidrógeno a menos de un 0,65 %.

## 6.7 PROCESO DE ENCENDIDO Y APAGADO

**Para encender**, previamente deben haberse realizado correctamente:

- Procedimientos instalación.
- Procedimientos de arranque.
- Purga de CO<sub>2</sub>.
- Purga de la caja de control y revisión de fugas de hidrógeno.

Además, la unidad debe:

- Estar bajo presión.
- Lista electrónicamente para ser puesta en línea.

### APAGADO

1. Ambos recipientes deben estar a presión de línea.
2. ABIERTAS (totalmente): válvulas V-2 y V-3.
3. CERRADAS (totalmente): válvulas V-5 Y V-6.
4. ABIERTA: válvula V-1 abierta una vuelta y media.
5. ABIERTAS: todas las válvulas de bloqueo en línea suministradas por el usuario final
6. ENCENDIDOS (ON): el interruptor de circuito de cada protector de arranque de motor (MSP-1, 2).
7. Caja de control purgada y presión interna mínima de 25 Pa.

### ENCENDIDO

8. Cerrar el interruptor de desconexión en un lado de la caja de control para aplicar energía al secador.
9. Colocar el interruptor en posición RUN.  
La unidad debe comenzar su ciclo continuo en cuanto el interruptor sea puesto en esta posición. Durante los primeros ciclos, la unidad requiere ajustes para dar lugar a su máximo rendimiento.
10. Comprobar que la operación del secador es adecuada.
11. Una vez que la torre en reactivación haya alcanzado una temperatura (aproximadamente 2 horas dentro del ciclo de calentamiento), V-1 debe de estar cerrada en intervalos de 1/8 de vuelta hasta que se alcance la temperatura óptima. La temperatura de salida de la cama (TI-1) debe mostrar 180°F ± 20°F (82°C ± 11°C) y las camas deben estar por lo menos a 325°F ± 50°F (163°C ± 28°C).
12. Se tiene que monitorear la extracción del agua por ciclo en los primeros ciclos. El agua debe comenzar a descargarse de la trampa cuando la temperatura llegue a 180°F ± 20°F (82°C ± 11°C). La extracción de agua total depende de la carga de humedad en el generador (además de otros factores). El agua eliminada durante los primeros ciclos debe de abarcar desde varias onzas (30ml. o más) hasta varios litros. El primer ciclo de reactivación tendrá significativamente menos remoción de agua si el desecante está seco cuando se instala.
13. Es necesario monitorear el punto de rocío del secador.



**Para apagar** el secador:

1. Preparar la trampa para ser utilizada  
Asegurar un drenado apropiado de la trampa extrayendo la tubería de ventilación en la parte superior de la misma, vaciar agua dentro la trampa hasta que comience a descargarla. Esto también generará un sello de agua en la descarga de la trampa para asegurar que no haya filtración de hidrógeno.
2. Purgar el Panel de Control  
Comprobar que el panel de control ha sido purgado adecuadamente y que la presión interna de purga se mantiene en un mínimo de 25 Pa.
3. Purgar el secador con CO<sub>2</sub> para extraer todo el aire del sistema. (seguir las instrucciones de purga de proceso).
4. Purgar/presurizar con hidrógeno  
Este paso se puede llevar a cabo después de realizar todas las maniobras de verificación y medición.
  - a. Seguir los mismos pasos de la “Purga de Proceso”, pero utilizando hidrógeno en lugar de CO<sub>2</sub>.
  - b. Una vez puesto en línea con hidrógeno, el secador debe ser revisado minuciosamente para encontrar fugas de hidrógeno.
  - c. Se debe prestar especial atención a que las conexiones de proceso están conectadas vía cableado eléctrico al panel de control. Especialmente en:
    - . Dos terminales del calentador en la parte superior de cada recipiente
    - . Una alimentación para el motor eléctrico en la parte inferior de cada recipiente.
5. Colocar todas las válvulas manuales en su posición normal de operación:
  - V-1, válvula de Control de Flujo: parcialmente abierta.
  - V-2, Válvula de aislamiento de la trampa: abierta.
  - V-3, Válvula de venteo de la trampa: abierta.
  - V-5, Entrada de la corriente de purga: cerrada.
  - V-6, Salida de la corriente de purga: cerrada.

## 7. DESCRIPCIÓN DEL AUTÓMATA, PANTALLA Y UNIDADES UTILIZADAS

Los autómatas programables o PLCs (Programmable Logic Controller) son dispositivos utilizados a nivel industrial para resolver problemas de secuencias repetitivas ahorrando en costes. En este proyecto se sustituyó el PLC y pantalla existentes por otros que facilitasen el trabajo de los operarios.

Las unidades para la realización del trabajo se seleccionaron en función del stock y softwares que actualmente tendrían regulados en la empresa.

En nuestro caso, se utilizaron el autómata programable Simatic-300 y pantallas Touch Panel 270 de 10 pulgadas (SIEMENS). Además se contó con las licencias de softwares y elementos necesarios para realizar el proyecto en Step 7 de SIEMENS. Entre las unidades utilizadas están las siguientes.

### 7.1 PLC SIMATIC-300

El Simatic-300 es un sistema de automatización universal de SIEMENS, que se puede usar para todos los sectores industriales. Está formado por varios componentes conectados entre sí mediante la base, de entre los que destacan los siguientes:



**Ilustración 18: SIMATIC-300 de trabajo**

(1) Fuente de alimentación PS 307-5 A

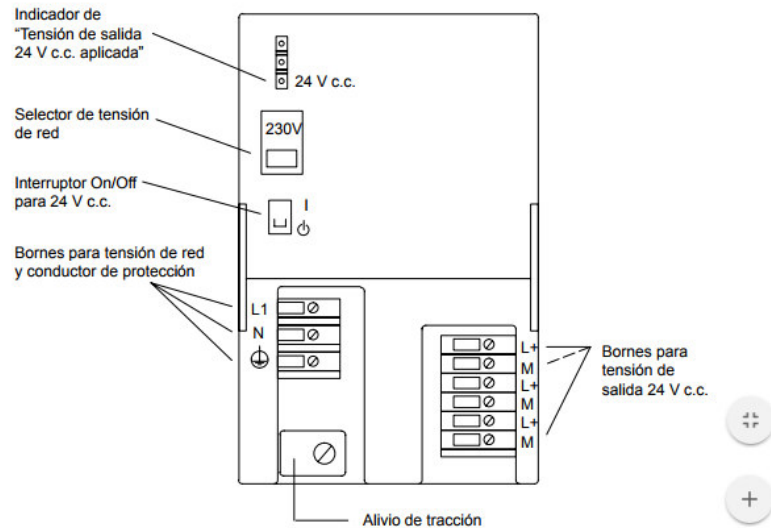


**Ilustración 19: PS 307-5A**

Como su nombre indica, se utilizan para alimentar el PLC y los actuadores con 24V de tensión. Sus características son:

- Intensidad a la salida de 5 A.
- Acometida monofásica de entrada 120-230 V alterna 50 Hz.
- Salida de 24 V c.c. estabilizada y a prueba de cortocircuitos.
- Separación eléctrica según NE 60 950.

Referencia STEP 7: 6ES7307-1EA80-0AA0



**Ilustración 20: Esquema de la fuente de alimentación del PLC.**

## (2) CPU 315-2P



**Ilustración 21: CPU 315-2P**

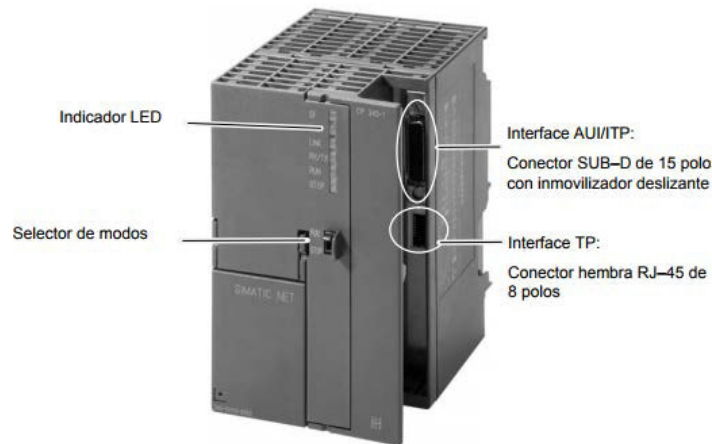
La CPU es el cerebro del PLC. Está formado por el procesador y la memoria. Se encarga de ejecutar y guardar el programa escrito por el usuario. Mediante sus puertos de comunicación, el procesador se comunica con el exterior y realiza funciones de autodiagnóstico. A su vez, la CPU provoca que los elementos exteriores actúen en función de variables. En cuanto a sus características, cabe destacar:

- Microprocesador: alcanzaría un tiempo de procesado sobre 50 ns por instrucción binaria y 0,45  $\mu$ s por operación de coma flotante.
- Memoria de 256 kB: tiene una buena memoria que se puede utilizar para partes del programa relevantes en el proceso, ofreciendo suficiente espacio para los programas de usuario.
- Se puede expandir hasta un máximo de 32 módulos.
- Interfaz maestro-esclavo PROFIBUS DP lo que permite configurar automatizaciones con estructuras descentralizadas de alta velocidad y gran facilidad de manejo. Desde el punto de vista del usuario, la periferia descentralizada se trata igual que la periferia centralizada.
- Interfaz multipunto MPI integrado que permite la conexión con un máximo de 16 CPUs. Entre ellas se puede conectar la programadora PG, otros simatic 300 y las pantallas de visualización.

Para la configuración de la secuencia a seguir utilizaremos el Step 7, que es compatible con esta CPU.

Referencia STEP 7: 6ES7 315-2AG10-0AB0

### (3) CP 343-1



**Ilustración 22: CP 343-1**

A mayores en módulo de trabajo tenemos 2 módulos de comunicaciones. Entre ellos está el CP 343-1 que está previsto para el uso en un sistema de automatización S7-300 y permite la conexión de S7-300 a Industrial Ethernet.

Referencia STEP 7: 6GK7 343-1EX11-0XE0

### (4) CP 341-RS232C



**Ilustración 23: CP 341-RS232C**

El otro módulo de comunicaciones es el CP-341-RS232C que nos permite la comunicación con interfaz RS232C. En este caso no es necesario utilizar este módulo.

Referencia STEP 7: 6ES7 341-1AH01-0AE0

(5) AO4x12Bit



**Ilustración 24: AO4x12Bit**

Se trata de un módulo de salida de señales analógicas. Tiene 4 canales de salidas de los cuales el valor puede tener una resolución de 12 bits.

Referencia STEP 7: 6ES7 332-5HD01-0AB0

(6) AI8x13Bit



**Ilustración 25: AI8x13Bit**

Consiste en un módulo de entrada de señales analógicas. Transforma las señales analógicas del proceso en señales digitales para el procesamiento interno de la CPU. Tiene 8 canales de entrada digitales de los cuales el valor puede tener una resolución de 12 bits más el signo.

Referencia STEP 7: 6ES7 331-1KF01-0AB0

(7) DI32xDC24V



**Ilustración 26: DI32xDC24V**

Módulo de entrada de hasta 32 señales digitales.

Referencia STEP 7: 6ES7 321-1BL00-0AA0

(8) DO32xDC24V/0,5A



**Ilustración 27: DO32xDC24V/0,5A**

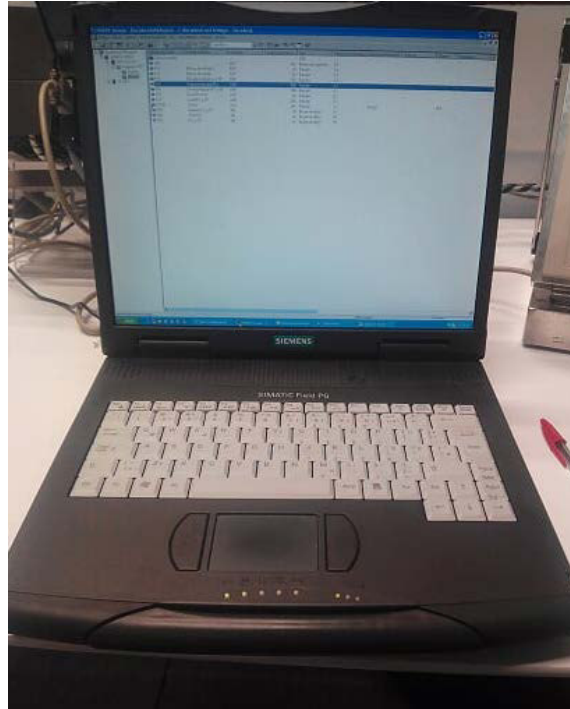
Módulo de salida de hasta 32 señales digitales

Referencia STEP 7: 6ES7 322-1BL00-0AA0

## 7.2 SIMATIC FIELD PG

Para la realización de la programación no se utilizó un pc normal, sino una PG de Siemens especializada para la realización de programaciones. Una característica importante de esta PG es su robustez, permitiendo su utilización en entornos industriales rudos.

Cuenta con los softwares necesarios de serie: tanto el STEP 7 como el WINCC flexible. Además, dispone de conexión RS 485 para cargar la secuencia al autómatas SIMATIC 300.



**Ilustración 28: SIMATIC FIELD PG**

Cabe mencionar que se podría utilizar un pc normal sin la conexión RS 485, siempre y cuando tuviéramos el adaptador a MPI. Este cable de conexión ya está incluido dentro del paquete de la PG.



**Ilustración 29: Cable mpi para conectar simatic s7 y pg**



### 7.3 SIMULADOR DE SEÑALES

Esta unidad no es estrictamente necesaria para la realización del trabajo, ya que el STEP 7 tendría un simulador en el cual se podría forzar digitalmente. No obstante, es muy útil para forzar señales de una manera más cómoda.

Contaría con la posibilidad de forzar 16 señales digitales y 4 analógicas. Mediante los leds podemos saber qué señales digitales tenemos activadas y el voltaje que aportan las señales analógicas.



**Ilustración 30: SIMULADOR DE SEÑALES**

### 7.4 TP 270 DE 10 PULGADAS

El Touch panel 270 es una pantalla táctil en la cual podemos crear un sistema visual para el PLC SIMATIC 300.



**Ilustración 31: TP 270-10"**

Este tipo de pantallas están especializadas para el uso en entornos difíciles como puede ser en una nave industrial. Es una pantalla de alta robustez y rapidez. Entre otras características, cabe destacar:

CARACTERÍSTICAS		TP 270 10"
Procesador	Tipo	RISC CPU
	Software	Microsoft Windows CE
Memoria para configuración	Sistema operativo	Microsoft Windows CE
	Capacidad (máxima)	2 Mbyte
Interfaces	Tipo de conexiones	2 RS 232 1 RS 422 1 RS 485 1 Ranura para CF- Card 1 USB
	Tipo	STN-LCD con Touch
DISPLAY TP	Diagonal pantalla	10,4 pulgadas
	Resolución	640 x 480 pixeles
	Colores representables	256
	Retroiluminación	Tubos CCFL

Tabla 4: Características de la pantalla táctil

Es necesario conocer todos los elementos de conexión con los que cuenta la pantalla táctil TP 270. La imagen inferior nos proporciona una idea detallada de la unidad:

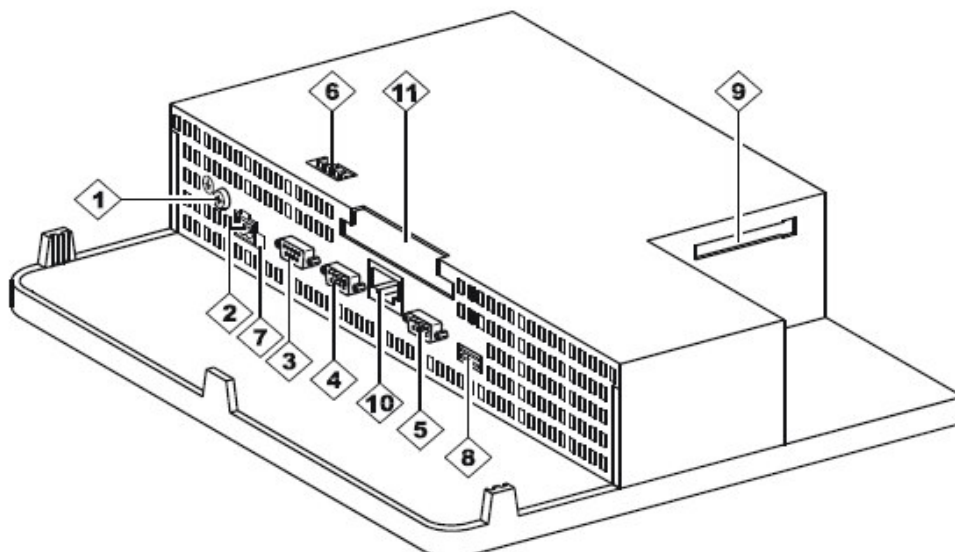


Ilustración 32: Conexiones a TP 270

1. Conexión a masa: Puesta a tierra de la unidad.
2. Fuente de alimentación: Conexión para una alimentación de 24 Vcc.
3. Interfaz IF1B: Conexión para RS 422 o RS 485 sin potencial para autómatas (S-300,...), PC/PG.
4. Interfaz IF1A: Conexión RS 232 para autómatas programables (S-300,...).
5. Interfaz IF2: Conexión RS 232 para PC/PG.
6. Interruptor: Permite la configuración del Interfaz IF1B.
7. Conexión para pila: Si fuera necesario un respaldo opcional.
8. Interfaz USB: Para conectar teclados externos, ratones, etc.
9. Slot B: para tarjetas de Memoria Compact Flash
10. Interfaz Ethernet.
11. Slot A: Para tarjetas PC.

## 8. PROGRAMACIÓN Y RESULTADOS

A raíz de las dificultades que planteaba la poca claridad del actual panel de control, se procedió a la configuración de un nuevo PLC Simatic-300 y un sistema visual para el mismo: una pantalla táctil Touch panel 270.

Este nuevo sistema de visualización permite una cómoda y rápida comprobación del estado del secador, sin tener que manipular el panel. En este nuevo dispositivo, los operarios no necesitan una formación específica para el manejo de los controles. Esto supone un aumento en la calidad del seguimiento de los secadores, ya que disminuyen las probabilidades de interpretaciones erróneas del panel y una respuesta más eficiente ante cualquier problema que surja en estas unidades.

Además los autómatas programables Simatic-300 y las pantallas Touch Panel 270 de 10 pulgadas (Siemens) estaban en stock en la central. La empresa también disponía de los softwares y el resto de elementos necesarios para realizar el proyecto.

Una vez adquiridos todos los elementos necesarios para llevar a cabo el proyecto, se realizó un estudio de los secadores y de su funcionamiento. Para ello, se revisaron diversos manuales proporcionados por Endesa, se mantuvieron reuniones informativas periódicas con otros trabajadores de la central y se realizaron comprobaciones personales de los secadores de hidrógeno. Para poder analizar en persona los secadores, fue obligatorio estar en todo momento bajo la supervisión de operarios con dispositivos para la medición de gases existentes. Además, se aprovechó que se estaba realizando un mantenimiento preventivo anual de la instalación, por lo que ya estaba completamente purgado.

Una vez se clarificó lo que era necesario para realizar la programación, se comenzó por la configuración del autómata programable en Step 7.

### 8.1 PROGRAMACIÓN PLC SIMATIC 300

Los elementos de cualquier autómata son dos: el programa desarrollado por el usuario y el sistema operativo del autómata encargado de interpretar y ejecutar el programa del usuario, así como el de diagnóstico de alarmas, errores, administrar la memoria, transmisión de órdenes...

El programa cargado al PLC deberá controlar el secador, mediante tratamiento de datos y señales del proceso para que al final del ciclo se envíen órdenes de actuación en función del estado. El proceso cíclico resumido para cualquier autómata es el siguiente:

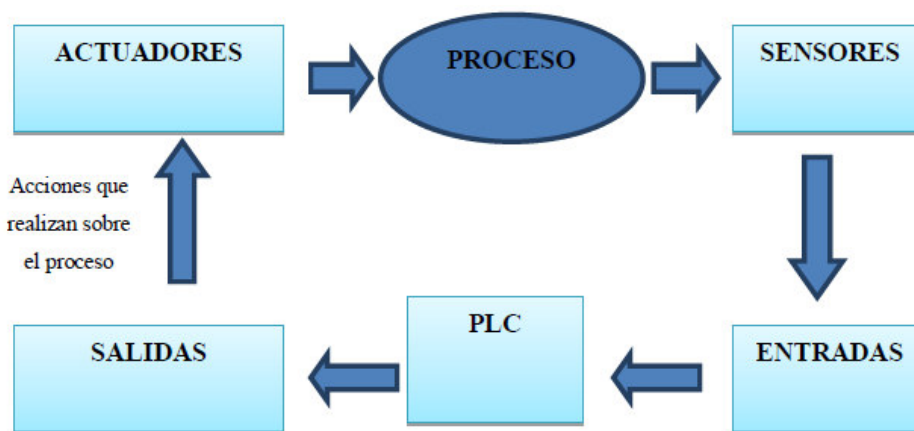


Ilustración 33: Proceso cíclico estándar de autómatas

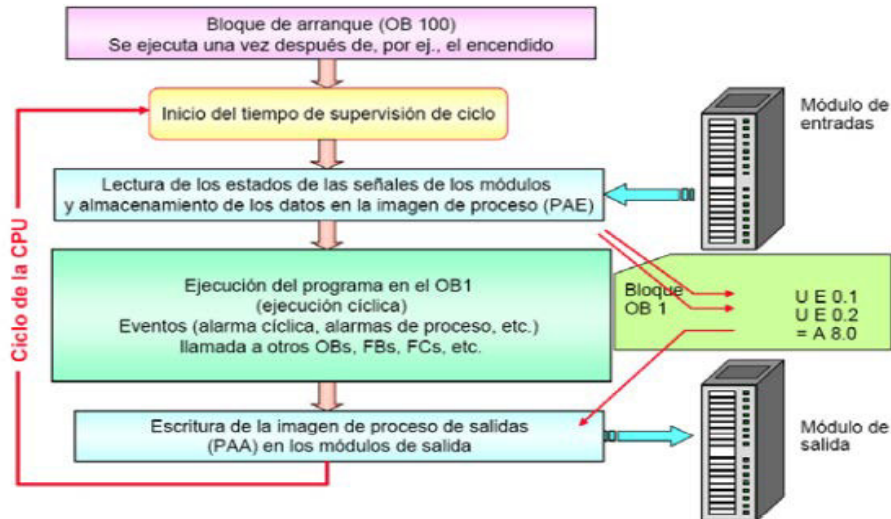
La memoria del autómatas se puede dividir en los siguientes tipos:

- Imagen E/S. Son imágenes de las señales de entrada y salida. La entrada se lee antes de comenzar el nuevo ciclo del OB1 o programa principal. La salida se enviará a las reales antes de comenzar un nuevo ciclo principal.
- E/S periferia. En estos se lee directamente el valor actual de cualquier sensor puede ser en bytes (PEB), Word (PEW) o doble Word (PED).
- Marcas. Se definen como bits internos de la Unidad Central de Proceso. Se pueden activar y desactivar como si fueran salidas. De esta manera, se pueden supervisar en cualquier punto del programa. Por esta razón las utilizaremos en el programa, y así modificar las entradas y salidas de una manera más cómoda. Se pueden utilizar como bit, byte, palabra o doble palabra.
- Temporizadores. El Step 7 tendría temporizadores por software (IEC), que serán los que utilizemos o temporizadores por hardware.
- Variables temporales. Se utilizan para realizar cálculos intermedios, se declaran dentro de los módulos.

Para acceder y tratar los datos almacenados en las áreas de memoria, existen distintos tipos de módulos con características diferentes dependiendo de la necesidad del usuario:

- Módulos de organización (OB). El propio autómatas, por defecto, gestiona las llamadas a estos módulos en función de sus características. No son llamados desde otros bloques. Ejemplos como el OB de arranque o el OB1 que llama a los FC y DB.
- Funciones (FC). Pueden ser llamados desde OB u otras funciones. Se utilizan para organizar la estructura del código, tratando las señales de entrada y sacando valores de salida. Pueden definir internamente variables temporales.
- Bloques de función (FB). Son parecidos a los anteriores solo que tienen la posibilidad de tener variable internas con remanencia entre un ciclo y otro.
- Módulos de datos (DB). Pueden ser datos de instancia, necesarios para la ejecución de los FB. O también globales, declaradas por el usuario.
- Módulos de sistema. Son FC y FB que están integrados en el propio autómatas.

El ciclo que realiza el autómatas, a la hora de ejecutar los distintos módulos, se puede resumir en la siguiente ilustración:



**Ilustración 34: Ciclo de ejecución del PLC**

Los lenguajes de programación del software Step 7 son similares a la de otros programas de automatización como puede ser el Unity. Todos están bajo la norma IEC61131-3.

### 8.1.1 CONFIGURACIÓN HARDWARE

Antes de empezar con la programación, se debe configurar el hardware a programar en Step 7. Cada slot se corresponde con la referencia del elemento físico del PLC (explicados en el apartado anterior). En la Ilustración 35 se puede ver la configuración hardware en Step 7; en la parte inferior de la imagen, se pueden observar las direcciones de entrada y salida reservadas para cada elemento del PLC.

Slot	Módulo	Referencia	Firmware	D...	Dirección E	Dirección S	Comentario
1	PS 307 5A	6ES7 307-1EA00-0AA0					
2	CPU 315-2 DP	6ES7 315-2AG10-0AB0	V2.6	2			
3	DP				200*		
4	CP 343-1	6GK7 343-1EX11-0AE0	V2.0	3	256...271	256...271	
5	CP 341-1RS232C	6ES7 341-1AH01-0AE0			272...287	272...287	
6	AD4x12Bit	6ES7 322-5HD01-0AB0				100...107	
7	AI8x12Bit	6ES7 321-1KJ01-0AB0			100...115		
8	DI32xDC24V	6ES7 322-1BL00-0AA0			0...3		
9	DO32xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BL00-0AA0				0...3	
10							
11							

**Ilustración 35: Configuración hardware en Step 7**

### 8.1.2 SEÑALES DE ENTRADA PLC

Las señales de entrada que recibe el autómatas del secador de hidrógeno se pueden obtener del circuito eléctrico del secador presente en el anexo de planos. Las señales de entrada desde el secador y los elementos anexos aparecen resumidos en las Tablas 5 y 6, en las que aparecen la dirección y el tipo de señal:

Señales de entrada analógicas (SECADOR-PLC)			
NOMBRE	Dirección	Tipo	Comentario
<b>Interruptor OFF / RUN</b>	E 0.0	BOOL	Selector OFF_RUN
<b>ZS-3</b>	E 0.1	BOOL	Interruptor Adsorción Torre1 ZS3
<b>ZS-4</b>	E 0.2	BOOL	Interruptor Adsorción Torre1 ZS3
<b>Marcha Motor1</b>	E 0.3	BOOL	Contacto marcha motor ventilador 1
<b>Marcha Motor2</b>	E 0.4	BOOL	Contacto marcha motor ventilador 2
<b>Marcha Calentador1</b>	E 0.5	BOOL	Contacto marcha calentador 1
<b>Marcha Calentador2</b>	E 0.6	BOOL	Contacto marcha calentador 2
<b>Rele Protec Calentadores</b>	E 0.7	BOOL	Relé de protección de calentadores
<b>Interruptor Purga</b>	E 1.0	BOOL	Purga C-Box (Dif. Presion)

Tabla 5: Señales digitales de entrada del secador al autómatas

Señales de entrada analógicas (SECADOR-PLC)			
NOMBRE	Dirección	Tipo	Comentario
Temperatura Torre 1	PEW 100	ENTERO	Temperatura lecho de la torre 1
Temperatura Torre 2	PEW 102	ENTERO	Temperatura lecho de la torre 1
Higrómetro entra	PEW 104	ENTERO	Indicador higrómetro opcional entrada
Higrómetro sale	PEW 106	ENTERO	Indicador higrómetro opcional salida

Tabla 6: Señales analógicas de entrada del secador al autómeta

Las señales analógicas, se mostraban en unos displays que no formaban parte del Panelview original. Estas señales se incorporaron en la nueva pantalla táctil.

### 8.1.3 SEÑALES DE SALIDA PLC

Las señales de salida, al igual que las de entrada al secador, se pueden obtener del circuito eléctrico del secador presente en el anexo de planos. Las señales de salida al secador y elementos anexos se resumen en la siguiente tabla:

Señales de salida digitales (PLC-SECADOR)				
NOMBRE	Dirección	Tipo		Comentario
S-1 Adsorbiendo Torre1	A 0.0	BOOL		Torre 1 adsorbiendo
S-2 Adsorbiendo Torre2	A 0.1	BOOL		Torre 2 adsorbiendo
Calentador Torre1	A 0.2	BOOL		Torre 1 calentando
Calentador Torre2	A 0.3	BOOL		Torre 2 calentando
Luz Alarma comun	A 0.4	BOOL		Luz de alarma común
Rele Alarma comun	A 0.5	BOOL		Relé de alarma común

Tabla 7: Señales digitales de salida del autómeta al secador



#### 8.1.4 ALARMAS SECADOR

Además de todo lo descrito anteriormente, cabe destacar que el modelo BAC-50 presenta un paquete diagnóstico de alarmas. Estas se pueden observar también en el esquema del circuito eléctrico presente en el anexo de planos. Las alarmas que se deben programar vienen dadas por recomendaciones del fabricante y por las medidas de seguridad de ENDESA. Se pueden resumir en las siguientes:

Alarmas secador		
NOMBRE	TIPO	COMENTARIO
Alarma_fallo_valv4	BOOL	Fallo de sincronización en las válvulas de 4 vías
Alarma_fallo_calent1	BOOL	Fallo en el funcionamiento del calentador del adsorbente en la torre 1
Alarma_fallo_calent2	BOOL	Fallo en el funcionamiento del calentador del adsorbente en la torre 2
Alarma_fallo_motor1	BOOL	Fallo en el motor del ventilador de la torre 1
Alarma_fallo_motor2	BOOL	Fallo en el motor del ventilador de la torre 2
Alarma_fallo_purga	BOOL	Fallo en la estanqueidad y presión de la caja de control

Tabla 8: Alarmas del secador

##### Fallo de alternancia de las válvulas de 4 vías.

En el secador tenemos dos válvulas de 4 vías (una en la parte superior y otra en la inferior). Cambiarán su posicionamiento en función de si una torre u otra estén adsorbiendo.

A nivel de esquema eléctrico, tenemos dos interruptores que controlarán las posiciones de estas válvulas (ZS-3 y ZS-4). En condiciones normales, cuando la torre 1 esté adsorbiendo, el contacto del interruptor ZS-3 se cerrará, mientras que el interruptor ZS-4 estará abierto. Por la contra, cuando la torre 2 esté en adsorción, el ZS-3 se abrirá, mientras que el ZS-4 se cerrará.

Cuando los dos interruptores o válvulas tengan algún fallo en su funcionamiento, como abrirse o cerrarse a la vez o funcionen en pasos que no les corresponden, el temporizador T2 del programa se pondrá a contar. Una vez llegue a los 10 segundos (que recomienda el proveedor) con esta mala sincronización, entonces se activará la Alarma\_fallo\_valv4. A su vez se encenderá la luz de alarma común y el relé de Alarma común CR1 se desactivará.

##### Fallo de los calentadores.

Para controlar el funcionamiento de los calentadores tenemos dos contactos auxiliares (CON1-1B y CON2-1B). En el paso 1, CON2-1B deberá estar cerrado indicando que el calentador 2 está funcionando. El CON1-1B deberá cerrarse en el paso 3. Cuando están cerrados, los interruptores estarían en ON, es decir, extrayendo corriente (sobre 9,5 A).

Cuando se produce algún fallo en los calentadores como que el calentador se calcine, se produzca un cortocircuito, o un fusible se dispare, el transformador de potencia detectará la falta de corriente. El interruptor IR-1 se abrirá y comenzará a contar el temporizador T3 (calentador torre 1) y T4 (calentador torre 2) de la programación. Una vez llegue a 10 segundos se encenderá la luz de alarma común y el relé de Alarma común CR1 se desactivará.

#### Fallo en los motores de los ventiladores.

Estos motores estarán funcionando continuamente en todos los pasos, por lo que los contactos MSP1-AUX y MSP2-AUX deberán estar cerrados siempre.

Si se produce un fallo en algún soplador, se producirá un cortocircuito. El desequilibrio o pérdida de fase producirá un aumento el disparo de los MSP. Los contadores T5 (soplador 1) y T6 (soplador 2) empezarán a contar. Una vez llegue a 10 segundos se encenderá la luz de alarma común y el relé de Alarma común CR1 se desactivará.

#### Fallo en la purga de caja de control.

Este fallo se produce cuando abrimos el frontal para manipular el panel de control o cuando existe algún tipo de fuga en la caja de control. Normalmente siempre está con una presión mayor a la atmosférica para que nunca se pueda colar hidrógeno dentro.

En ella se encuentran todos los elementos electrónicos, incluso el autómatas. Por lo que, si por cualquier razón falla esa estanqueidad, se produce un riesgo de explosión.

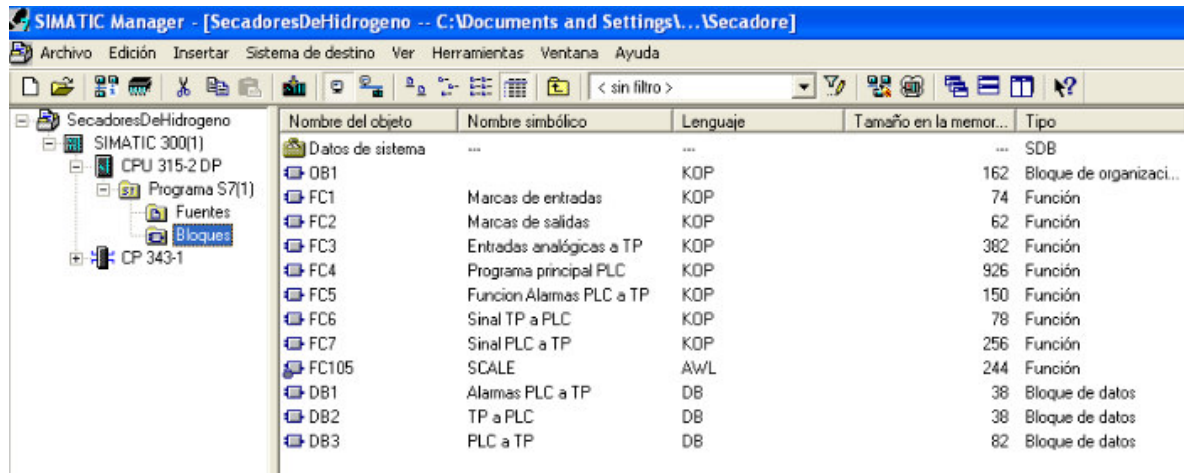
Por esta razón, es el fallo con mayor restricción. Cuando se detecte que la presión desciende, reduciéndose la estanqueidad, el relé de Alarma común CR1 se desactivará al momento.

### **8.1.5 MÓDULOS DE LA PROGRAMACIÓN**

La programación del autómatas programable se realizó mediante el software de Siemens Step 7 sin la posibilidad de realizar el proyecto mediante GRAFCET debido a que en su momento no se optó por este paquete para el software.

De entre las opciones de idiomas de programación para autómatas, nos decantamos por hacerlo en lenguaje ladder o de contactos (KOP). Este sistema, estandarizado en IEC 61131-3, es un lenguaje gráfico basado en los esquemas de cableado y conmutaciones clásicas.

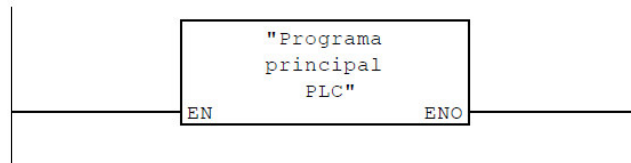
Tras identificar las señales requeridas por el secador, se procedió a realizar la programación del proceso cíclico que debe cumplir la unidad. A continuación se describen los módulos que se configuraron para la CPU 315-2, la cual será la encargada de procesar las señales en función de la programación del usuario (ver Ilustración 36). Los módulos se configuraron cumpliendo las indicaciones requeridas por la empresa.



**Ilustración 36: Módulos en Step 7 del secador**

### 8.1.5.1 Módulo de organización (OB1).

El OB1 es un bloque que será leído en cada ciclo. Él es el encargado de llamar al resto de funciones necesarias para el funcionamiento del secador.



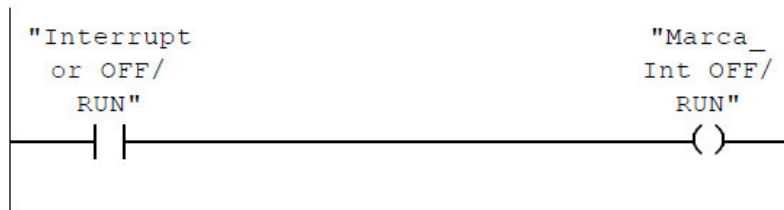
**Esquema 1: Ejemplo llamada a la función principal**

Además, se añadieron unos bloques llamados siempre marca 1 y 0 para eliminar o activar segmentos de código a modo de prueba.

### 8.1.5.2 Funciones (FC1, FC2 y FC3).

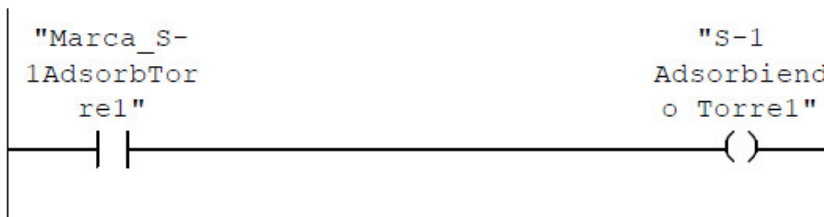
En estas tres funciones realizamos la denominada programación por marcas, es decir, declaramos las señales de entradas y salidas como marcas. Las marcas se definen como bits internos de la Unidad Central de Proceso, se pueden activar y desactivar como si fueran salidas. De esta manera, se pueden supervisar en cualquier punto del programa. Esto añade comodidad al proceso de forzar señales, puesto que no se modifican las señales que nos entran

Más concretamente, en el módulo FC1 lo que hacemos es traducir todas las entradas digitales a marcas. En el Esquema 2 se puede observar un ejemplo de una señal de entrada:



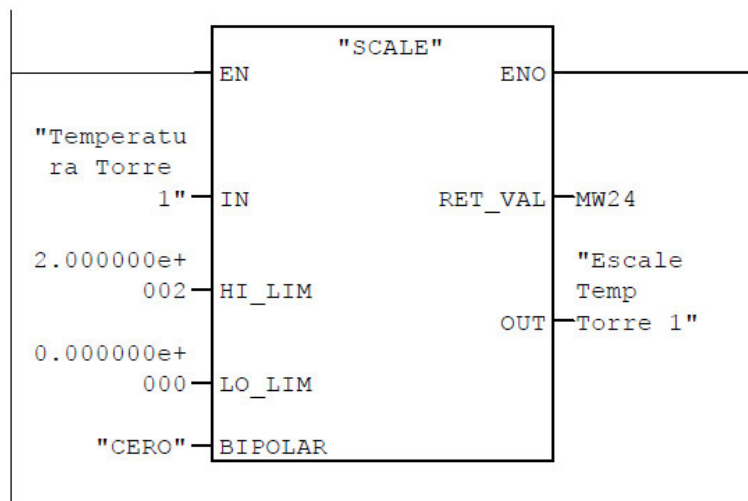
**Esquema 2: Ejemplo de señal del interruptor de encendido y apagado a marcas**

En el módulo FC2 se vuelca el valor digital de las marcas procesadas en la función principal, a las señales de salida del autómata (ver ejemplo en Esquema 3).



**Esquema 3: Ejemplo de marcas a señal de salida**

Por último, la función del módulo FC3 es la de procesar las señales analógicas y enviarlas a marcas (ver ejemplo en Esquema 4). Lo consigue cogiendo la señal PEW 100 (Temperatura torre 1), que es de 4 mA a 20 mA, e intentar escalarla a los valores de temperaturas que representa. En este caso 4 mA se corresponde con 0 °C, y 20 mA con 200 °C. Para los higrómetros el escalado es de -100°C a 20 °C.



**Esquema 4: Ejemplo escalado temperatura torre 1**

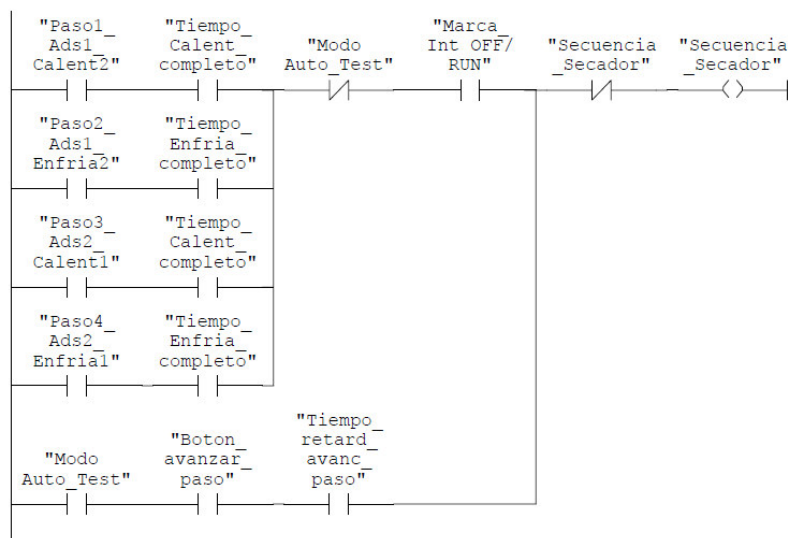
### 8.1.5.3 Función programa principal (FC4).

En este módulo se encuentra el programa principal del autómatas. Tiene la función de procesar las señales de entrada, controlar el funcionamiento del secador y proporcionar las señales de salida.

El secador Lectrodryer BAC-50 está configurado para funcionar en modo automático sin necesidad de modificar ningún parámetro por parte de los operarios.

Tiene la opción de modo manual o sistema de avance de paso. Esta opción se utiliza para la detección de errores, nos permite el avance de paso para verificar la secuencia de operación. El modo manual debe ser utilizado con extrema precaución y siempre por operarios con altos conocimientos de la unidad. Por esto, se añadió una contraseña para esta opción. Para saltar de un paso a otro es necesario un retraso de 5 segundos por recomendación del fabricante. Se debe proceder con máxima cautela en esta opción, y regresar el secador a modo automático antes de dejarlo sin supervisión.

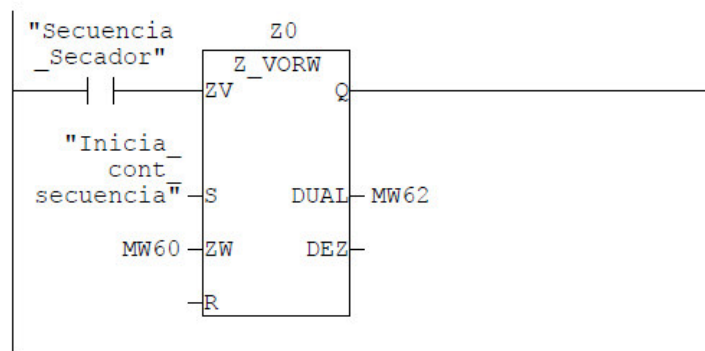
Para la configuración del modo manual o modo automático tenemos el siguiente segmento:



**Esquema 5: Segmento funcionamiento Automático o manual**

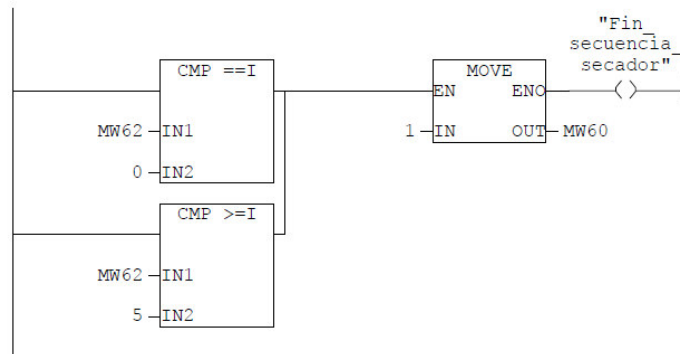
Si nos centramos en el modo automático, sabemos que el secador tiene 4 pasos principales: Paso 1 (torre 1 adsorbiendo, torre 2 calentando), paso 2 (torre 1 adsorbiendo, torre 2 enfriando), paso 3 (torre 1 calentando, torre 2 adsorbiendo) y paso 4 (torre 1 enfriando, torre adsorbiendo). Una vez que finaliza el paso 4 volvería a empezar el ciclo en el paso 1.

Inicialmente, creamos un contador para saber en qué paso estamos en cada instante del proceso. Para ello, utilizamos el contador en el cual guardamos en MW 62 el paso en el que estamos (ver Esquema 6).



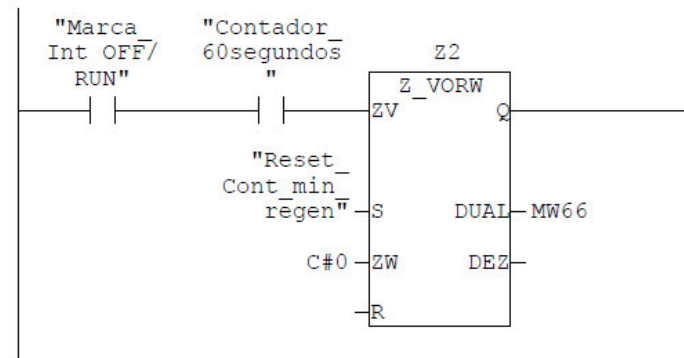
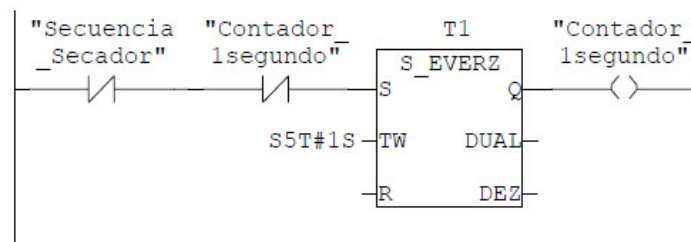
**Esquema 6: Contador para guardar el paso en el que estamos**

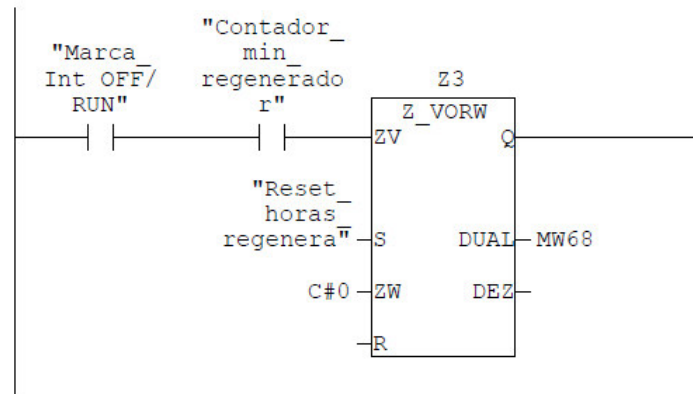
Un problema que nos encontramos fue el de controlar que se cumplan los pasos en orden, y una vez acaben que volvieran a comenzar. Para resolverlo se realizaron unas comparaciones y si se cumplen guardaríamos en MW 10 el paso inicial 1.



**Esquema 7: Comparación para inicio del paso inicial**

Otra dificultad fue la contabilidad de los minutos y horas en cada paso. Para ello se configuraron un contador de segundos mediante un temporizador T1. Luego, mediante comparadores se iban contando los minutos (cada vez que transcurrían 60 segundos) y las horas (cada vez que transcurrían 60 minutos). Estos contadores se configuraron para contabilizar tanto la regeneración como el tiempo de adsorción.



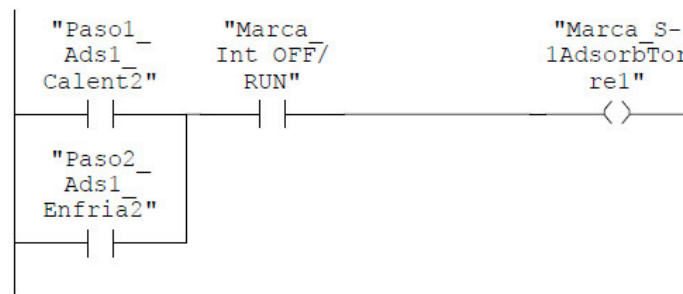


**Esquema 8: Contadores de horas de funcionamiento**

También se configuraron unas señales para poder resetear el tiempo de regeneración y adsorción.

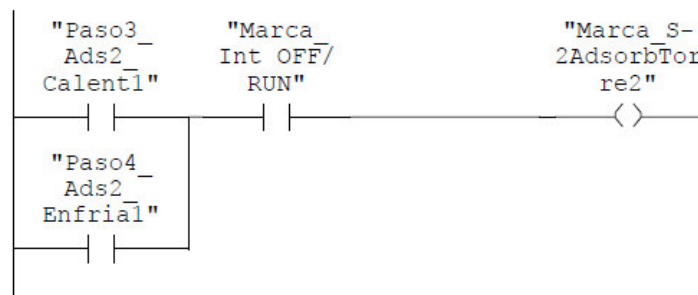
Para la activación de las señales digitales de salida se deben cumplir las siguientes condiciones:

La señal de torre 1 adsorbiendo se cumple cuando estamos en los pasos 1 y 2, siempre que el interruptor general ON/OFF esté activado.



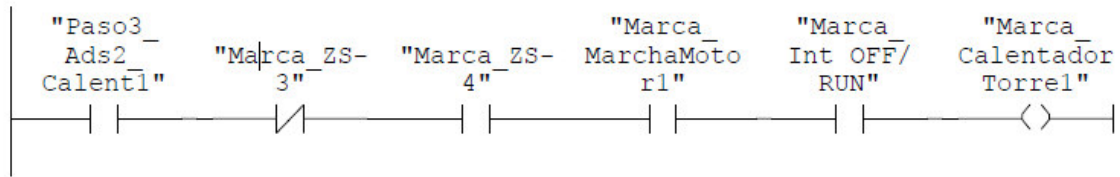
**Esquema 9: Condición para la señal de salida torre 1 adsorbiendo**

La señal de torre 2 adsorbiendo se cumple cuando estamos en los pasos 2 y 3, siempre que el interruptor general ON/OFF esté activado.



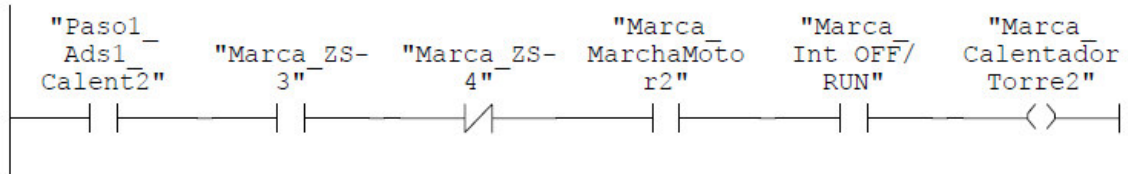
**Esquema 10: Condición para la señal de salida torre 2 adsorbiendo**

La señal calentando torre 1 se cumple cuando estamos en el paso 3, los interruptores ZS-3 y ZS-4 están sin actuar y actuado respectivamente, el ventilador de la torre 1 está activado y el interruptor ON/OFF está en ON.



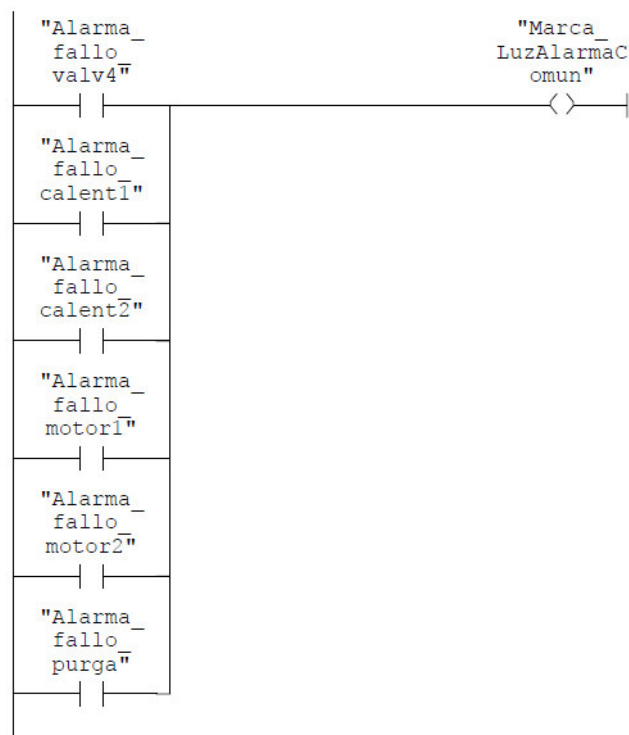
**Esquema 11: Condición para la activación de la señal calentando torre 1**

La señal calentando torre 2 se cumple cuando estamos en el paso 1, los interruptores ZS-3 y ZS-4 están actuados y sin actuar respectivamente, el ventilador de la torre 2 está activado y el interruptor ON/OFF está en ON.



**Esquema 12: Condición para la activación de la señal calentando torre 2**

La señal de luz de alarma común se ilumina cuando alguna de las alarmas se activa.



**Esquema 13: Condición para la activación de la señal de luz de alarma común.**

El relé de alarma común se activará cuando se active alguna de las alarmas al igual que en el caso anterior, provocando la parada del secador.

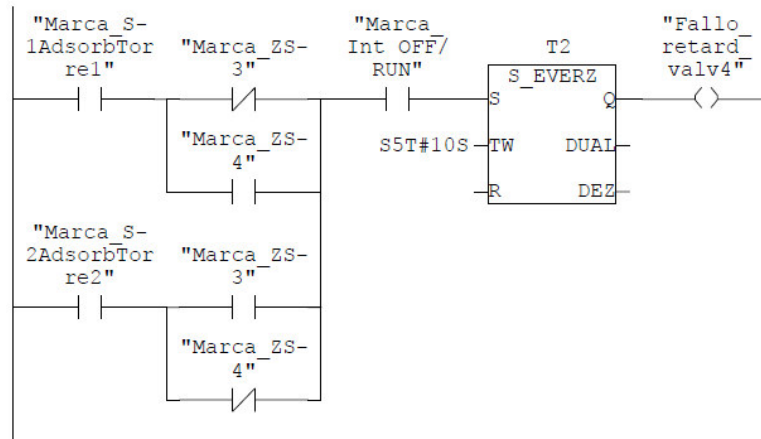
Las alarmas se producen cuando hay un error y pasan los 10 segundos marcados por los temporizadores (excepto en la alarma de purga de la caja de control). Para que se activen se deben cumplir, además, las siguientes condiciones:

La alarma de alternancia de las válvulas de 4 vías se activa cuando:



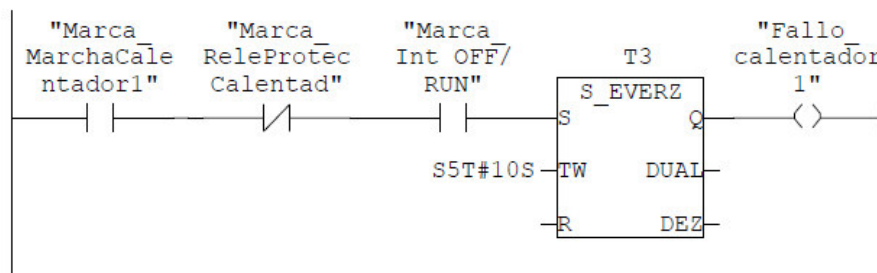
El interruptor ZS-3 no está activado o el ZS-4 está activado, estando con la torre 1 adsorbiendo y el interruptor ON/OFF está en ON.

O bien cuando el interruptor ZS-4 no está activado o el ZS-3 está activado, estando con la torre 2 adsorbiendo y el interruptor ON/OFF está en ON.



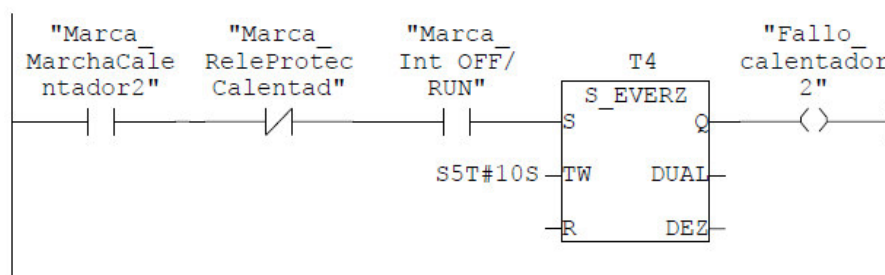
**Esquema 14: Condiciones activación alarma válvulas de 4 vías.**

La alarma de fallo en el calentador 1 se activa cuando el calentador 1 está en funcionamiento, el relé de protección no está energizado y el interruptor ON/OFF está en ON.



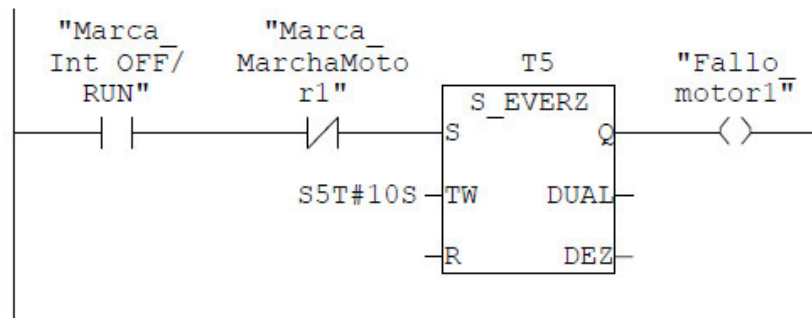
**Esquema 15: Condiciones activación alarma calentador 1**

La alarma de fallo en el calentador 2 se activa cuando el calentador 2 está en funcionamiento, el relé de protección no está energizado y el interruptor ON/OFF está en ON.



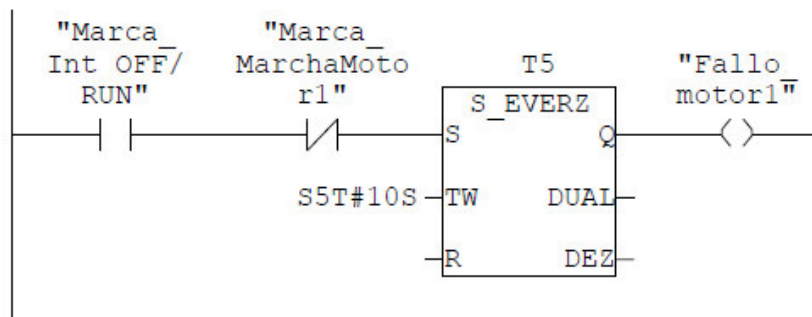
**Esquema 16: Condiciones activación alarma calentador 2**

La alarma de fallo del soplador 1, se activa cuando el interruptor ON/OFF está en ON y el motor 1 no está activado en cualquier paso del secador.



**Esquema 17: Condiciones activación alarma motor soplador 1**

La alarma de fallo del soplador 2, se activa cuando el interruptor ON/OFF está en ON y el motor 2 no está activado en cualquier paso del secador.



**Esquema 18: Condiciones activación alarma motor soplador 2**

La alarma de fallo en la estanqueidad de la caja de control se activa al activarse la señal de entrada del interruptor de purga C-Box sin esperar el retardo de 10 segundos.

Este es un pequeño resumen de la programación, toda la información de los segmentos se puede consultar en los anexos de programación.

#### 8.1.5.4 Funciones (FC5, FC6 y FC7)

Son funciones para volcar la información del PLC a los módulos de datos o viceversa.

En el FC5 se declararían las alarmas que salen del PLC al DB1. En el FC6 se captaría las señales del módulo DB2. Y en el FC7 se vuelcan las señales del PLC al DB3.

#### 8.1.5.5 Módulos de datos (DB1, DB2 y DB3)

Los módulos de datos los utilizaremos como forma de enviar y recibir información entre el autómatas y la pantalla táctil que se quiere configurar.

Mediante el DB1 enviaremos el estado de las alarmas del secador desde el PLC a la TP. Con el DB2 el autómatas recibirá las señales que fueron modificadas por el operario en la pantalla táctil. Finalmente, con el DB3 se enviará y mostrará en la TP las señales tanto analógicas como digitales que se obtengan en cada ciclo del autómatas.

## 8.2 CONFIGURACIÓN DE LA TP 270

### 8.2.1 CONEXIÓN Y TRANSFERENCIA DE PROGRAMA

La conexión desde la PG a la TP 270 se realizó de dos formas:

Transferencia MPI (con cable MPI/RS485).

PG: Se usa el puerto MPI/DP.

TP: Se usa el puerto IF1B PLC (RS422/485).

Transferencia serie (con adaptador USB-Serie y cable serie null modem).

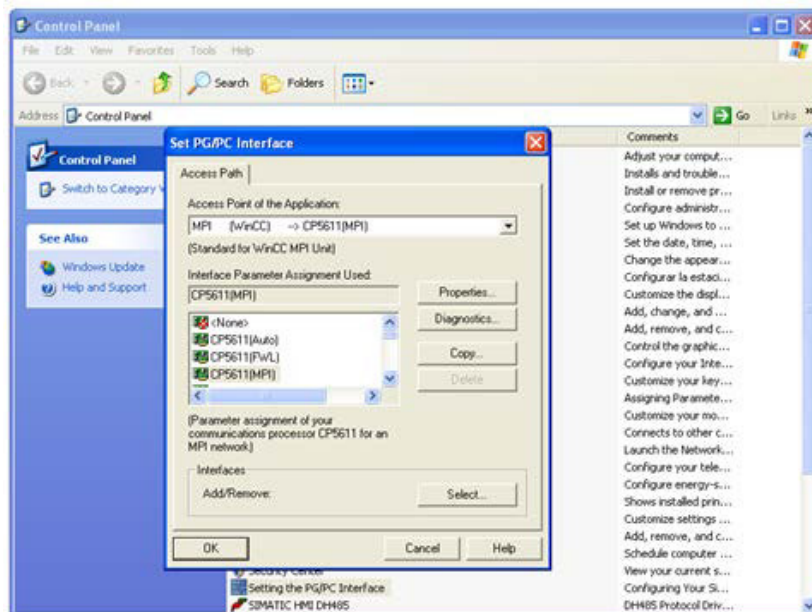
PG: Se usa el puerto USB.

TP: Se usa el puerto IF2 RS232.

Para mayor comodidad utilizaremos la conexión MPI, ya que es más directa sin necesidad de elementos auxiliares. Solo se necesita el cable RS485/MPI.

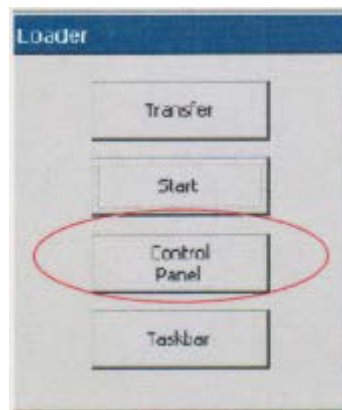
Lo primero que se debe hacer es conectar el cable RS485/MPI al puerto MPI de la PG. Por el otro extremo debemos conectar el puerto MPI (IF1B PLC (RS422/485)) de la pantalla táctil.

Dentro de la configuración de la PG, debemos ajustar el puerto de comunicación. En el panel de control de la PG se abre la pestaña de "Setting the PG/PC Interface". En el desplegable de "Access Point of the Application" se selecciona la opción "MPI (WinCC)→CP5611(MPI)".



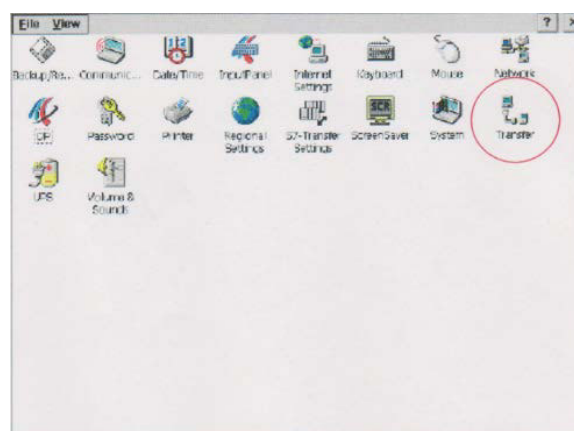
**Ilustración 37: Configuración puerto de comunicación PG**

Una vez configurada la PG, damos tensión al panel táctil. Debemos estar atentos ya que en el arranque aparecerá una pantalla "Loader" por un breve instante de tiempo. En ella debemos presionar el botón "Control Panel".



**Ilustración 38: Pantalla Loader encendido TP**

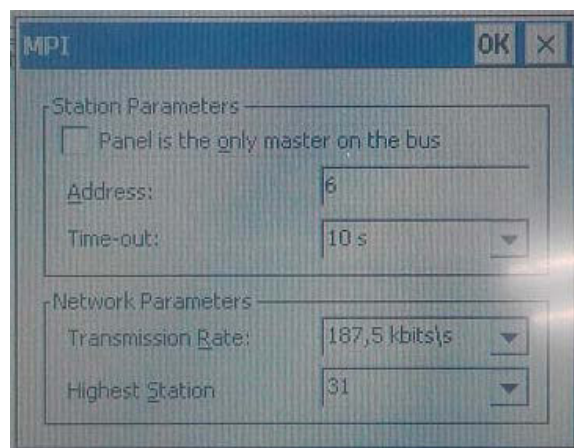
Una vez tenemos abierto el panel de control pulsamos dos veces en el icono “Transfer”.



**Ilustración 39: Panel de control TP**

En esa pestaña de transferencia debemos elegir para el canal 2, la opción “MPI/Profibus”.

En el panel de control debemos pulsar “S7 Transfer Settings” para ver la dirección que tiene la TP (6 en este caso) y si es necesario modificarla.



**Ilustración 40: Dirección de la TP**

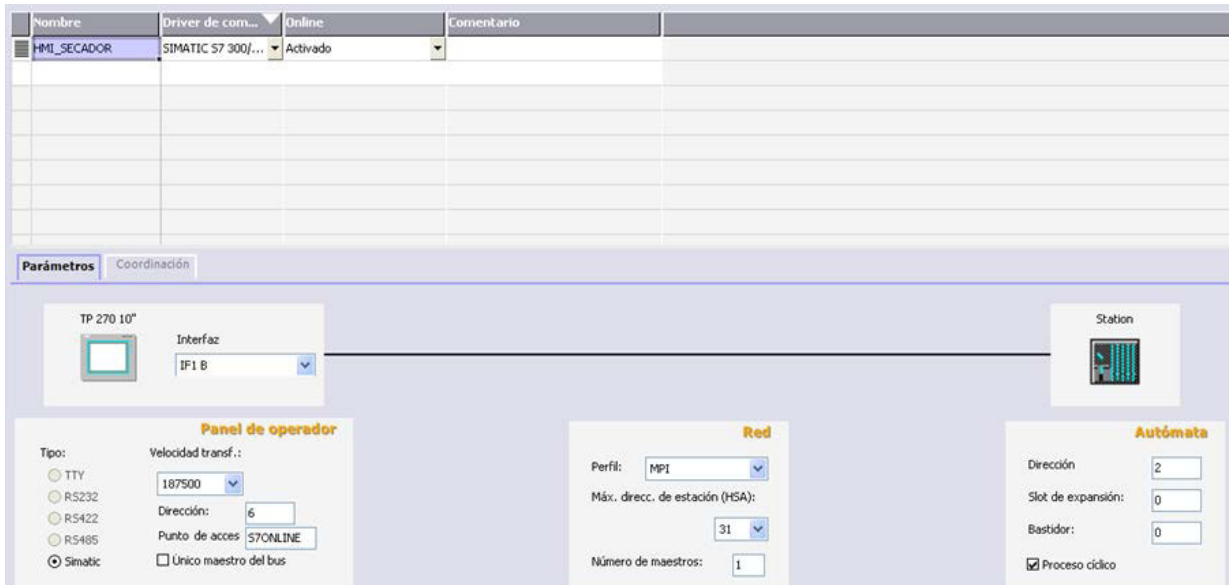
Ahora ya podemos empezar a configurar en el Software WinCC Flexible la conexión con la TP y PLC que tenemos. Primeramente, abrimos el archivo configurado que queremos cargar en la pantalla táctil y ajustamos los parámetros de transferencia. Para ello, nos dirigimos a la pantalla configuración de transferencia del WinCC. En él seleccionaremos el modo de transferencia que utilizaremos en nuestro caso “Modo MPI/DP” y la dirección de la TP que seleccionamos (por ejemplo, dirección 6).



**Ilustración 41: Configuración conexión WinCC**

Una vez que le damos al botón transferir anterior, volvemos a la pantalla táctil y cerramos el panel de control. Regresamos al menú “Loader” dónde pulsamos el botón “Transfer” y, si se han seguido correctamente los pasos, empieza a transferir el programa que había configurado el usuario.

A parte de conectar con la PG, podemos conectar la TP con el autómata en la misma conexión de la CPU. Para ello debemos configurar previamente en el WinCC dicha conexión MPI tal y como se ve en la Ilustración 42.

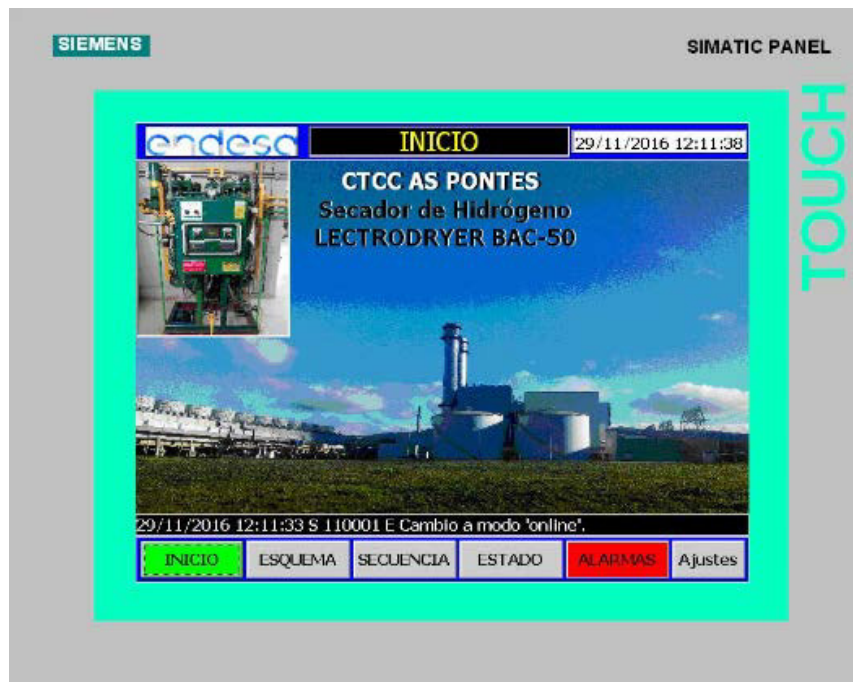


**Ilustración 42: Conexión TP a PLC mediante MPI**

### 8.2.2 VISUALIZACIÓN DE LA TP DEL SECADOR

La configuración de la pantalla táctil fue realizada con el programa de SIEMENS WinCC flexible. Dicho software nos permite configurar una pantalla visual donde el operador puede interactuar con el secador. Además, se puede recibir y enviar señales al PLC por lo que podemos monitorizar el funcionamiento del mismo.

La pantalla principal o de inicio es la primera que vemos al cargar el programa en la pantalla táctil (ver Ilustración 43). En ella, se puede observar una imagen del secador y de la CTCC. En la parte inferior se sitúan los botones para acceder al resto de pantallas. La línea por encima de los botones se utiliza para ver el estado de las alarmas en todo momento.



**Ilustración 43: Pantalla inicial o principal**

Siguiendo el orden de los botones inferiores, el siguiente es la pantalla del esquema del secador. En él podemos ver gráficamente el funcionamiento del secador, las temperaturas de las torres e higrómetros, y el funcionamiento de los sopladores. Con una simple supervisión visual, se puede saber qué torre está adsorbiendo y cuál regenerando, e incluso si se está enfriando o calentando. También aporta otra información relevante, como la posición en que están las válvulas de 4 vías en todo momento y la dirección que lleva el hidrógeno en el interior.

En la imagen inferior se puede ver que la Torre 1 está adsorbiendo, mientras que la torre 2 está regenerando concretamente en la etapa de calentamiento. Por recomendación de la empresa se añadió una leyenda en la parte derecha, para evitar que se produzcan errores en cuanto a la visualización de la unidad.



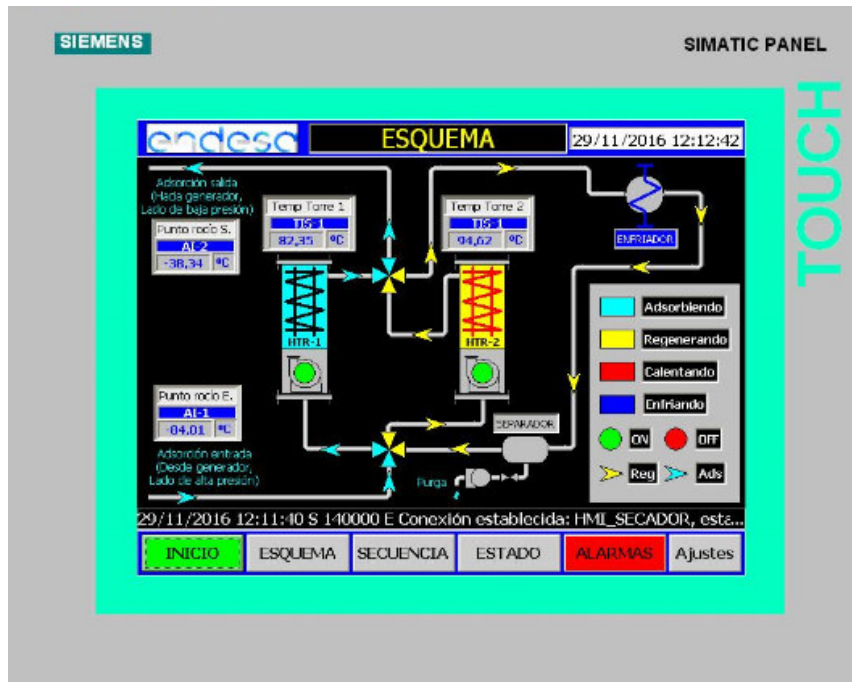


Ilustración 44: Pantalla esquema y visualización del secador

La pantalla de secuencia es muy útil para comprobar en qué paso estamos en el secador así como el tiempo en horas, minutos y segundos que lleva el secador en cada paso. En la parte inferior derecha están las opciones de volver a empezar el paso de calentamiento o enfriamiento, por si fuese necesario para la realización de alguna prueba. En la parte inferior izquierda se dispone de botones para elegir el modo automático o el manual. Generalmente está funcionando en modo automático, tal como se ve en la imagen inferior (iluminado en verde).

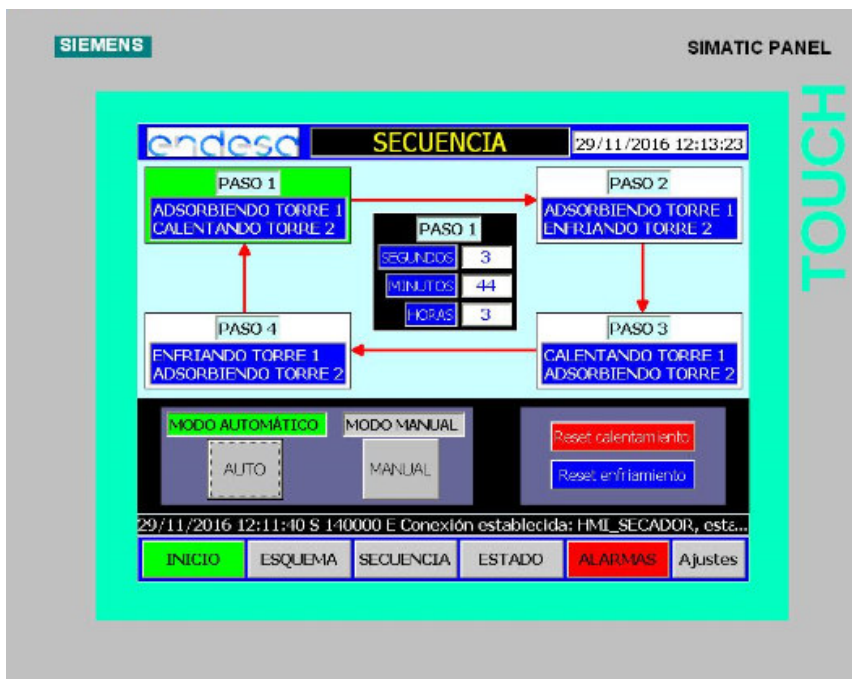


Ilustración 45: Pantalla secuencia

Como el modo manual debe ser utilizado con extrema cautela, solo puede ser activado por personal con conocimientos avanzados del secador y autorizado por la empresa. Para restringir el acceso al personal autorizado, configuramos una serie de licencias en las que solo se puede acceder a ciertas pantallas mediante usuario y contraseña. En caso de querer activar el modo manual, la pantalla que sale es la que se observa en la siguiente ilustración.

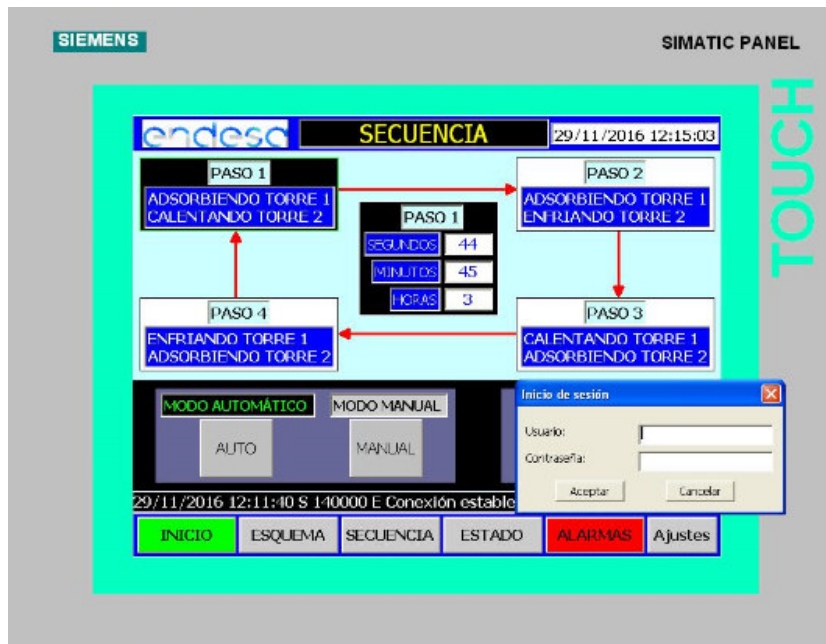


Ilustración 46: Licencias para el modo manual

Una vez registrado con el usuario y contraseña apropiados, se activa el modo manual abriendo la pantalla Modo manual. En ella se puede controlar el paso en el que se quiere estar mediante el botón de avance de paso. Mediante el parpadeo del esquema sabemos en qué paso estamos en cada instante.

Para una mayor seguridad, cabe destacar que en esta pantalla se han eliminado los botones de la parte inferior. De esta forma, no es posible acceder a otras pantallas sin haber activado previamente el modo automático.

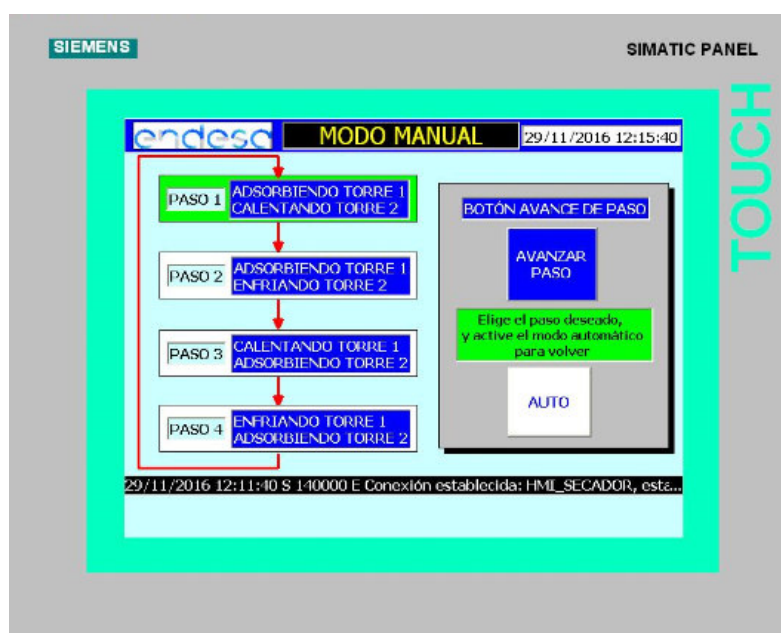


Ilustración 47: Pantalla modo manual



Saliendo del modo manual, la siguiente pantalla que configuramos fue la pantalla de estado. En ésta, se puede observar el estado de las señales que entran y salen de la pantalla táctil y el PLC.

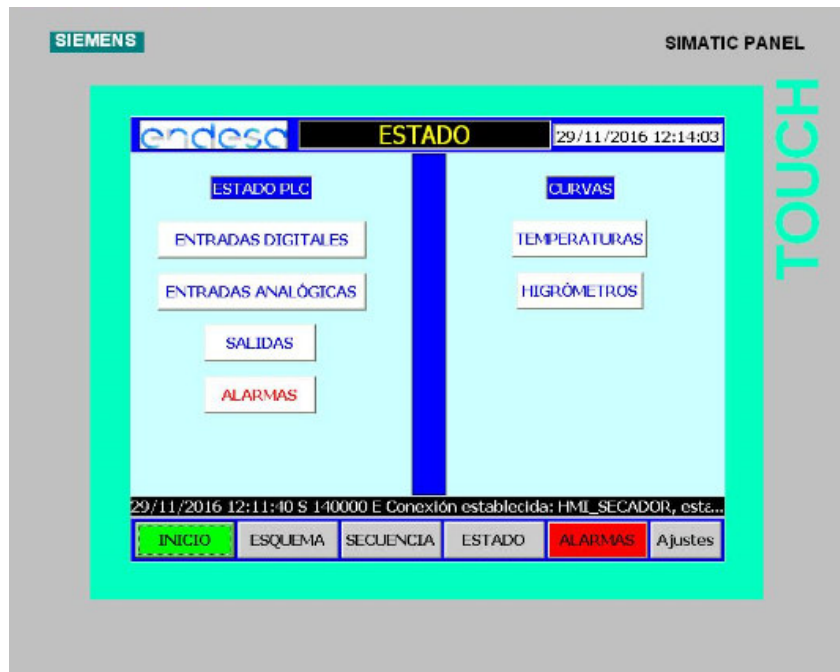


Ilustración 48: Pantalla estado secador

En la parte izquierda se sitúan los botones que permiten comprobar el estado de las señales: si están activas tienen un 1, y un 0 indica que no está energizada. En la mitad derecha se observan las curvas de temperatura a lo largo de un tiempo que se puede configurar en función de las necesidades, en este caso a un día. A continuación se muestran las pantallas de las señales.



Ilustración 49: Pantalla estado señales de entrada digitales al PLC

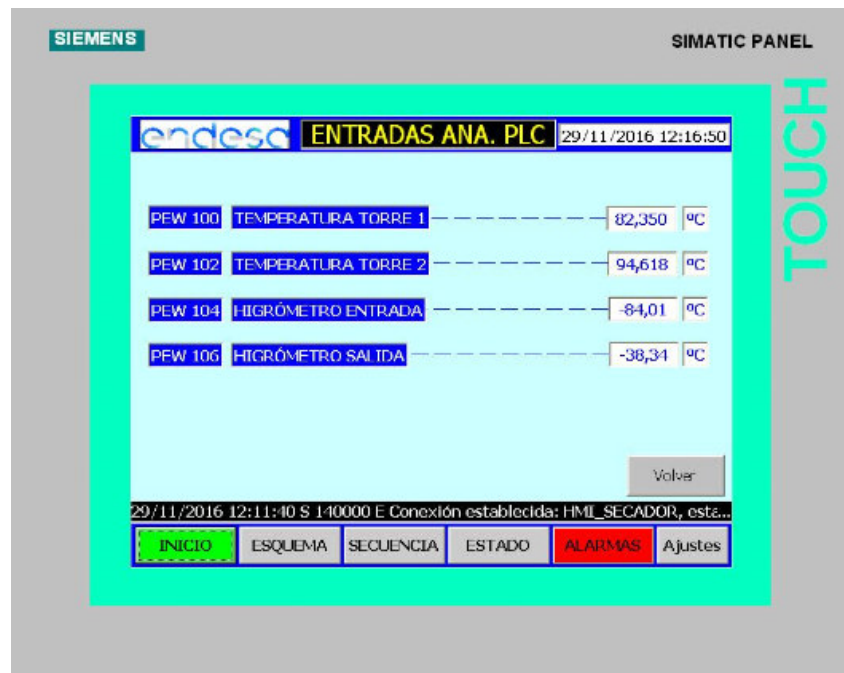


Ilustración 50: Pantalla señales de entrada analógica al PLC

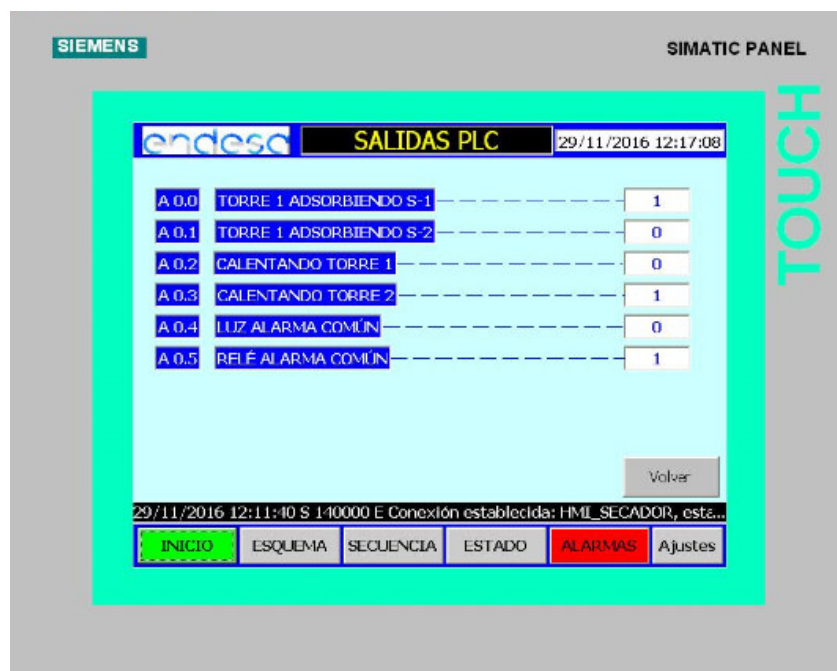


Ilustración 51: Pantalla señales de salida digital del PLC

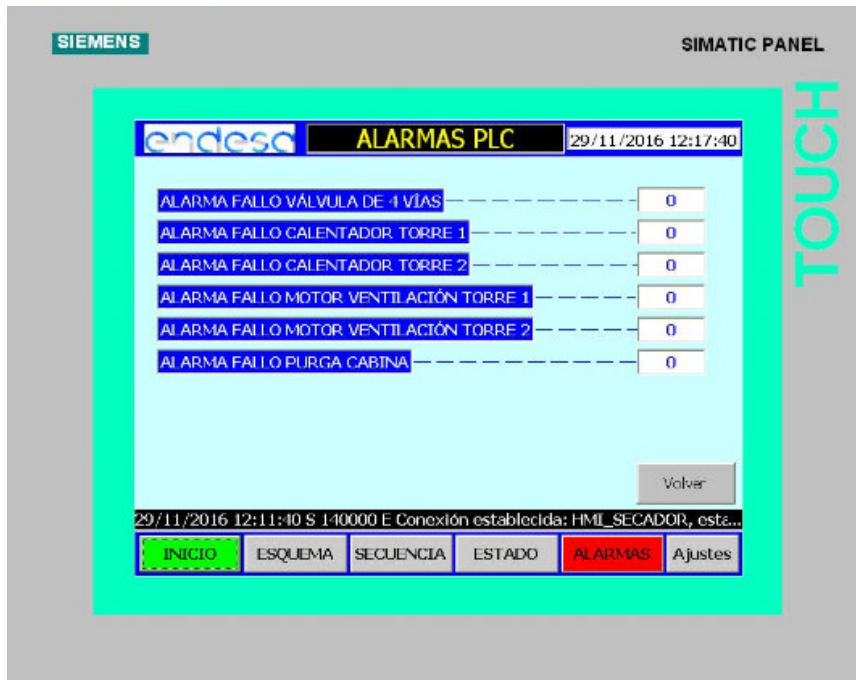


Ilustración 52: Pantalla de señales de alarma

Las pantallas dónde se visualizan los valores de temperaturas de las torres y de los hidrómetros de salida y entrada son las siguientes.

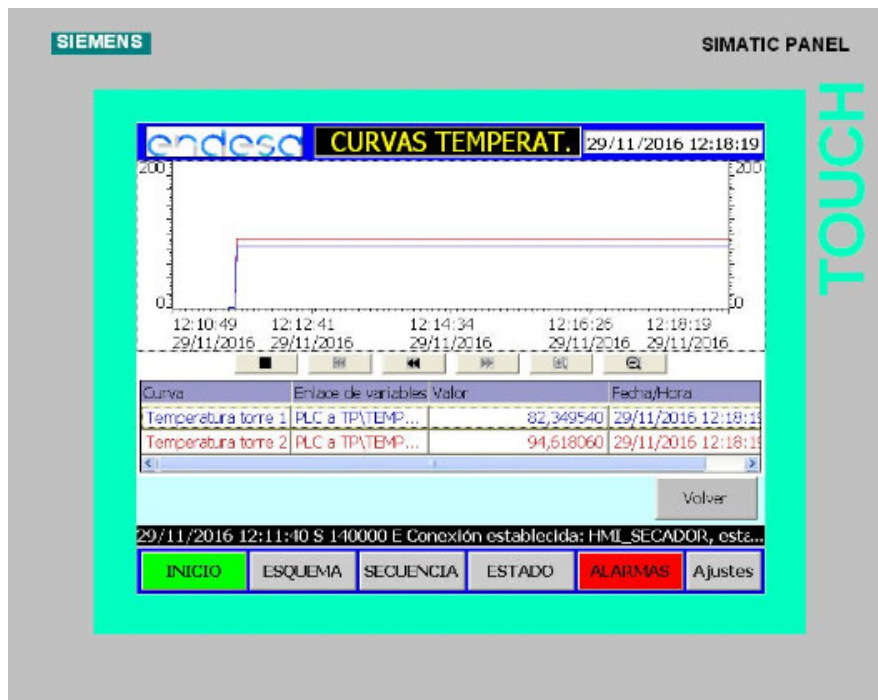


Ilustración 53: Pantalla curvas de temperaturas para torre 1 y torre 2

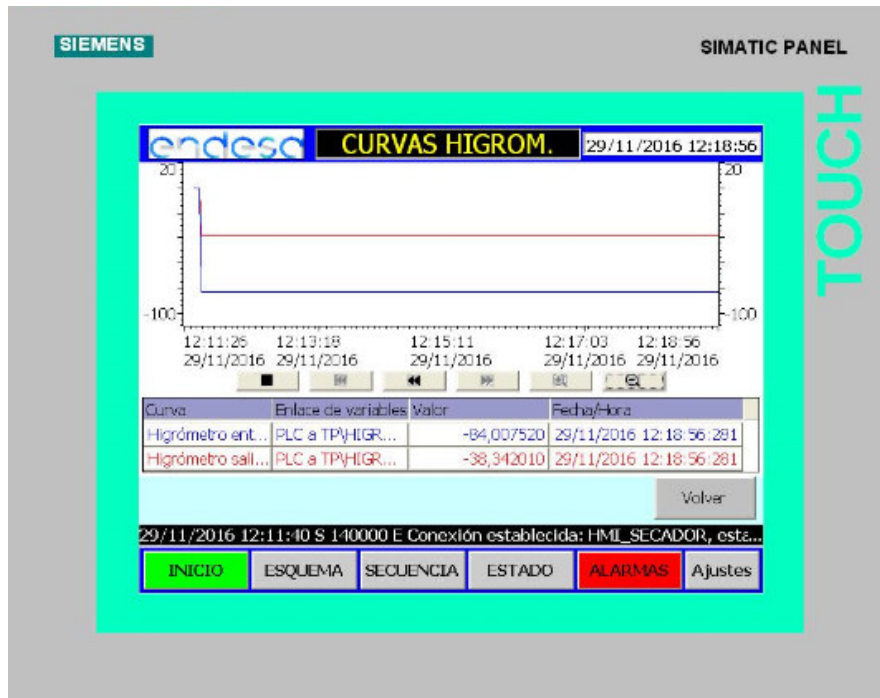


Ilustración 54: Pantalla curvas para los higrómetros de entrada y salida

La siguiente es la pantalla de alarmas. Es una de las pantallas más importantes para el funcionamiento y la seguridad de los secadores, puesto que permite comprobar si el secador está en alarma. Por política de empresa, configuramos tres estados en los que puede declararse la alarma.

ACT: Alarma activada, es decir aún no funciona correctamente el secador.

DACT: Alarma desactivada, es decir ya no está en alarma.

ACK: Alarma acusada, se utiliza para saber si los encargados de supervisar el correcto funcionamiento del secador acusaron la alarma con cierta rapidez.

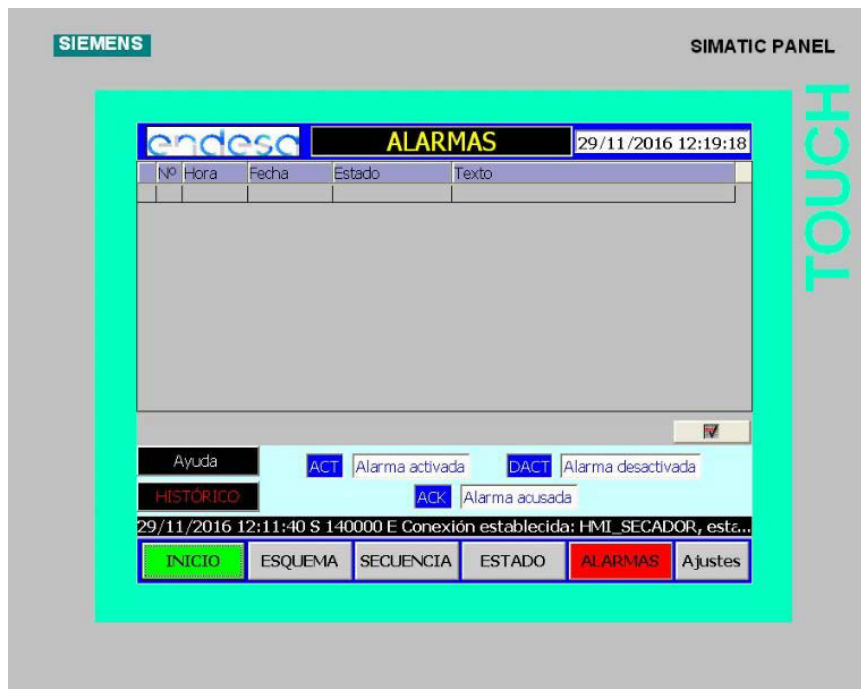


Ilustración 55: Pantalla alarmas actuales

Se añadió una pantalla de ayuda de alarmas para que cualquier operario, independientemente de su nivel de conocimiento de la unidad, sepa en qué consiste la alarma que se está produciendo en ese instante.

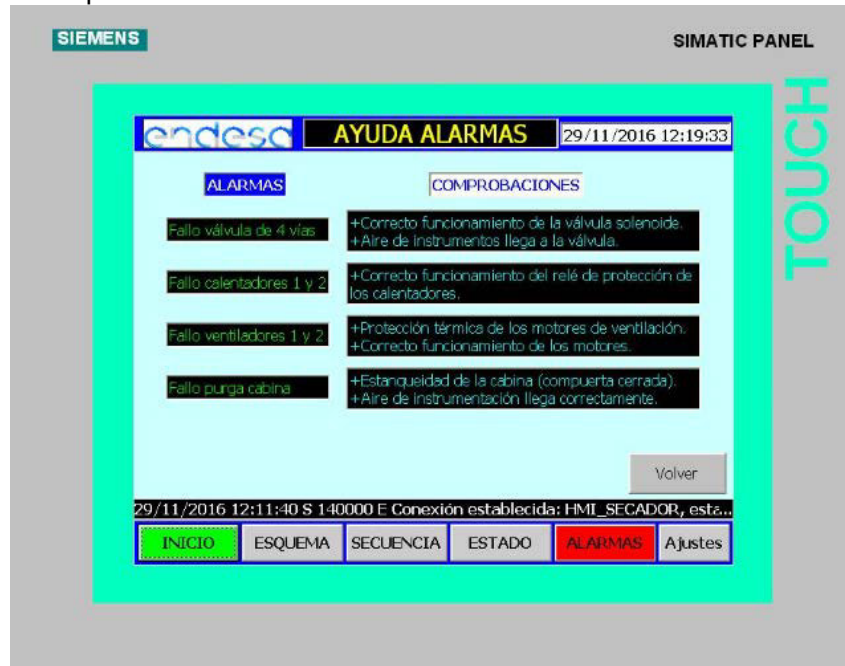


Ilustración 56: Pantalla de ayuda de alarmas

El histórico de alarmas nos muestra las alarmas que se han producido a lo largo del tiempo. En ella se puede comprobar el tipo de alarma que se produjo, la fecha y hora en que tuvo lugar y el estado, es decir si se actuó antes de que se eliminara la alarma.

Para configurar este histórico de alarmas se añadió una tarjeta de memoria CF en el slot 9 de la pantalla táctil. En dicha tarjeta se almacenará el histórico de alarmas.

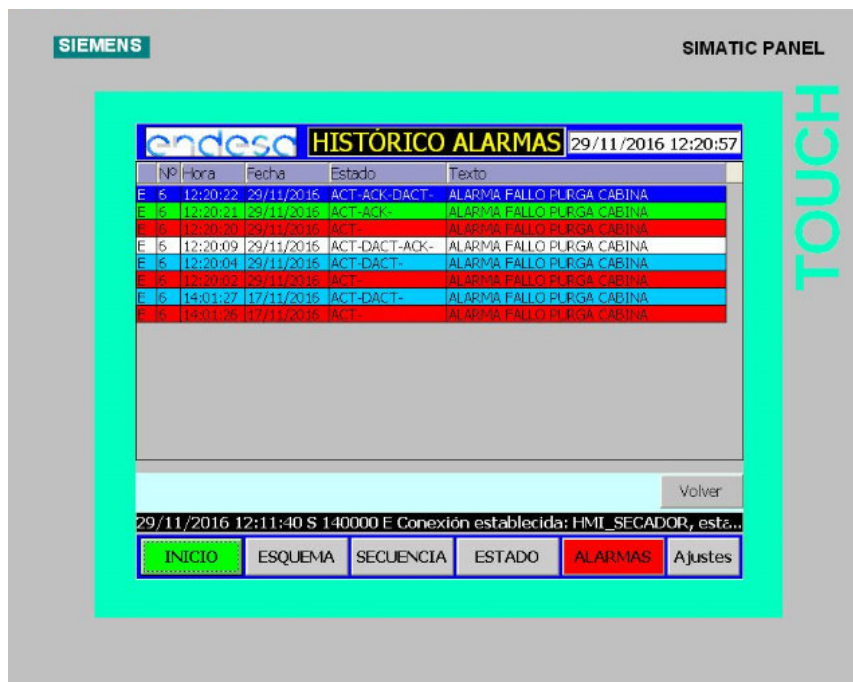


Ilustración 57: Pantalla del histórico de alarmas

La última es la pantalla de ajustes y calibración de la propia TP. En ella se puede ver las distintas licencias de usuario que hay configuradas para la pantalla.

El botón parar runtime detiene el tiempo de ejecución de WinCC y arranca de nuevo el PC, sin que se pare el servidor. El botón Panel de control nos lleva al panel de control de la TP. En esta TP a veces se descentra el puntero, por lo que añadimos la opción de calibrar la pantalla. Por otro lado, el botón de limpiar la pantalla permite desactivar la función táctil por un breve período de tiempo para poder limpiar la pantalla; esto es muy útil para recintos con suciedad como en los industriales. Además, se añadió la opción de regular la iluminación de la pantalla, para garantizar su correcta visualización independientemente de la intensidad de luz del recinto.

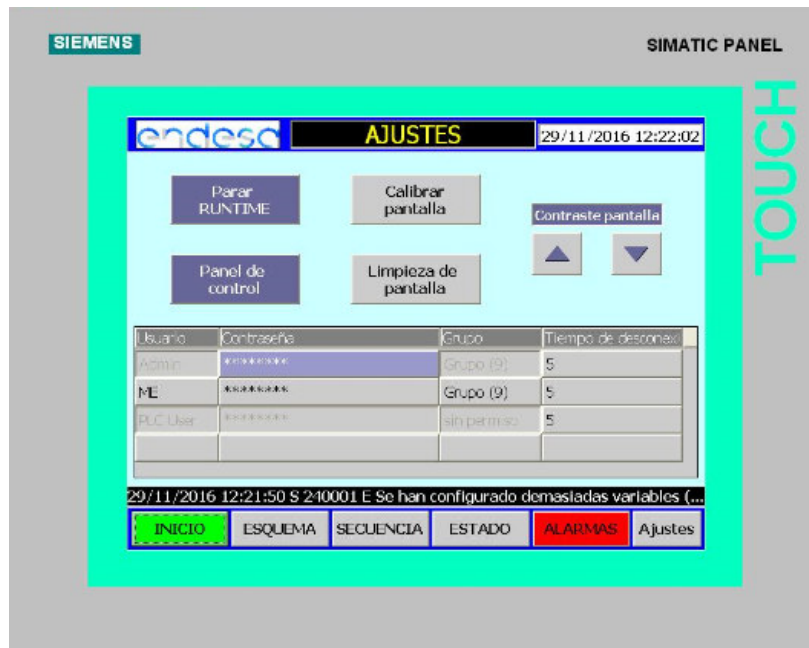


Ilustración 58: Pantalla ajustes pantalla TP

En todas las pantallas se configuraron para que se resalte claramente si una alarma se activa, independientemente de la pantalla en la que uno se encuentre en ese momento.



### 8.3 CONCLUSIONES

El proyecto surgió de la necesidad de realizar un sistema de visualización y de control más intuitivo que el actual, proporcionado por el propio proveedor del secador Lectrodryer BAC-50.

A nivel económico, no se produjo ningún gasto considerable, puesto que la empresa ya disponía de todos los elementos utilizados (PLC S-300, TP 270 de 10", PG de Siemens, los cables MPI e incluso las licencias de los softwares Step 7 y WinCC Flexible). Por este motivo, el proyecto fue completamente viable a nivel económico.

En cuanto a la adaptación de la automatización, tras la realización de simulaciones del proceso, mediante prueba y error, finalmente se consiguió realizar una automatización robusta.

Se probó la automatización en simulación durante un período de 7 días para comprobar el grado de desviación en su funcionamiento del sistema nuevo con respecto al original. Los resultados mostraron que la desviación del paso en el cual debería estar al final de ese tiempo fue prácticamente nula.

Se forzaron las señales de entrada en todas las posibilidades, con el objetivo de comprobar si las alarmas se activaban bajo las condiciones descritas en el proyecto, obteniendo resultados satisfactorios.

En cuanto al control mediante la pantalla táctil, se consiguió monitorizar el funcionamiento de forma clara y precisa. Así, el dispositivo permite conocer el funcionamiento del secador mediante una simple comprobación visual y sin necesidad de poseer conocimientos específicos. Además, si el secador está en alarma, se puede ver independientemente de la pantalla en la que uno se encuentre.

Por otro lado, se añadió un sistema de seguridad para el modo manual. Solamente los operarios con elevados conocimientos de la unidad y autorizados por la empresa pueden activar este modo. También se configuró para que el paso a cualquier otra pantalla solo pueda ser posible si previamente se cambia a modo automático. Incluso se impide que el secador se mantenga en el modo manual durante mucho tiempo.

No obstante, todavía no se ha implementado el autómatas y la pantalla táctil físicamente en los secadores de hidrógeno, de forma que solo fue posible realizar pruebas mediante simulación.

Para que el secador sea completamente automático se deberían cambiar algunos elementos auxiliares de medición del secador. Entre esos elementos, se podrían cambiar los manómetros por medidores de presión digitales para tener el valor en la pantalla táctil. Otro elemento a añadir sería un medidor de caudal con el que poder saber la cantidad de condensado extraída. Además se podrían cambiar las válvulas de control manuales por automáticas para configurarlas y que regularan el paso automáticamente en función de las necesidades del secador en cada instante.

De cara a futuros proyectos una idea de mejora es la de evitar la proximidad física a los secadores para realizar los mantenimientos semanales, de forma que todos los valores se puedan analizar desde la sala de control. Para ello deberemos configurar un programa de visualización en ordenador mediante el WinCC normal, de la misma manera que hicimos con la pantalla táctil. Después, se necesitaría un adaptador de cobre a fibra y de fibra a cobre para intentar llevar las señales a más de 500 metros de distancia, que es la que existe entre los secadores y la sala de control.



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER  
CURSO 2016/17**

---

**AUTOMATIZACIÓN, VISUALIZACIÓN Y CONTROL  
DE LOS SECADORES DE HIDRÓGENO PARA LA  
CTCC (AS PONTES)**

---

**Máster en Ingeniería Industrial**

**Documento**

**II. ANEXOS**



## Índice ANEXOS

9.	ANEXOS. INFORMACIÓN INICIAL .....	74
10.	ANEXO 1: PROGRAMACIÓN COMPLETA .....	75
10.1	INFORMACIÓN BASTIDORES .....	75
10.2	MODULO ORGANIZACIÓN .....	78
10.3	FUNCIÓN SEÑALES DE ENTRADA DIGITALES A MARCAS .....	80
10.4	FUNCIÓN MARCAS A SEÑALES DE SALIDA DIGITALES .....	83
10.5	FUNCIÓN SEÑALES DE ENTRADA ANALÓGICA A MARCAS. ESCALADO.....	85
10.6	FUNCIÓN PRINCIPAL DE FUNCIONAMIENTO.....	89
10.7	BLOQUE DE DATOS ALARMAS PLC A TP.....	104
10.8	BLOQUE DE DATOS SEÑALES TP A PLC .....	105
10.9	BLOQUE DE DATOS SEÑALES PLC A TP .....	105
11.	ANEXO 2. PANTALLAS NUEVO SISTEMA DE CONTROL.....	107

## **9. ANEXOS. INFORMACIÓN INICIAL**

Como datos iniciales a la hora de llevar a cabo el proyecto, se contó con los manuales de la unidad LECTRODRYER BAC-50. En dicho manual, se describe de forma clara y precisa el funcionamiento que debe llevar el autómatas programable para que funcione correctamente.

Toda la información del PLC y SCADA se sacaron de los manuales y especificaciones técnicas proporcionadas por el proveedor.

El número de señales de entrada, señales de salida y señales de alarmas se pueden obtener mediante el análisis del diagrama de cableado de la unidad. Por seguridad, se mantendrán las alarmas que existían en el actual secador de hidrógeno.

Para la configuración de la SCADA, se contó con las indicaciones de los trabajadores de la central. Con su ayuda, se configuró un sistema de control local de manejo sencillo.

## 10. ANEXO 1: PROGRAMACIÓN COMPLETA

### 10.1 INFORMACIÓN BASTIDORES

Físicamente, los componentes del PLC se han mostrado en la memoria, en este apartado se pueden ver los “slots” o posición que ocupan.

#### **SIMATIC 300(1)**

##### **UR - Bastidor (0)**

Nombre abreviado: UR  
Referencia: 6ES7 390-1???0-0AA0  
Denominación: UR

##### **Bastidor (0), Slot 1**

Nombre abreviado: PS 307 5A  
Referencia: 6ES7 307-1EA00-0AA0  
Denominación: PS 307 5A  
Ancho: 1

##### **Bastidor (0), Slot 2**

Nombre abreviado: CPU 315-2 DP  
Versión de firmware: V2.6  
Referencia: 6ES7 315-2AG10-0AB0  
Denominación: CPU 315-2 DP  
Ancho: 1  
Dirección MPI: 2  
Dirección MPI más alta: 31  
Velocidad de transferencia: 187.5 kbit/s  
Actualización HW necesaria: CPU 315-2 DP V2.6

##### **Bastidor (0), Slot 2, Interface X2**

Nombre abreviado: DP  
Denominación: DP  
Ancho: 1  
Dirección PROFIBUS: 2  
Entradas  
    Inicio: 2047  
    Fin: 2047  
Tipo de sincronización: Sin  
Intervalo: Sin

Actualización HW necesaria: CPU 315-2 DP V2.6

#### **Bastidor (0), Slot 4**

Nombre abreviado: CP 343-1  
Referencia: 6GK7 343-1EX11-0XE0  
Denominación: CP 343-1  
Equipo: SIMATIC 300(1)  
Ancho: 1  
Dirección MPI: 3  
Nombre de red MPI: MPI(1)  
Tipo de red: Ethernet Industrial

Entradas

Inicio: 256  
Fin: 16

Salidas

Inicio: 256  
Fin: 16

#### **Bastidor (0), Slot 5**

Nombre abreviado: CP 341-RS232C  
Referencia: 6ES7 341-1AH01-0AE0  
Denominación: CP 341-RS232C  
Ancho: 1

Entradas

Inicio: 272  
Fin: 287

Salidas

Inicio: 272  
Fin: 287

#### **Bastidor (0), Slot 6**

Nombre abreviado: AO4x12Bit  
Referencia: 6ES7 332-5HD01-0AB0  
Denominación: AO4x12Bit  
Canales analógicos: 4 Salidas  
Ancho: 1

Salidas

Inicio: 100  
Fin: 107

**Bastidor (0), Slot 7**

Nombre abreviado: AI8x13Bit  
Referencia: 6ES7 331-1KF01-0AB0  
Denominación: AI8x13Bit  
Canales analógicos: 8 Entradas  
Ancho: 1

Entradas

Inicio: 100  
Fin: 115

**Bastidor (0), Slot 8**

Nombre abreviado: DI32xDC24V  
Referencia: 6ES7 321-1BL00-0AA0  
Denominación: DI32xDC24V  
Canales digitales: 32 Entradas  
Ancho: 1

Entradas

Inicio: 0  
Fin: 3

**Bastidor (0), Slot 9**

Nombre abreviado: DO32xDC24V/0.5<sup>a</sup>  
Referencia: 6ES7 322-1BL00-0AA0  
Denominación: DO32xDC24V/0.5A  
Canales digitales: 32 Salidas  
Ancho: 1

Salidas

Inicio: 0  
Fin: 3

## 10.2 MODULO ORGANIZACIÓN

El OB1 es un bloque que será leído en cada ciclo. Él es el encargado de llamar al resto de funciones necesarias para el funcionamiento del secador.

### OB1 - <offline>

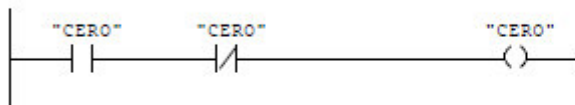
```

""
Nombre:                      Familia:
Autor:                        Versión: 0.1
                               Versión del bloque: 2
Hora y fecha Código:         17/11/2016 12:27:25
                               Interface: 15/02/1996 16:51:12
Longitud (bloque / código / datos): 00254 00126 00022
    
```

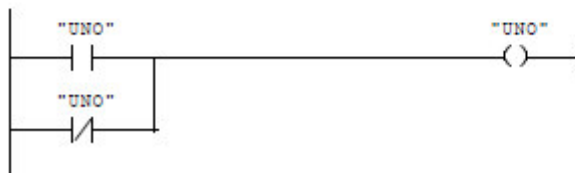
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

Bloque: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

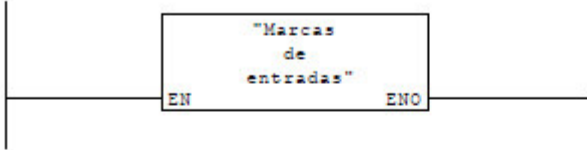
Segm.: 1 Marca siempre a cero



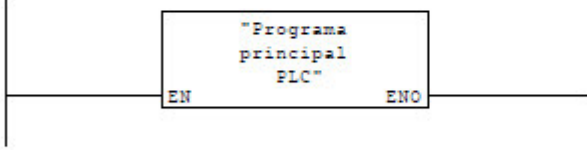
Segm.: 2 Marca siempre a uno



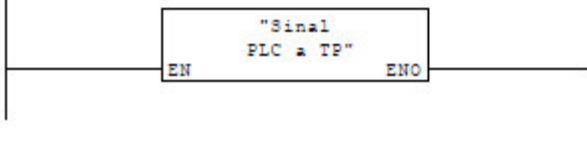
**Segm.: 3 Entradas PLC**



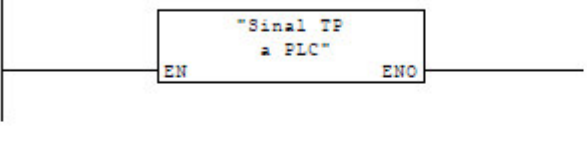
**Segm.: 4 Programa principal secador de hidrógeno**



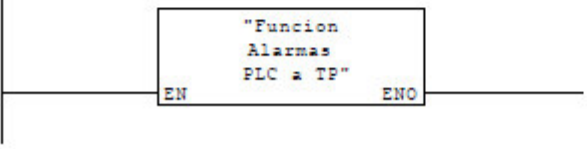
**Segm.: 5 Transferencia de senales de PLC a TP**



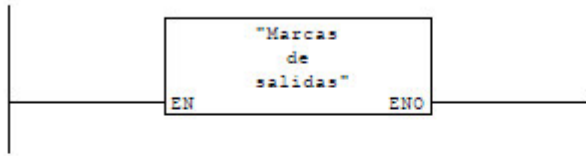
**Segm.: 6 Transferencia de senales de TP a PLC**



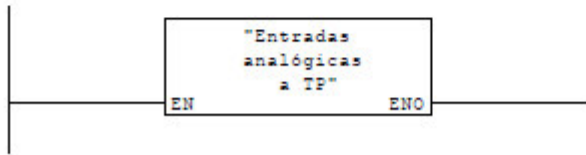
**Segm.: 7 Transferencia de alarmas de PLC a TP**



Segm.: 8 Salidas PLC



Segm.: 9 Entradas analógicas a TP



### 10.3 FUNCIÓN SEÑALES DE ENTRADA DIGITALES A MARCAS

Señales de entrada analógicas (SECADOR-PLC)				
NOMBRE	Dirección	Tipo	Comentario	
<b>Interruptor OFF / RUN</b>	E 0.0	BOOL	Selector OFF_RUN	
<b>ZS-3</b>	E 0.1	BOOL	Interruptor Adsorción Torre1 ZS3	
<b>ZS-4</b>	E 0.2	BOOL	Interruptor Adsorción Torre1 ZS3	
<b>Marcha Motor1</b>	E 0.3	BOOL	Contacto marcha motor ventilador 1	
<b>Marcha Motor2</b>	E 0.4	BOOL	Contacto marcha motor ventilador 2	
<b>Marcha Calentador1</b>	E 0.5	BOOL	Contacto marcha calentador 1	
<b>Marcha Calentador2</b>	E 0.6	BOOL	Contacto marcha calentador 2	
<b>Rele Protec Calentadores</b>	E 0.7	BOOL	Relé de protección de calentadores	
<b>Interruptor Purga</b>	E 1.0	BOOL	Purga C-Box (Dif. Presion)	



**FC1 - <offline>**

"Marcas de entradas"      Asignamos una marca para cada entrada  
**Nombre:**                      **Familia:**  
**Autor:**                        **Versión:** 0.1  
                                       **Versión del bloque:** 2  
**Hora y fecha Código:**      02/11/2016 13:37:03  
                                       **Interface:**      05/10/2016 10:14:35  
**Longitud (bloque / código / datos):** 00146 00038 00000

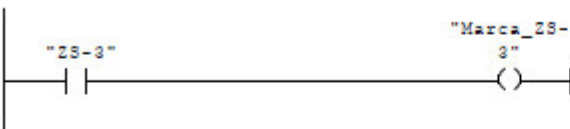
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

**Bloque: FC1 Marcas de señales de entrada**  
 Definimos una marca para cada entrada

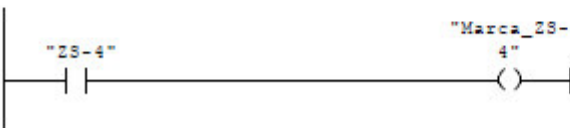
**Segm.: 1      Marca\_Int OFF/RUN**



**Segm.: 2      Marca Interruptor Adsorción Torre1 233**



**Segm.: 3      Marca Interruptor Adsorción Torre2 234**



Segm.: 4 Marca Contacto marcha motor 1



Segm.: 5 Marca Contacto marcha motor 2



Segm.: 6 Marca Contacto marcha calentador 1



Segm.: 7 Marca Contacto marcha calentador 2



Segm.: 8 Marca Rele de proteccion de calentadores por sobrecorriente



Segm.: 9 Marca Purga C-Box (Dif. Presion)



## 10.4 FUNCIÓN MARCAS A SEÑALES DE SALIDA DIGITALES

Señales de salida digitales (PLC-SECADOR)				
NOMBRE	Dirección	Tipo	Comentario	
S-1 Adsorbiendo Torre1	A 0.0	BOOL	Torre 1 adsorbiendo	
S-2 Adsorbiendo Torre2	A 0.1	BOOL	Torre 2 adsorbiendo	
Calentador Torre1	A 0.2	BOOL	Torre 1 calentando	
Calentador Torre2	A 0.3	BOOL	Torre 2 calentando	
Luz Alarma comun	A 0.4	BOOL	Luz de alarma común	
Rele Alarma comun	A 0.5	BOOL	Relé de alarma común	

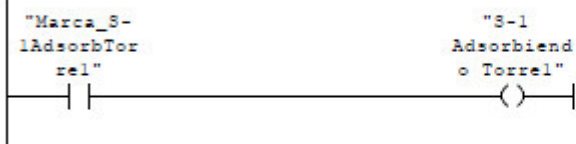
```

FC2 - <offline>
"Marcas de salidas"      Asignamos una marca para cada salida
Nombre:                  Familia:
Autor:                   Versión: 0.1
                          Versión del bloque: 2
Hora y fecha Código:    06/10/2016 07:27:29
                          Interface: 05/10/2016 11:20:24
Longitud (bloque / código / datos): 00128 00026 00000
    
```

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Bloque: FC2 Marcas de salidas  
Asignamos una marca para cada salida

Segm.: 1 Marca Torre 1 adsorbiendo



Segm.: 2 Marca Torre 1 adsorbiendo



Segm.: 3 Marca torre 1 calentando



Segm.: 4 Marca torre 2 calentando



Segm.: 5 Marca de luz de alarma comun



Segm.: 6      Marca de Rele de alarma comun



## 10.5 FUNCIÓN SEÑALES DE ENTRADA ANALÓGICA A MARCAS. ESCALADO

Señales de entrada analógicas (SECADOR-PLC)			
NOMBRE	Dirección	Tipo	Comentario
Temperatura Torre 1	PEW 100	ENTERO	Temperatura lecho de la torre 1
Temperatura Torre 2	PEW 102	ENTERO	Temperatura lecho de la torre 1
Higrómetro entra	PEW 104	ENTERO	Indicador higrómetro opcional entrada
Higrómetro sale	PEW 106	ENTERO	Indicador higrómetro opcional salida

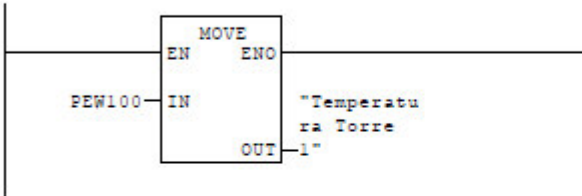
```

FC3 - <offline>
"Entradas analógicas a TP"      Tratamiento de entradas analógicas
Nombre:                            Familia:
Autor:                              Versión: 0.1
                                    Versión del bloque: 2
Hora y fecha Código:            14/11/2016 09:01:26
                                    Interface:      07/10/2016 14:00:31
Longitud (bloque / código / datos): 00460 00346 00010
    
```

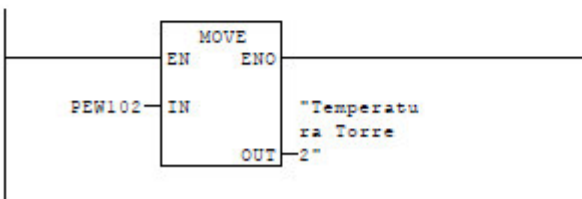
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

**Bloque: FC3 Escalado de entradas analógicas**

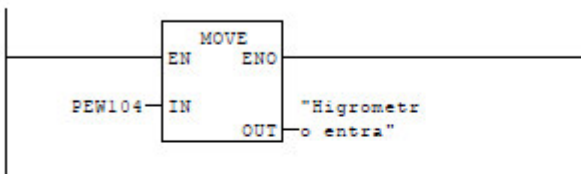
**Segm.: 1 Mover la entrada analógica de temperatura 1 a marca**



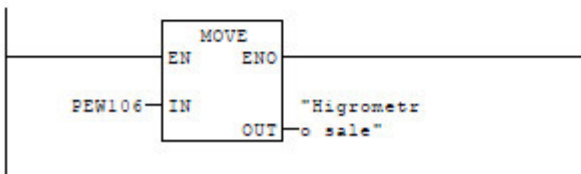
**Segm.: 2 Mover la entrada analógica de temperatura 2 a marca**



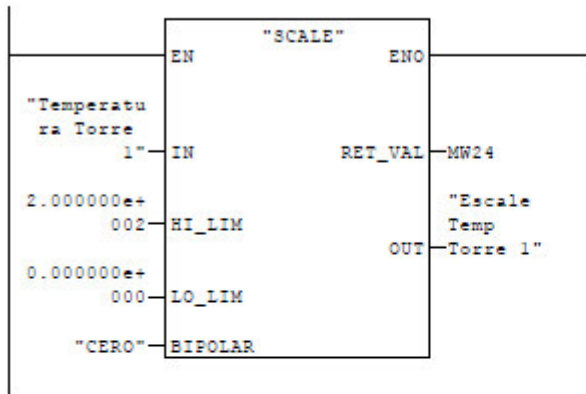
**Segm.: 3 Mover la entrada analógica de higrometro entrada a marca**



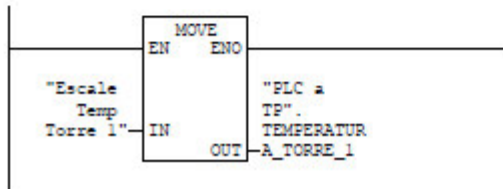
**Segm.: 4 Mover la entrada analógica de higrometro salida a marca**



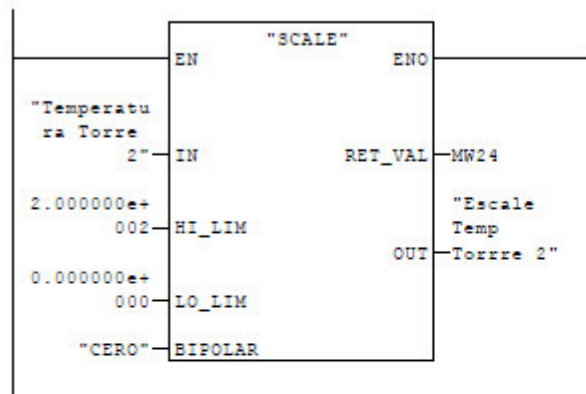
Segm.: 5 Escalado temperatura torre 1



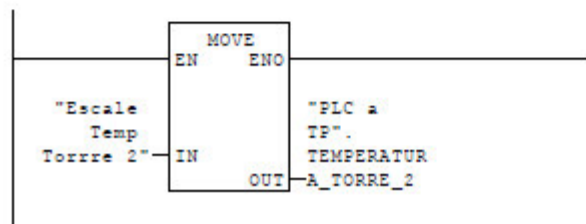
Segm.: 6 Mover temperatura a DB3



Segm.: 7 Escalado temperatura torre 2

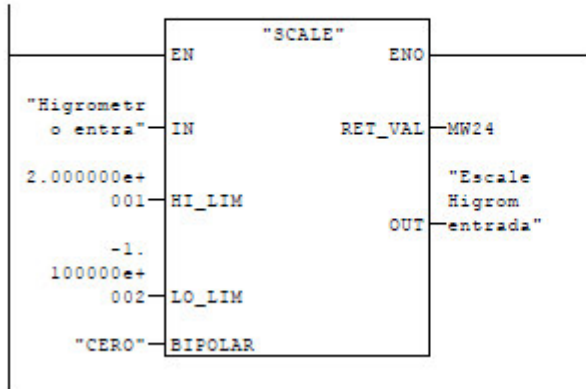


Segm.: 8 Mover valor de temperatura torre 2 a DB3

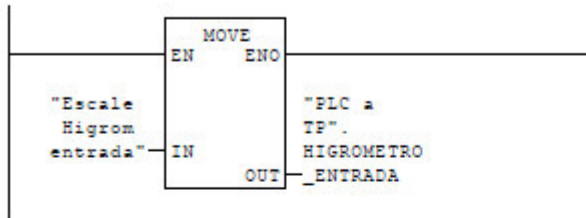




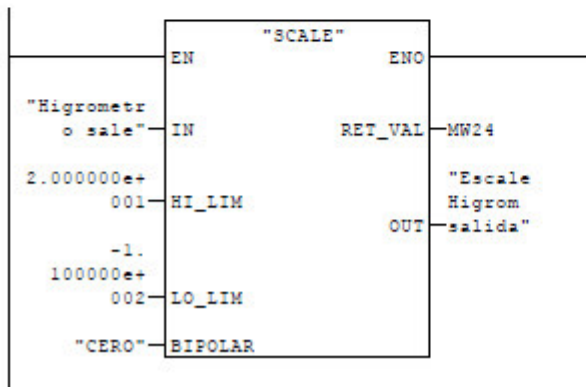
**Segm.: 9 Escalado medidor de humedad entrada**



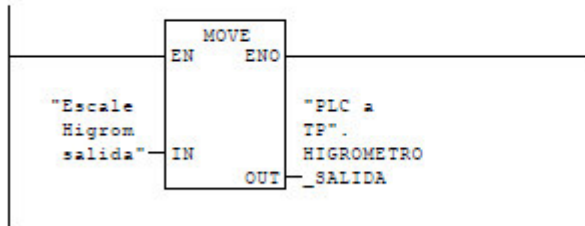
**Segm.: 10 Mover escalado de humedad a DB**



**Segm.: 11 Escalado medidor humedad salida**



Segm.: 12 Mover escalado de humedad a DB



## 10.6 FUNCIÓN PRINCIPAL DE FUNCIONAMIENTO

En este apartado, se desglosa el funcionamiento principal del secador. Se adaptó la automatización del PLC Allan Bradley de serie del secador al PLC S7-300 utilizado en la central de ciclo combinado.

### FC4 - <offline>

"Programa principal PLC"

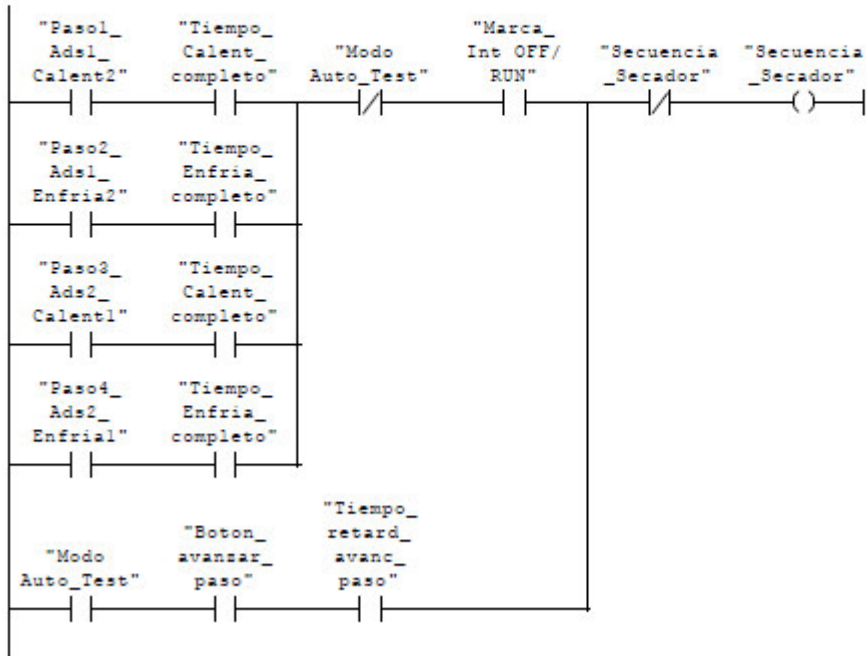
```

Nombre:          Familia:
Autor:           Versión: 0.1
                 Versión del bloque: 2
Hora y fecha Código: 10/11/2016 13:22:29
                 Interface: 11/10/2016 12:24:29
Longitud (bloque / código / datos): 01086 00890 00000
    
```

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

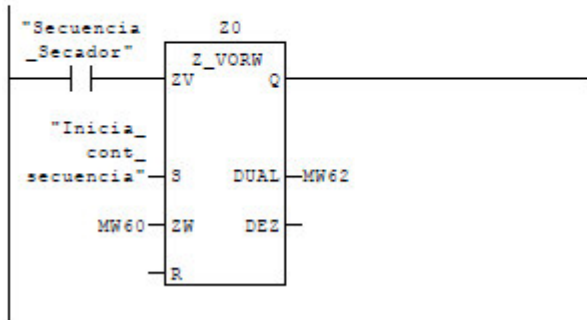
**Bloque: FC4 Programa principal PLC. SECADOR DE HIDRÓGENO**

**Segm.: 1 Secuencia principal del secador**

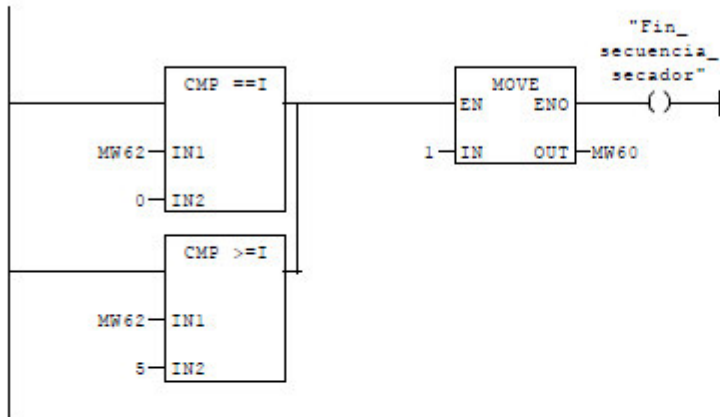


**Segm.: 2 Secuencia de funcionamiento del secador habilitada**

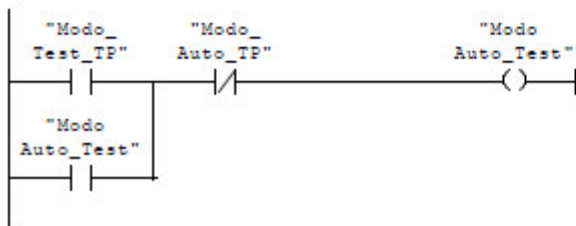
El paso en el que se encuentra el secador es almacenado en MW62 (paso 1, 2, 3 y 4). El inicio de la secuencia viene dada por MW60 (paso 1)



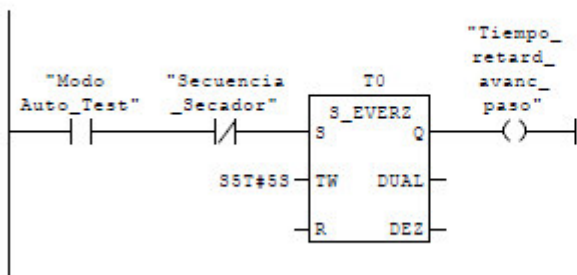
**Segm.: 3 Finalizado de la secuencia del secador**  
 El secador sólo puede estar entre los pasos 1 y 4. Una vez acabada la secuencia volvemos al paso 1 MW60



**Segm.: 4 Selección modo automático o modo test (manual)**  
 Normalmente funciona en modo automático (Entrada OFF = automatico; Entrada ON = manual).

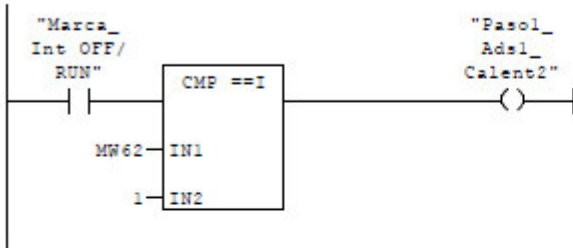


**Segm.: 5 Retraso del boton paso (push to step) de 5 segundos**



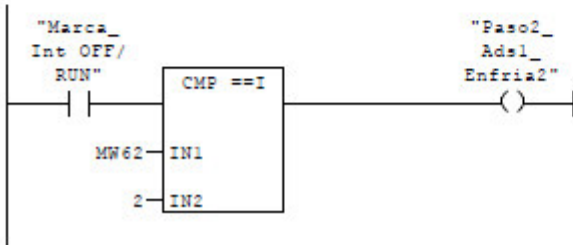
Segm.: 6 Paso 1. Torre 1 Adsorbiendo y Torre 2 Calentando

Comparamos si estamos en el paso 1

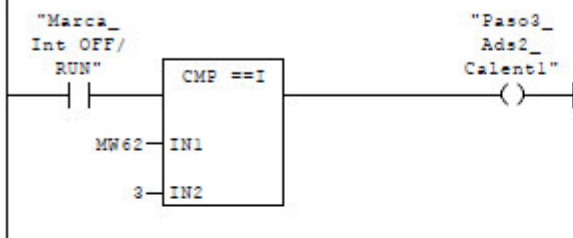


Segm.: 7 Paso 2. Torre 1 Adsorbiendo y Torre 2 Enfriando

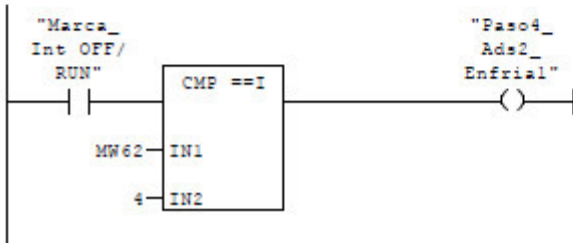
Comparamos si estamos en el paso 2



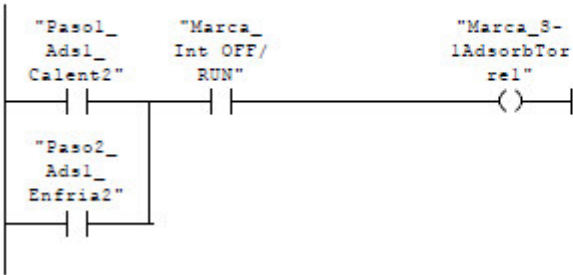
Segm.: 8 Paso 3. Torre 1 Calentando y Torre 2 Adsorbiendo



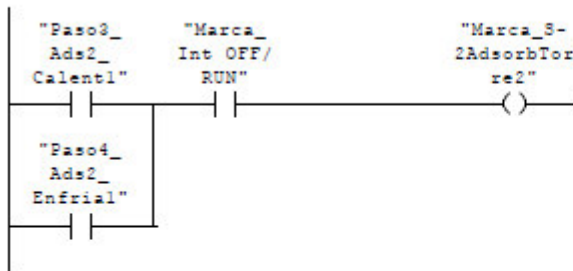
Segm.: 9 Paso 4. Torre 1 Enfriando y Torre 2 Adsorbiendo



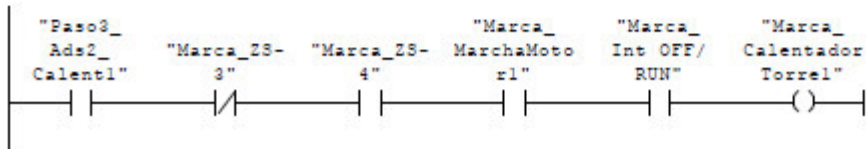
**Segm.: 10 Torre 1 (S-1)Adsorbiendo**



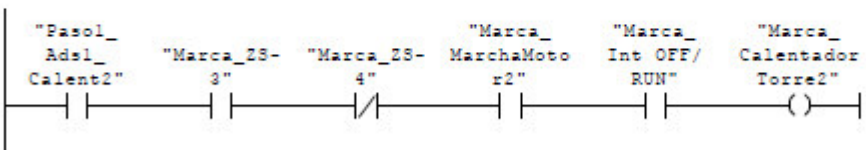
**Segm.: 11 Torre 2 (S-2)Adsorbiendo**



**Segm.: 12 Torrel Calentador**



**Segm.: 13 Torre 2 Calentador**



**Segm.: 14 Time base 1 segundo**

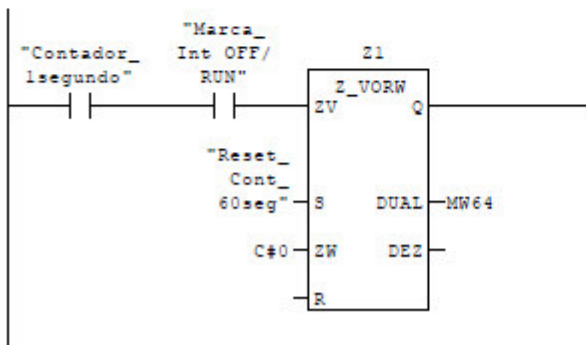
Retardo de 1 segundo



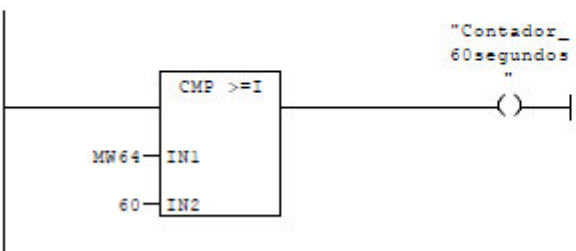
**Segm.: 15      Reset contador 60 segundos**



**Segm.: 16      Contador de segundos. Almacenamiento en MW64**  
**Se guarda en MW64 los segundos de funcionamiento**

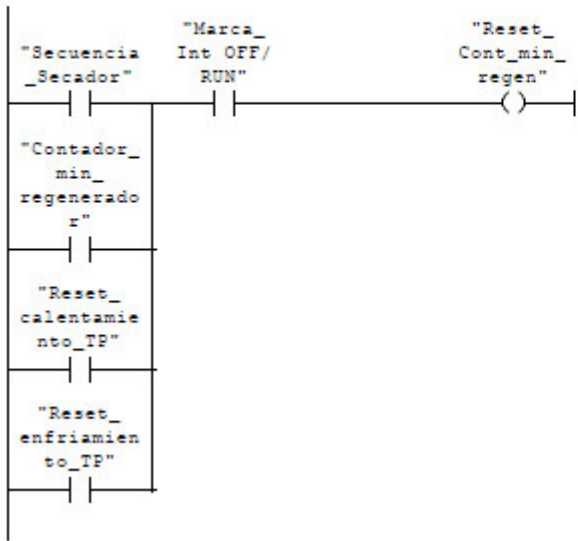


**Segm.: 17      Time base 60 segundos**  
**Comparacion MW4 si es mayor o igual a 60 segundos, si es asi se activa el contador de 60 segundos**

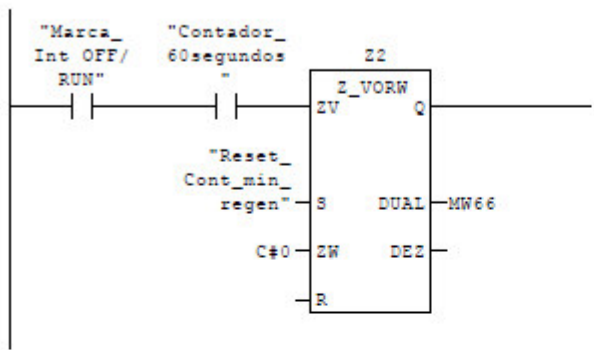




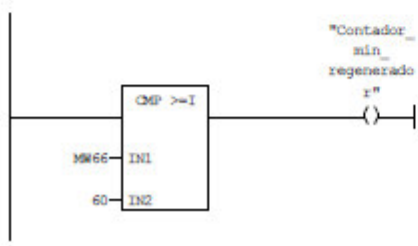
**Segm.: 18      Reset del contador de minutos de regeneración**



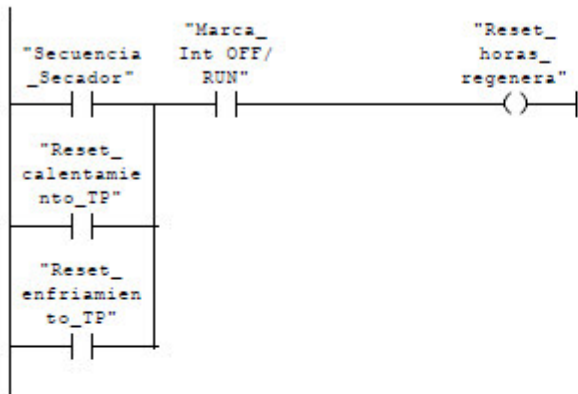
**Segm.: 19      Contador de los minutos de regeneración del secador**



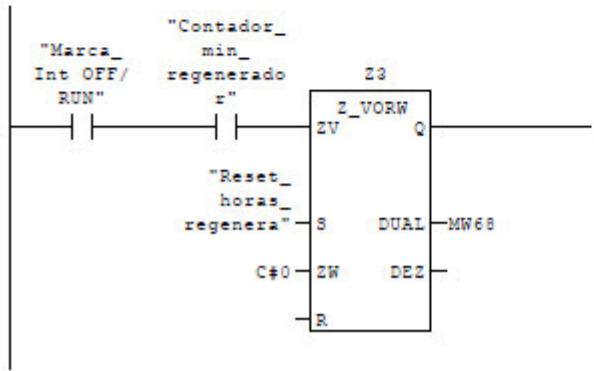
**Segm.: 20      Contador minutos regeneracion**



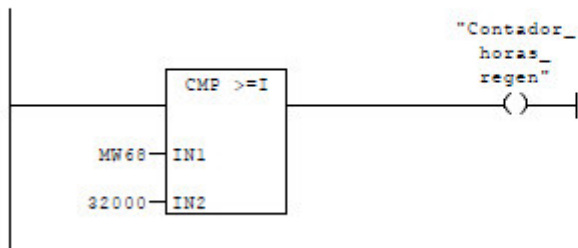
**Segm.: 21      Reset horas de regeneracion**



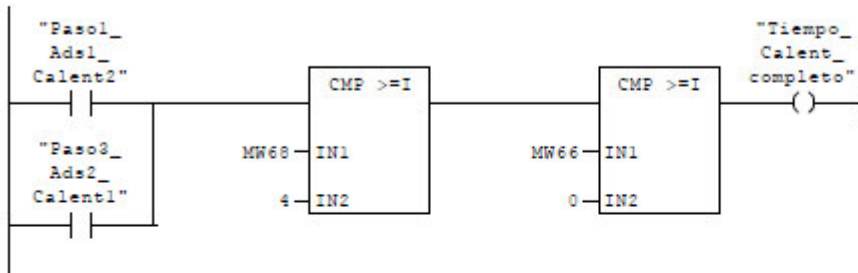
**Segm.: 22      Contador de horas**



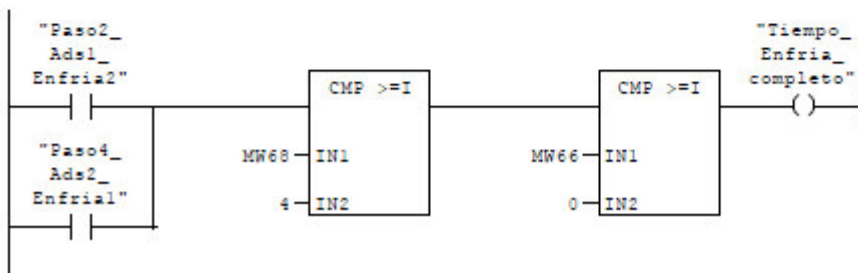
**Segm.: 23      Contador de horas de regeneración**



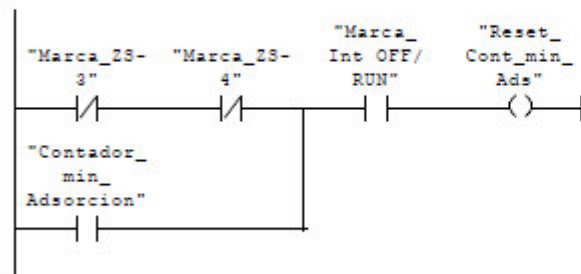
**Segm.: 24      Tiempo de calentamiento completado**



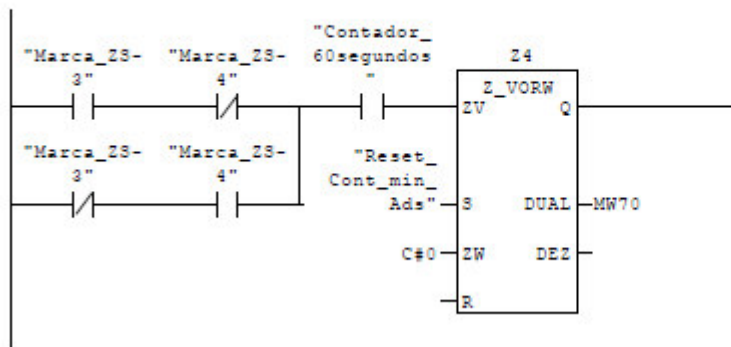
**Segm.: 25      Tiempo de enfriamiento completado**



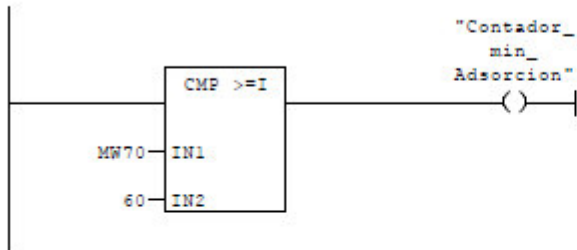
**Segm.: 26      Reset contador minutos de adsorción**



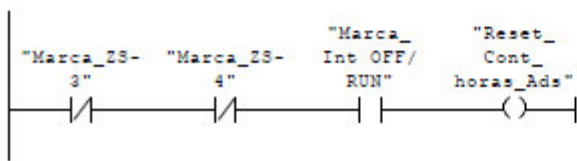
**Segm.: 27      Contador de minutos de adsorción en MW70**



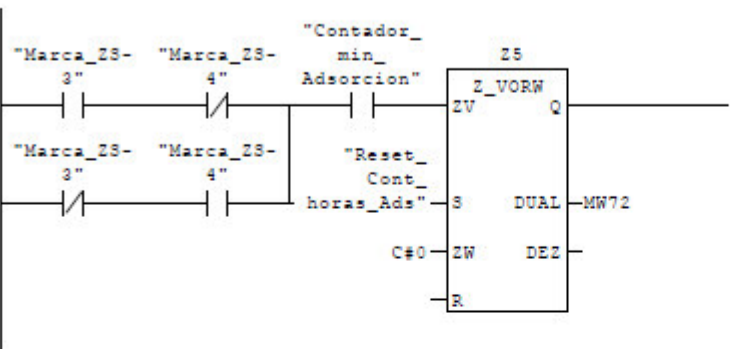
**Segm.: 28 Contador de minutos de Adsorción**



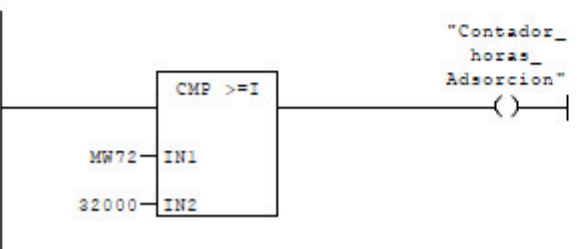
**Segm.: 29 Reset contador horas de adsorción**



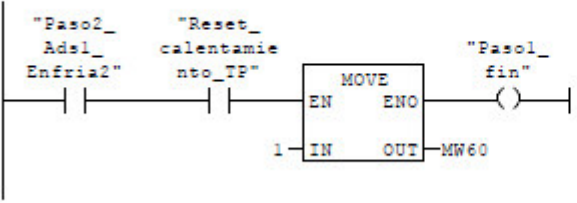
**Segm.: 30**



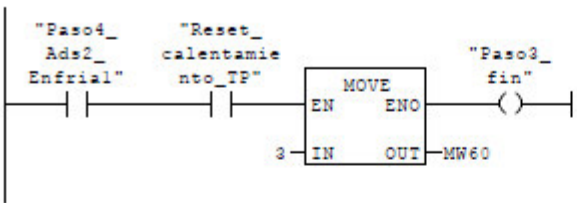
**Segm.: 31 Contador de horas de adsorción**



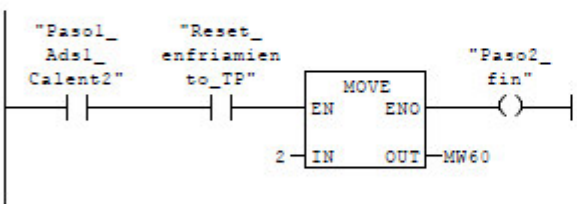
**Segn.: 32      Secuencia del secador. Paso 1**



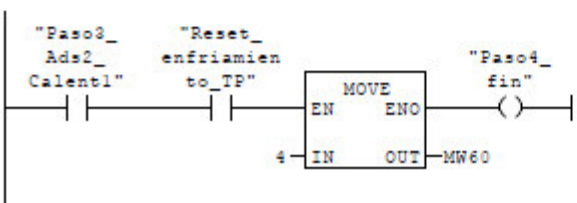
**Segn.: 33      Secuencia del secador. Paso 3**



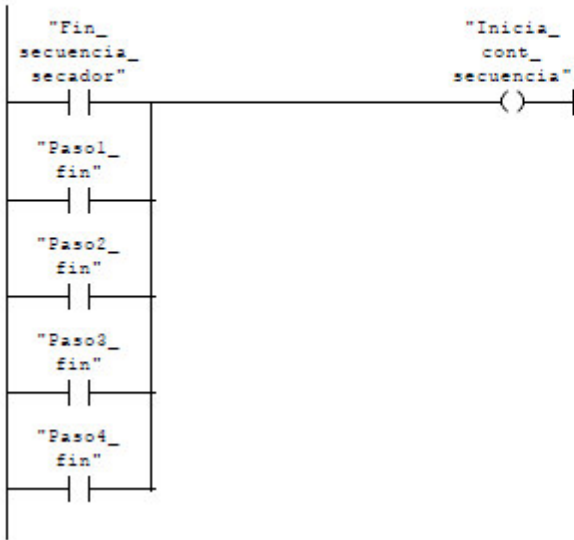
**Segn.: 34      Secuencia del secador. Paso 2**



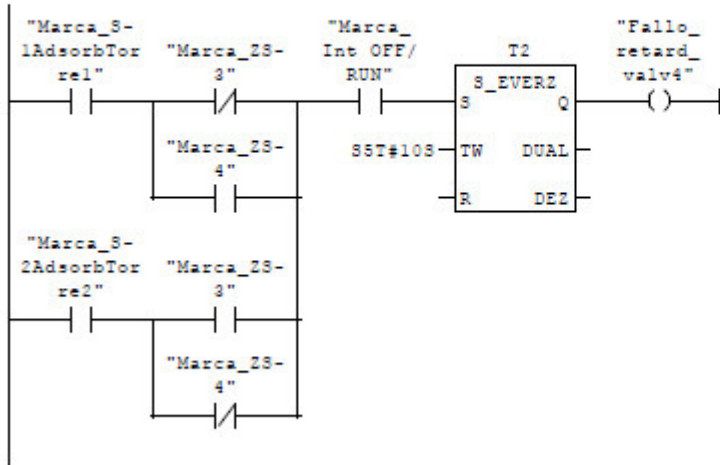
**Segn.: 35      Secuencia del secador. Paso 4**



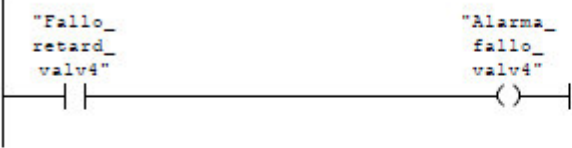
Segm.: 36 Inicializa el contador de secuencia  
 Vuelve a empezar el ciclo



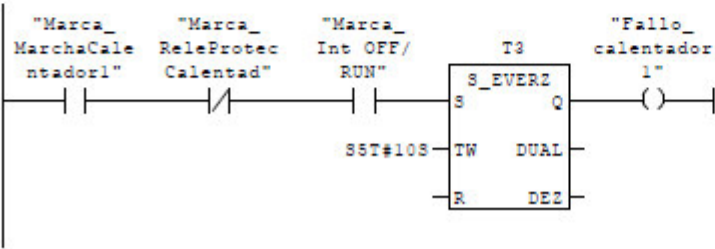
Segm.: 37 Fallo en la temporización de la válvula de 4 vías  
 Fallo en el temporizador de la alternancia de la válvula de 4 vías



Segm.: 38      Fallo válvula de 4 vías  
 Se enciende la alarma de fallo de la válvula de 4 vías



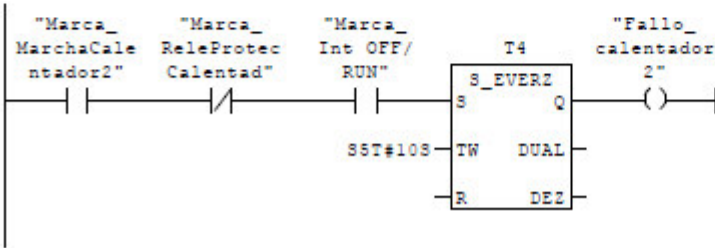
Segm.: 39      Retardo de fallo del Calentador 1



Segm.: 40      Alarma Fallo calentador 1



Segm.: 41      Retardo de fallo del Calentador 2

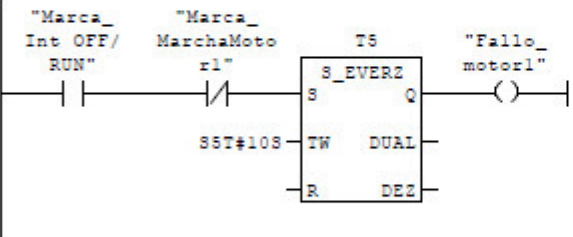




Segm.: 42 Alarma Fallo calentador 2



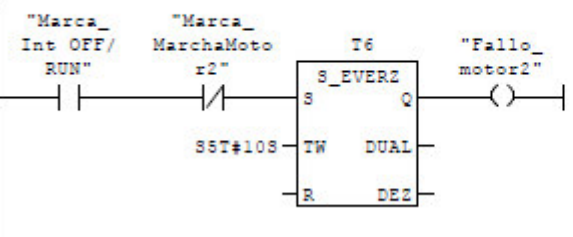
Segm.: 43 Retardo de fallo del Motor 1



Segm.: 44 Alarma Fallo motor 1



Segm.: 45 Retardo de fallo del Motor 2



Segm.: 46 Alarma Fallo motor 2

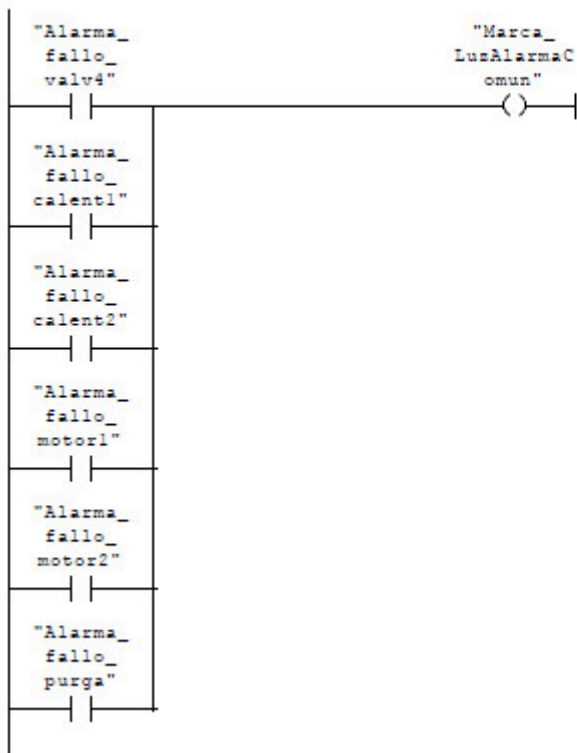


Segm.: 47 Alarma purga cabina



Segm.: 48 Alarma común

Se enciende cuando se enciende cualquier alarma anterior



Segm.: 49 Relé de alarma común



## 10.7 BLOQUE DE DATOS ALARMAS PLC A TP

Alarmas secador		
NOMBRE	TIPO	COMENTARIO
Alarma_fallo_valv4	BOOL	Fallo de sincronización en las válvulas de 4 vías
Alarma_fallo_calent1	BOOL	Fallo en el funcionamiento del calentador del adsorbente en la torre 1
Alarma_fallo_calent2	BOOL	Fallo en el funcionamiento del calentador del adsorbente en la torre 2
Alarma_fallo_motor1	BOOL	Fallo en el motor del ventilador de la torre 1
Alarma_fallo_motor2	BOOL	Fallo en el motor del ventilador de la torre 2
Alarma_fallo_purga	BOOL	Fallo en la estanqueidad y presión de la caja de control

### DB1 - <offline> - Datos

"Alarmas PLC a TP"

DB de datos globales 1

Nombre: Familia:  
 Autor: Versión: 0.1  
 Versión del bloque: 2

Hora y fecha Código: 17/10/2016 10:28:58

Interface: 17/10/2016 10:28:58

Longitud (bloque / código / datos): 00102 00002 00000

Bloque: DB1

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Valor actual	Comentario
0.0	ALARMA VALV 4 VIAS	BOOL	FALSE	FALSE	Alarma de fallo de alternancia de la válvula de 4 vías
0.1	ALARMA CALENTADOR 1	BOOL	FALSE	FALSE	Alarma de fallo del calentador 1
0.2	ALARMA CALENTADOR 2	BOOL	FALSE	FALSE	Alarma de fallo del calentador 2
0.3	ALARMA MOTOR 1	BOOL	FALSE	FALSE	Alarma de fallo del motor 1
0.4	ALARMA MOTOR 2	BOOL	FALSE	FALSE	Alarma de fallo del motor 2
0.5	ALARMA PURGA	BOOL	FALSE	FALSE	Alarma de fallo de purga de la C-Box (caja de control)

## 10.8 BLOQUE DE DATOS SEÑALES TP A PLC

### DB2 - <offline> - Datos

"TP a PLC"

DB de datos globales 2

Nombre: Familia:  
 Autor: Versión: 0.1  
 Versión del bloque: 2

Hora y fecha Código: 17/11/2016 12:18:42  
 Interface: 17/11/2016 12:18:42

Longitud (bloque / código / datos): 00100 00002 00000

Bloque: DB2

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Valor actual	Comentario
0.0	BOTON AVANCE PASO	BOOL	FALSE	FALSE	Botón paso a paso desde TP
0.1	BOTON MODO TEST	BOOL	FALSE	FALSE	Botón modo test desde TP
0.2	BOTON MODO AUTO	BOOL	FALSE	FALSE	Botón modo auto desde TP
0.3	BOTON RESET ENFRIA	BOOL	FALSE	FALSE	Botón de reset del enfriamiento desde TP
0.4	BOTON RESET CALIENTA	BOOL	FALSE	FALSE	Botón de reset del calentamiento desde TP

## 10.9 BLOQUE DE DATOS SEÑALES PLC A TP

### DB3 - <offline> - Datos

"PLC a TP"

DB de datos globales 3

Nombre: Familia:  
 Autor: Versión: 0.1  
 Versión del bloque: 2

Hora y fecha Código: 10/11/2016 13:20:58  
 Interface: 10/11/2016 13:20:58

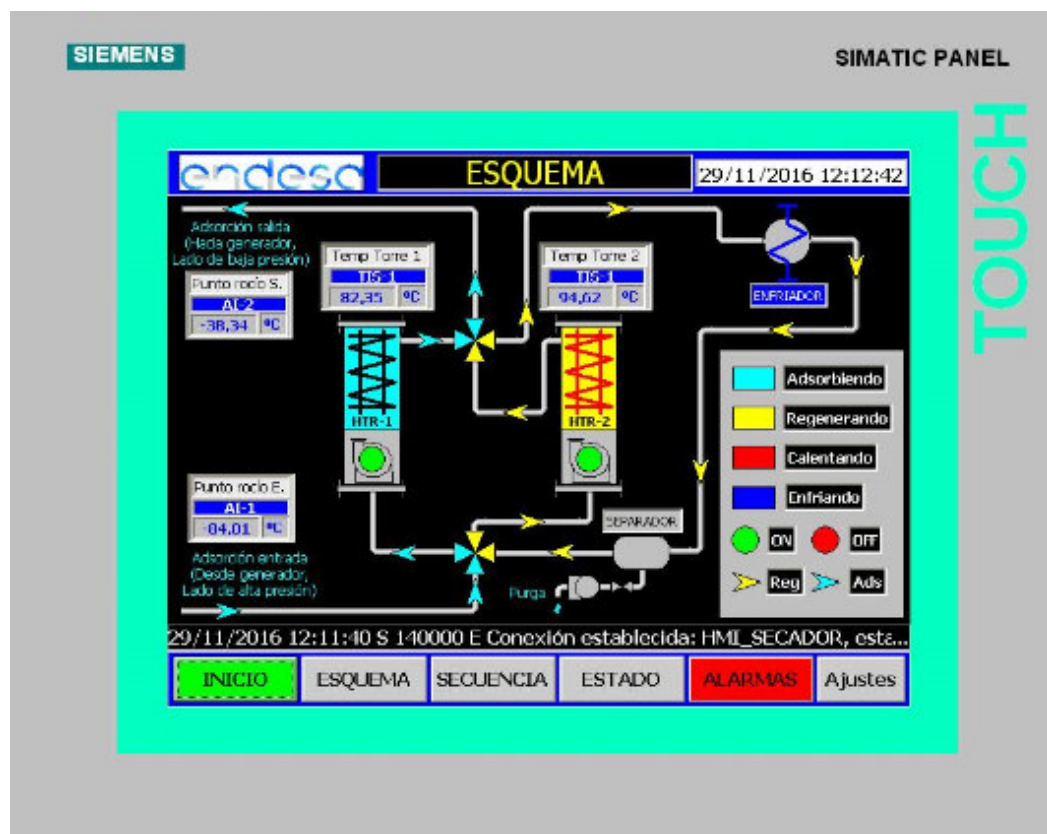
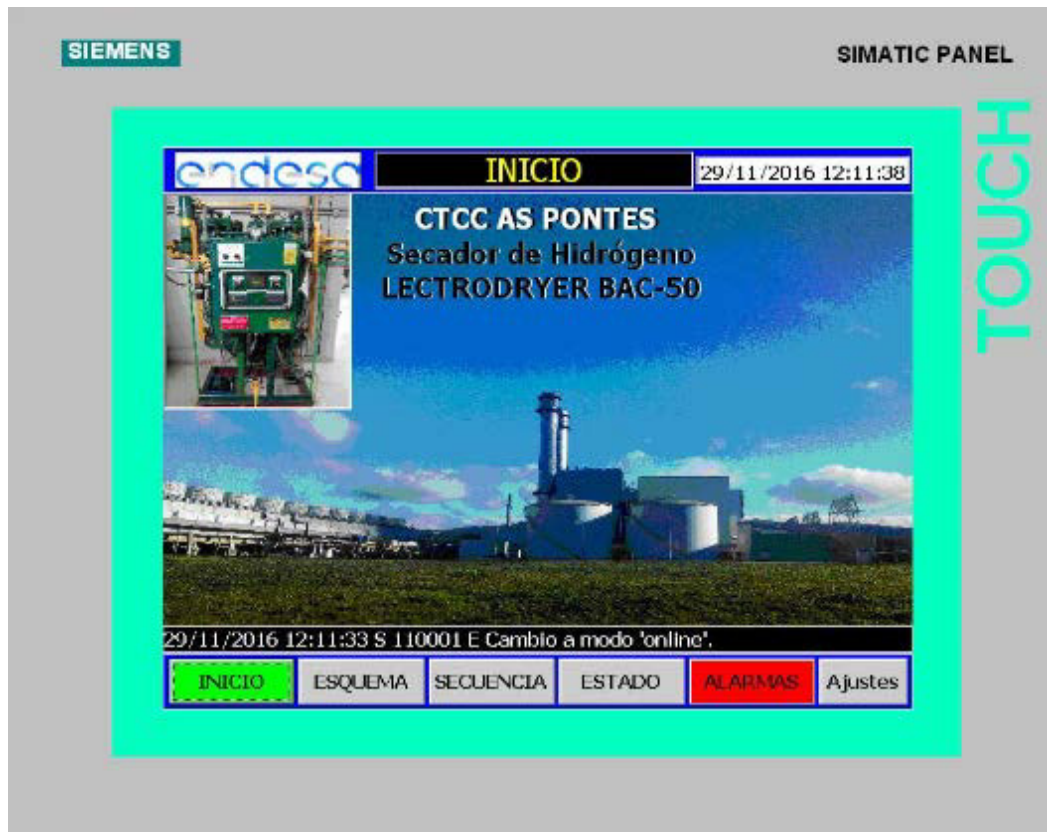
Longitud (bloque / código / datos): 00214 00046 00000

Bloque: DB3

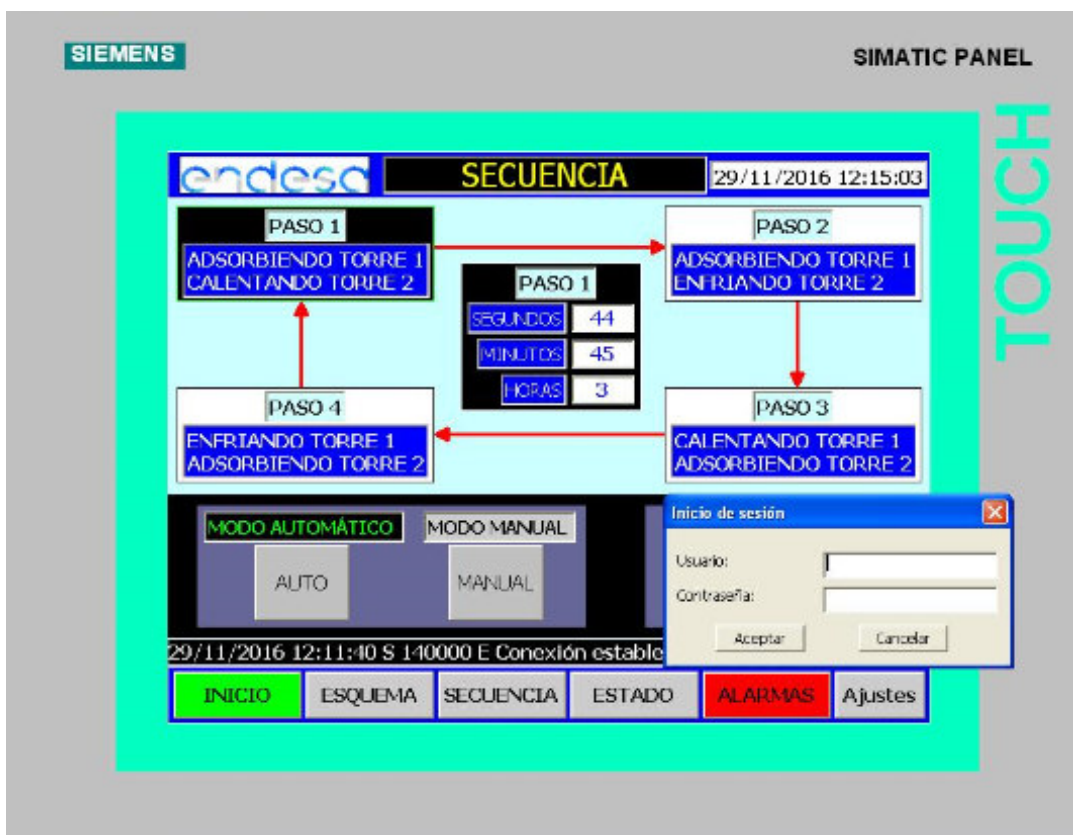
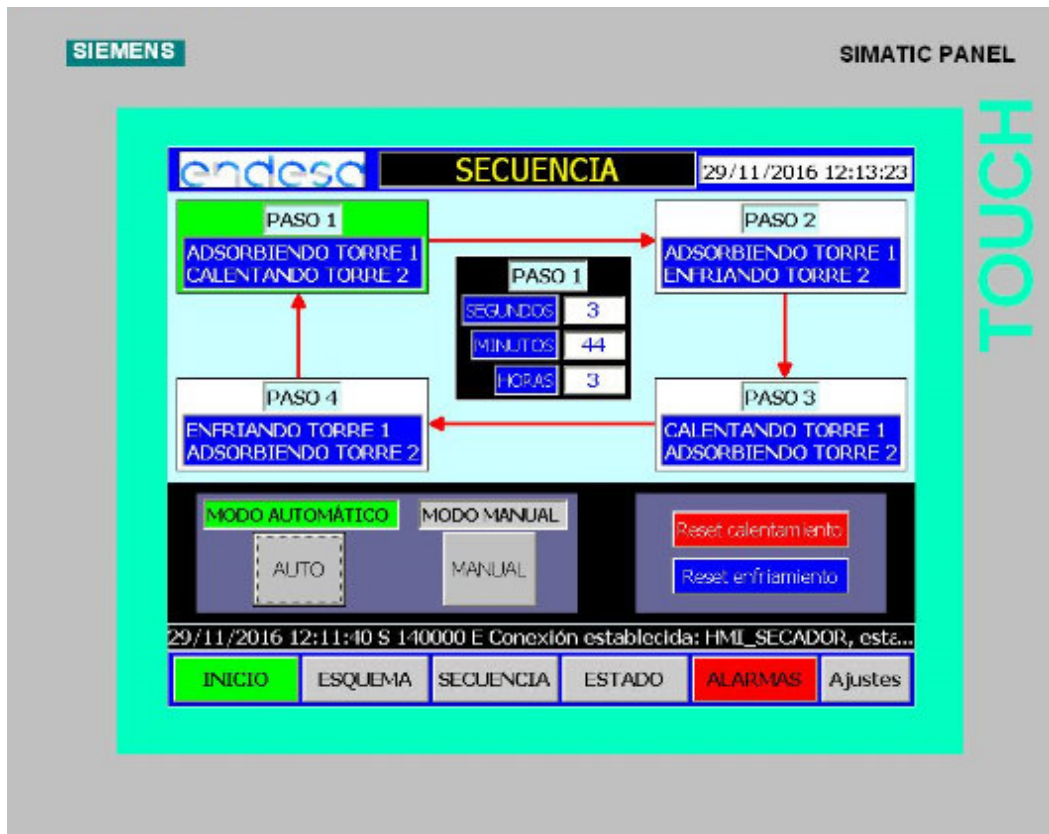
Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Valor actual	Comentario
0.0	INTERRUPTOR OFF RUN	BOOL	FALSE	FALSE	Interruptor OFF-RUN
0.1	ZS3 ADSORCION TORRE 1	BOOL	FALSE	FALSE	Interruptor ZS3 de adsorción torre 1
0.2	ZS4 ADSORCION TORRE 2	BOOL	FALSE	FALSE	Interruptor ZS4 de adsorción torre 2
0.3	MARCHA VENT MOTOR 1	BOOL	FALSE	FALSE	Confirmación de marcha del motor del ventilador Torre 1
0.4	MARCHA VENT MOTOR 2	BOOL	FALSE	FALSE	Confirmación de marcha del motor del ventilador Torre 2
0.5	MARCHA CALENTADOR 1	BOOL	FALSE	FALSE	Confirmación de marcha del calentador torre 1
0.6	MARCHA CALENTADOR 2	BOOL	FALSE	FALSE	Confirmación de marcha del calentador torre 2
0.7	PROTECCION CALENTADORES	BOOL	FALSE	FALSE	Relé de protección por sobrecorriente Calentadores
1.0	INTERRUPTOR PURGA	BOOL	FALSE	FALSE	Purga de la cabina
1.1	PASO ADSORBEI CALENT2	BOOL	FALSE	FALSE	Paso 1
1.2	PASO ADSORBEI ENFRIA2	BOOL	FALSE	FALSE	Paso 2
1.3	PASO ADSORBEI CALENT1	BOOL	FALSE	FALSE	Paso 3
1.4	PASO ADSORBEI ENFRIA1	BOOL	FALSE	FALSE	Paso 4
1.5	ADSORBIENDO TORRE1	BOOL	FALSE	FALSE	Torre 1 adsorbiendo
1.6	ADSORBIENDO TORRE2	BOOL	FALSE	FALSE	Torre 2 adsorbiendo
1.7	TEMPORIZADOR PASO	BOOL	FALSE	FALSE	Retraso del boton paso a paso
2.0	INTERRUPTOR AUTO TEST	BOOL	FALSE	FALSE	Interruptor auto test
2.1	ADSORB TORRE1 S1	BOOL	FALSE	FALSE	R-1 Adsorbiendo
2.2	ADSORB TORRE2 S2	BOOL	FALSE	FALSE	R-2 adsorbiendo
2.3	CALENTADOR TORRE 1	BOOL	FALSE	FALSE	Calentador torre 1
2.4	CALENTADOR TORRE 2	BOOL	FALSE	FALSE	Calentador torre 2
2.5	LUZ ALARMA COMUN	BOOL	FALSE	FALSE	Luz de alarma común
2.6	RELE ALARMA COMUN	BOOL	FALSE	FALSE	Relé de alarma común
4.0	CONTADOR SEGNDO	TNT	0	0	Contaje de 1 segundo
6.0	CONTADOR MINUTOS REGEN	TNT	0	0	Contador de minutos de regeneración
8.0	CONTADOR HORAS REGEN	TNT	0	0	Contador de horas de regeneración
10.0	CONTADOR MINUTOS ADSOR	TNT	0	0	Contador de minutos de adsorción
12.0	CONTADOR HORAS ADSOR	TNT	0	0	Contador de horas de adsorción

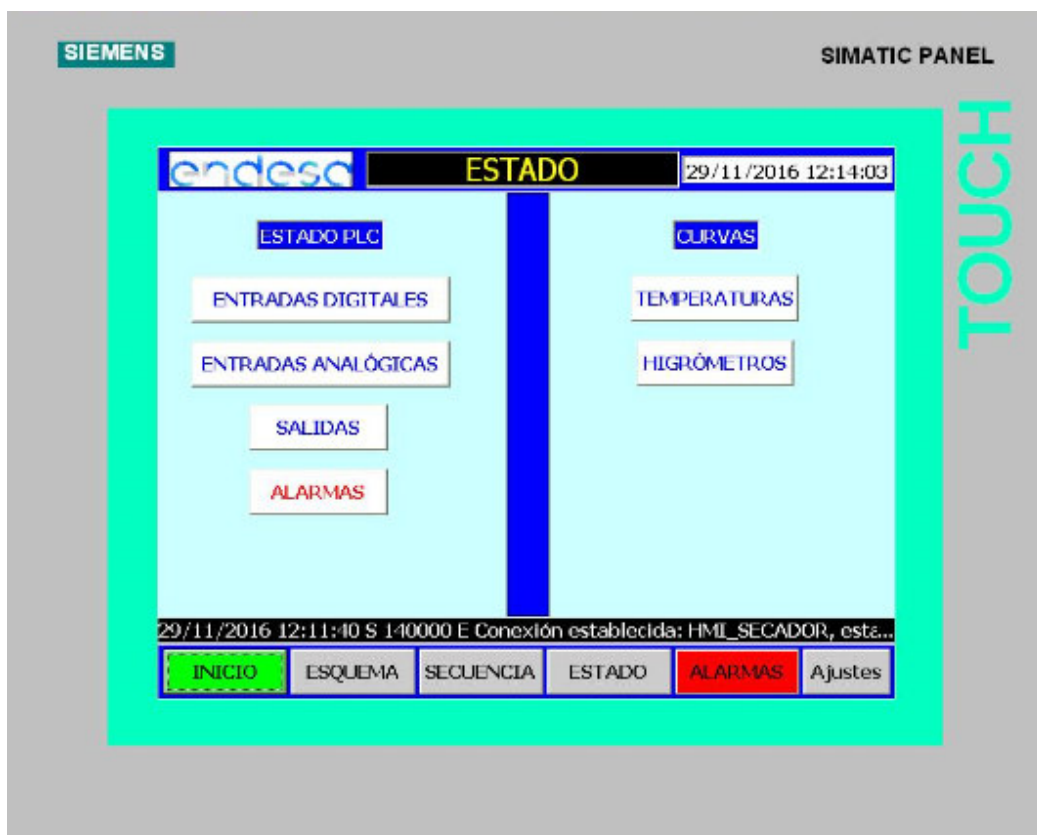
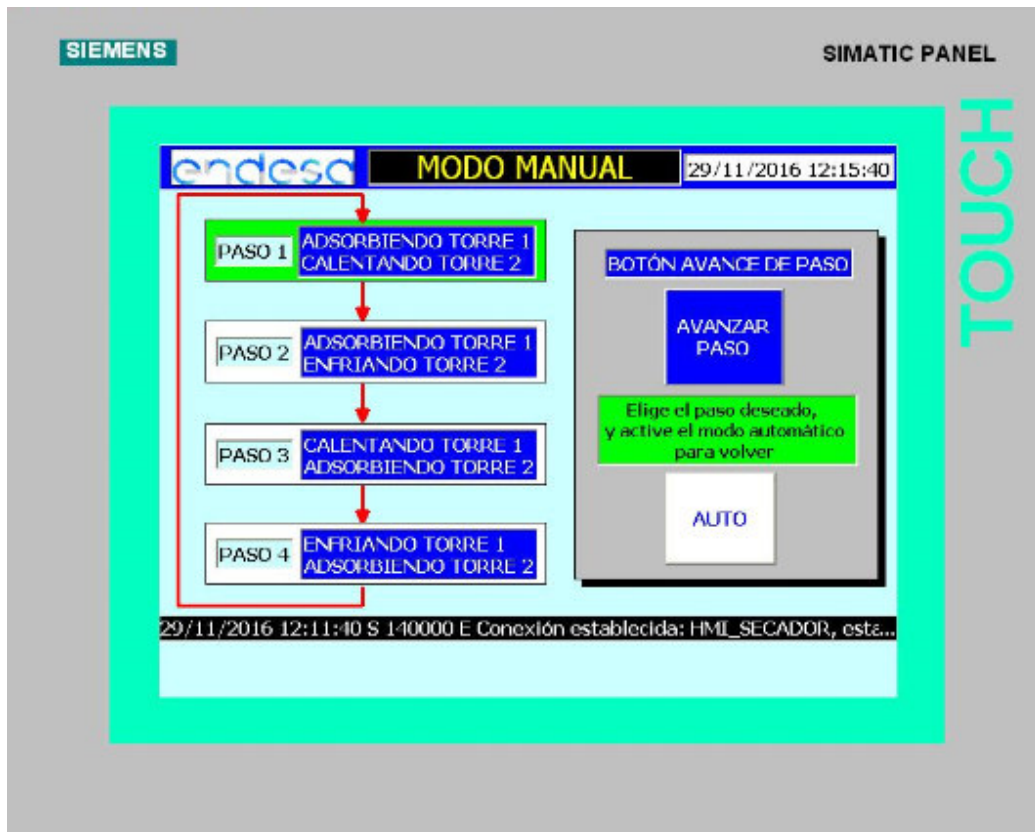
30.0	TEMPERATURA TORRE 1	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	Temperatura real torre 1
34.0	TEMPERATURA TORRE 2	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	Temperatura real torre 2
38.0	HIGROMETRO ENTRADA	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	Medidor de humedad a la entrada
42.0	HIGROMETRO SALIDA	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	Medidor de humedad a la salida

## 11. ANEXO 2. PANTALLAS NUEVO SISTEMA DE CONTROL











SIEMENS SIMATIC PANEL

endesa **ENTRADAS DIG. PLC** 29/11/2016 12:16:29

E 0.0	INTERRUPTOR OFF /RUN	1
E 0.1	CONTACTO AUXILIAR ZS-3 ADSORCIÓN TORRE 1	1
E 0.2	CONTACTO AUXILIAR ZS-4 ADSORCIÓN TORRE 2	0
E 0.3	CONTACTO AUXILIAR MOTOR VENTILADOR TORRE 1	1
E 0.4	CONTACTO AUXILIAR MOTOR VENTILADOR TORRE 2	1
E 0.5	PROTECCIÓN CALENTADORES	1
E 0.6	CONTACTO AUXILIAR CALENTADOR TORRE 1	0
E 0.7	CONTACTO AUXILIAR CALENTADOR TORRE 2	1
E 1.0	INTERRUPTOR PURGA C-BOX	0

Volver

29/11/2016 12:11:40 S 140000 E Conexión establecida: HMI\_SECADOR, estz...

INICIO ESQUEMA SECUENCIA ESTADO ALARMAS Ajustes

TOUCH

SIEMENS SIMATIC PANEL

endesa **ENTRADAS ANA. PLC** 29/11/2016 12:16:50

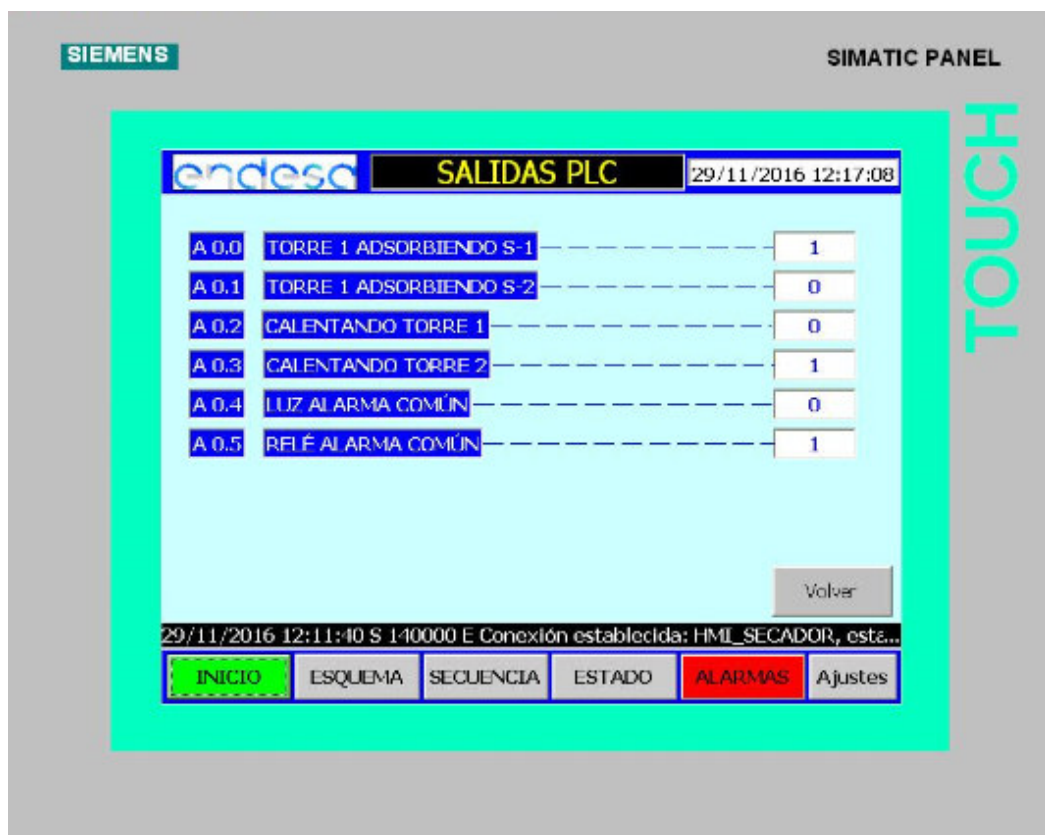
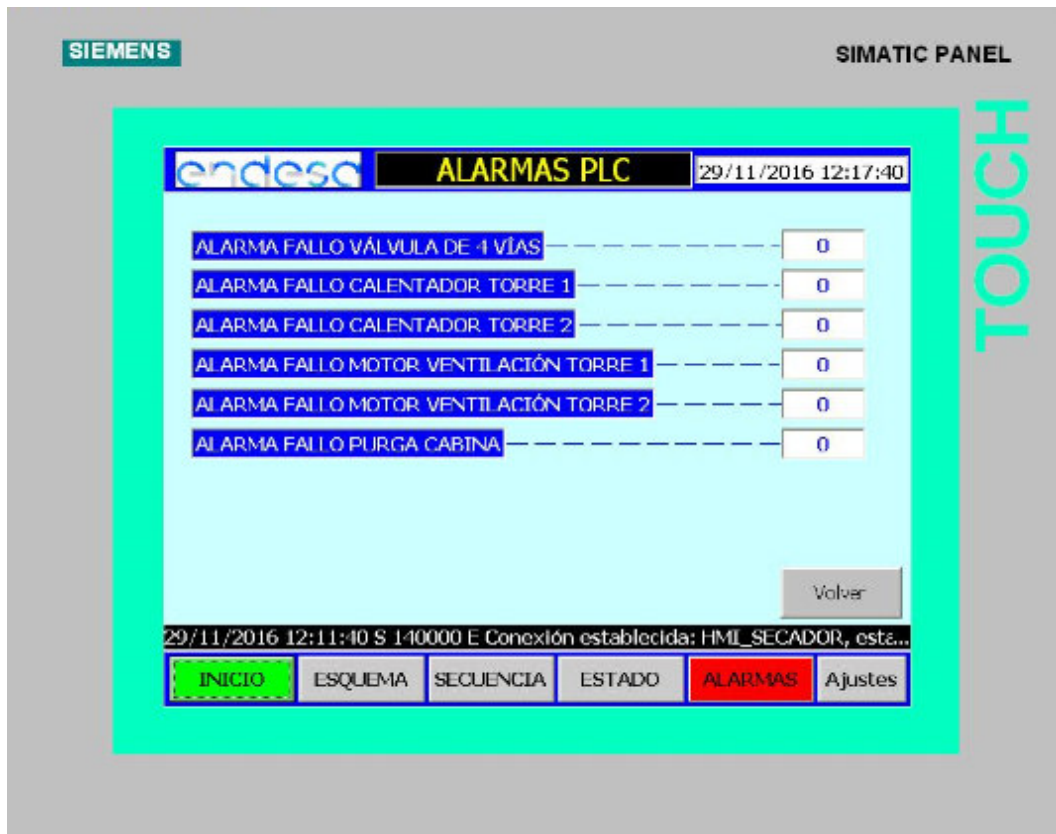
PEW 100	TEMPERATURA TORRE 1	82,350	°C
PEW 102	TEMPERATURA TORRE 2	94,618	°C
PEW 104	HIGRÓMETRO ENTRADA	-84,01	°C
PEW 106	HIGRÓMETRO SALIDA	-38,34	°C

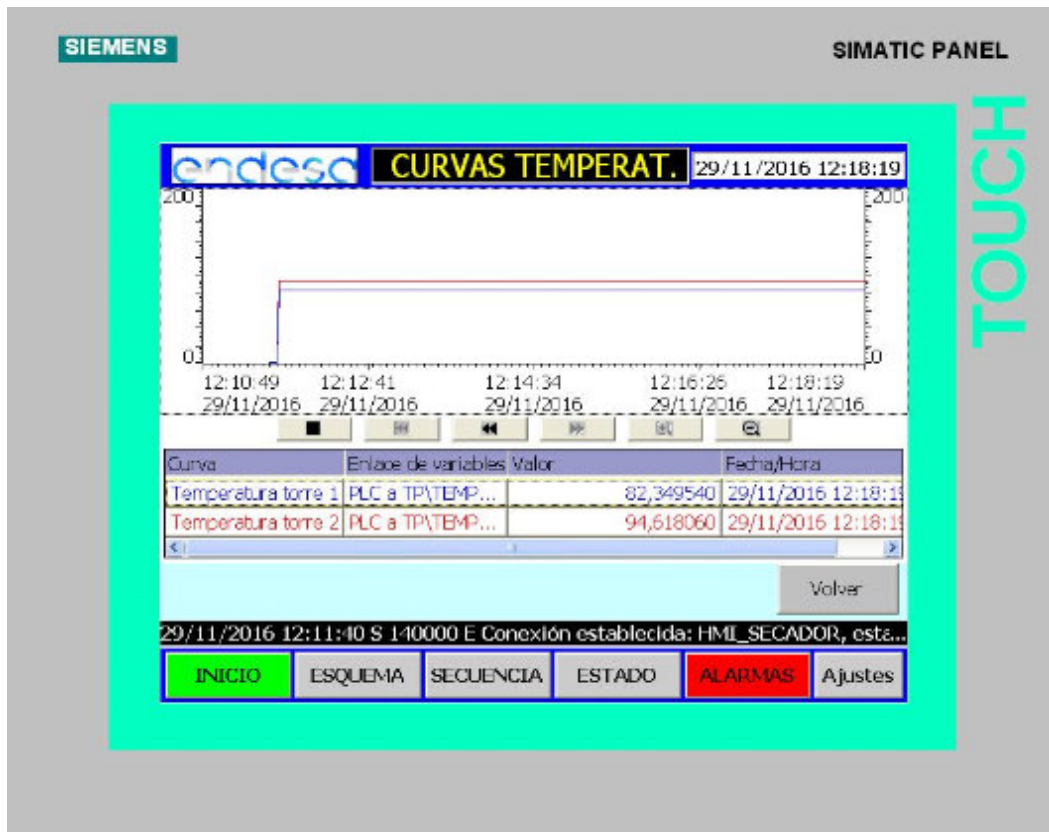
Volver

29/11/2016 12:11:40 S 140000 E Conexión establecida: HMI\_SECADOR, estz...

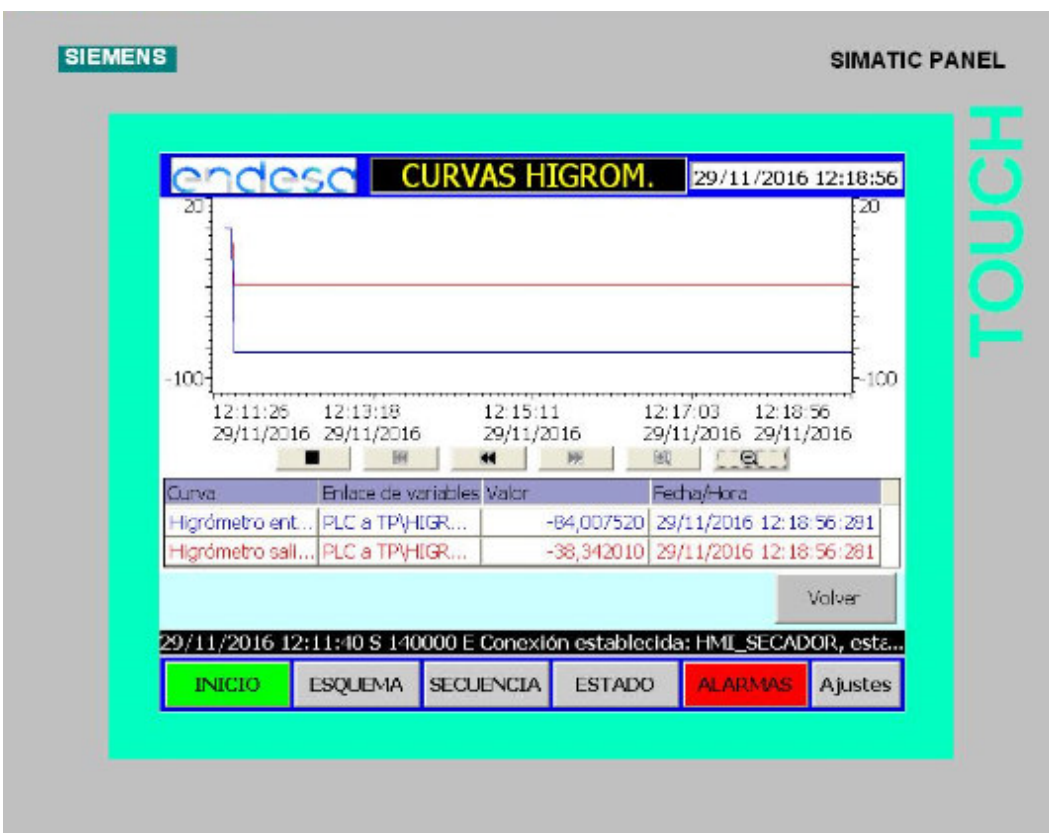
INICIO ESQUEMA SECUENCIA ESTADO ALARMAS Ajustes

TOUCH

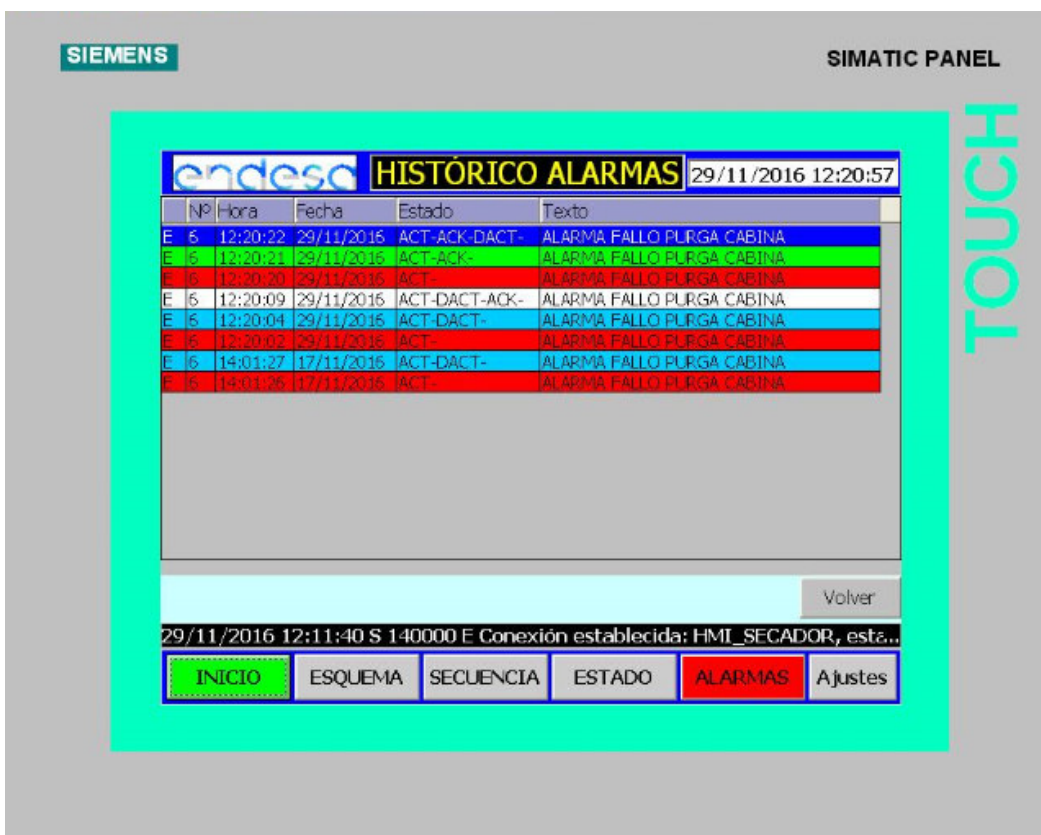
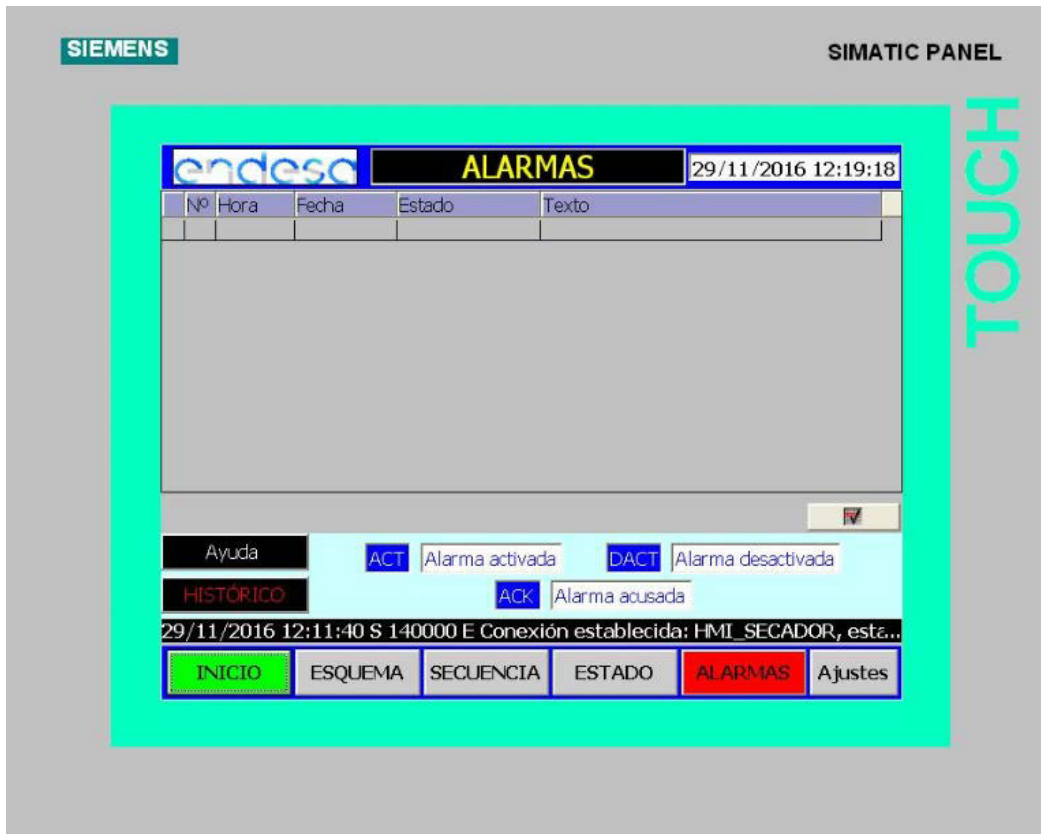


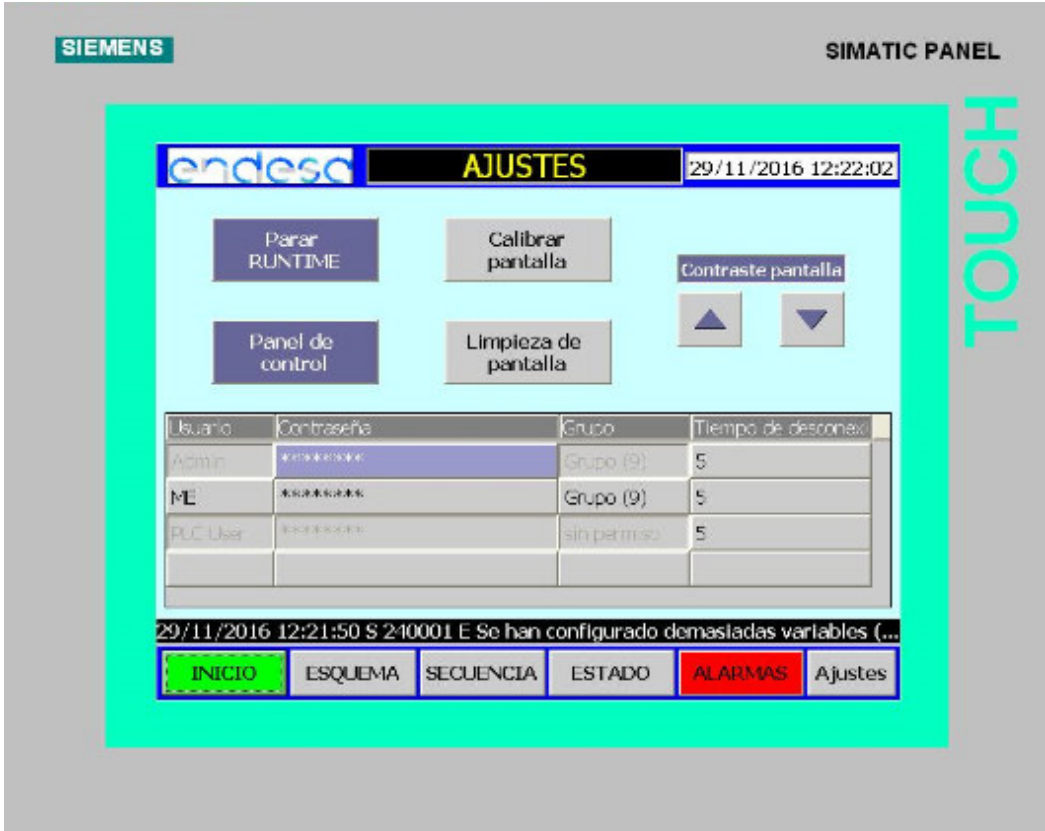


TOUCH



TOUCH









UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER  
CURSO 2016/17**

---

**AUTOMATIZACIÓN, VISUALIZACIÓN Y CONTROL  
DE LOS SECADORES DE HIDRÓGENO PARA LA  
CTCC (AS PONTES)**

---

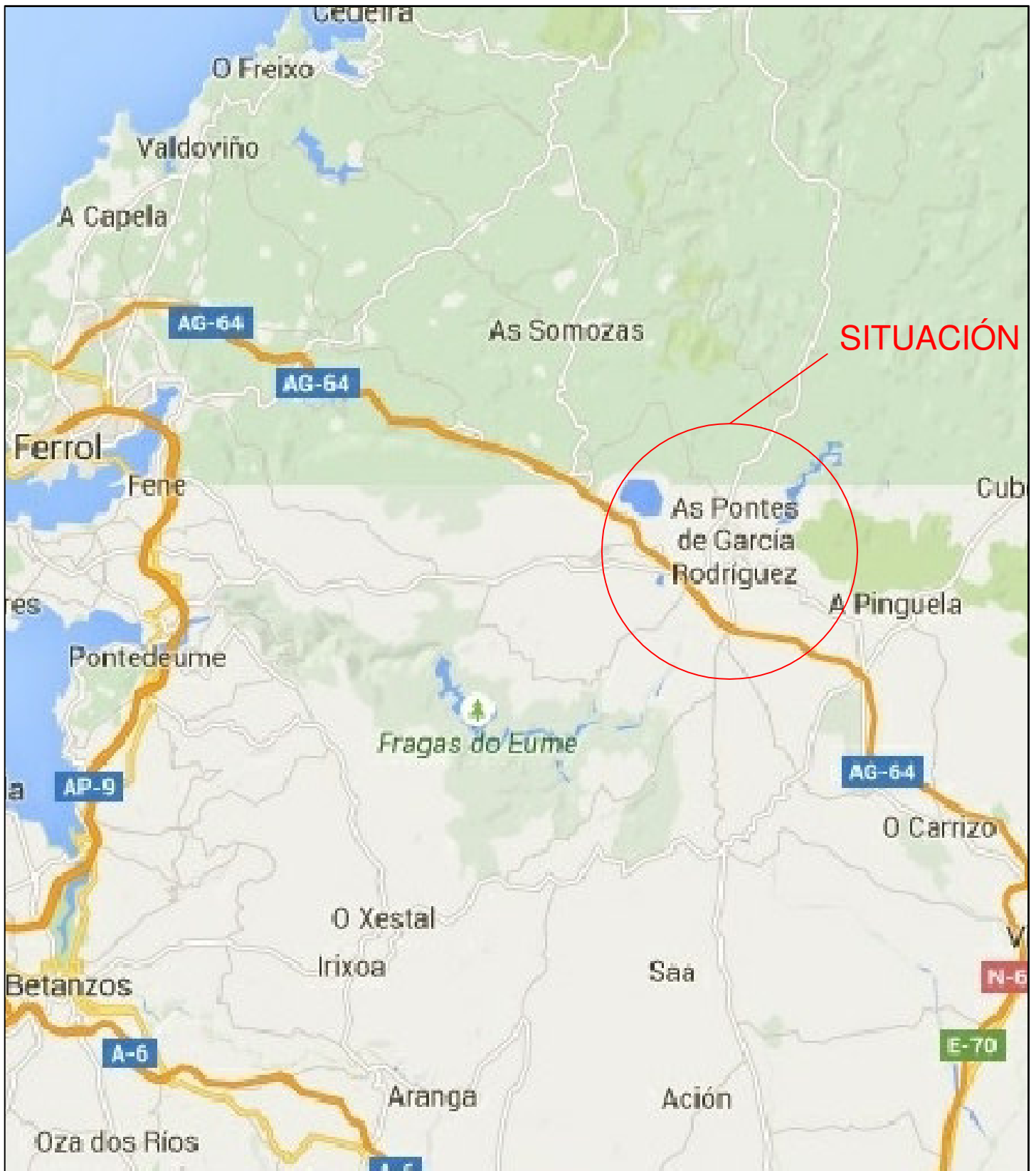
**Máster en Ingeniería Industrial**

**Documento**

**III. PLANOS**

## Índice PLANOS

PLANO 1. SITUACIÓN CTCC.....	117
PLANO 2. CIRCUITO H2 DENTRO DEL SECADOR .....	118
PLANO 3. CIRCUITO ELÉCTRICO DEL SECADOR .....	119
PLANO 4. UNIDAD LECTRODRYER BAC-50 .....	120
PLANO 5. COLOCACIÓN PANEL DE CONTROL.....	121
PLANO 6. FILTRO EXTERIOR .....	122



**UNIVERSIDAD DE A CORUÑA**  
Escuela Politécnica Superior (Ferrol)

Título del proyecto: **AUTOMATIZACIÓN, VISUALIZACIÓN Y CONTROL DE LOS SECADORES DE HIDRÓGENO PARA LA CTCC (AS PONTES)**

Realizado por:

**ISMAEL LÓPEZ  
ÁLVAREZ**

Título del plano:

**SITUACIÓN**

A CORUÑA (FERROL)

Septiembre 2017

Escala: s/e

PLANO Nº 1



FORMATO ORIGINAL A0 (1189x840mm)

AP-10-QJ-END-NM-13600\_008\_00 EN PREPARACIÓN.DWG

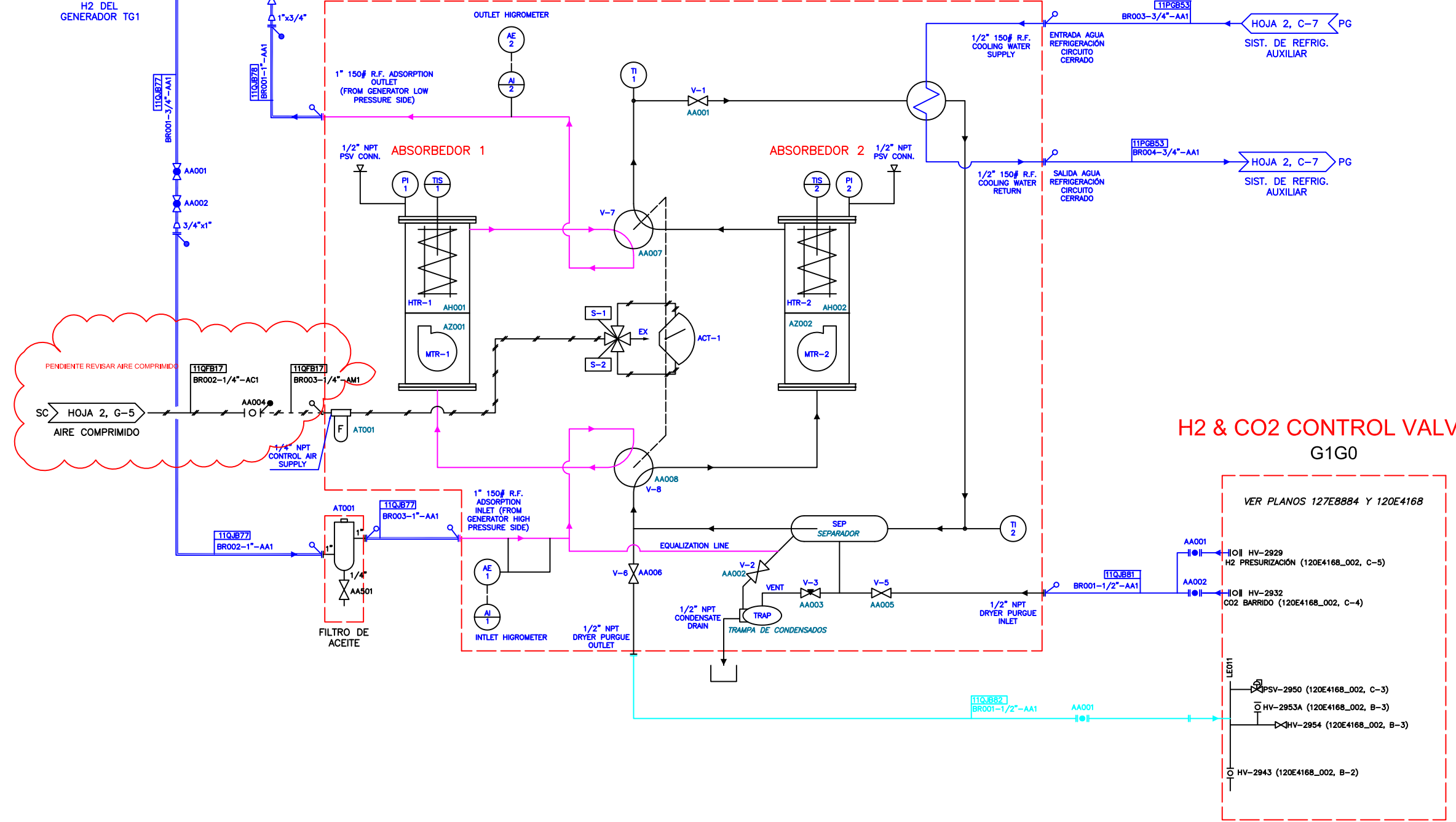
24/12/2009

## SECADOR H2 - GENERADOR TG1 LECTRODRYER BAC-50 11QJB80

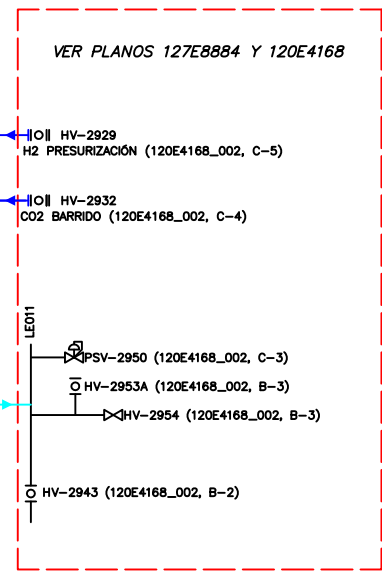
**LEGEND**

- TEMPERATURE INDICATING SWITCH
- PRESSURE INDICATOR
- TEMPERATURE INDICATOR
- ANALYZER ELEMENT (MOISTURE)
- ANALYZER INDICATOR (MOISTURE)
- MOISTURE INDICATOR
- ADSORPTION FLOW DIRECTION
- REACTIVATION FLOW DIRECTION

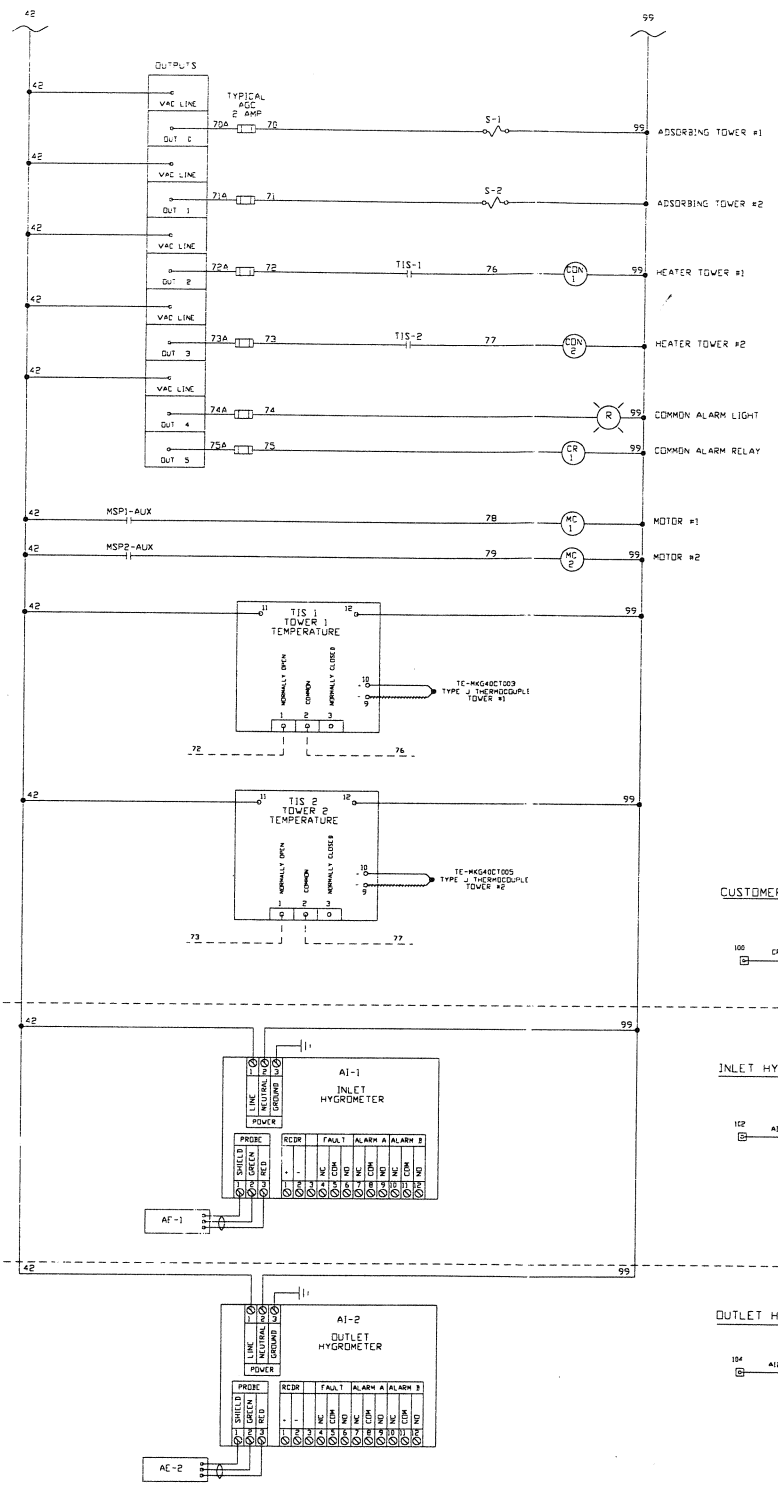
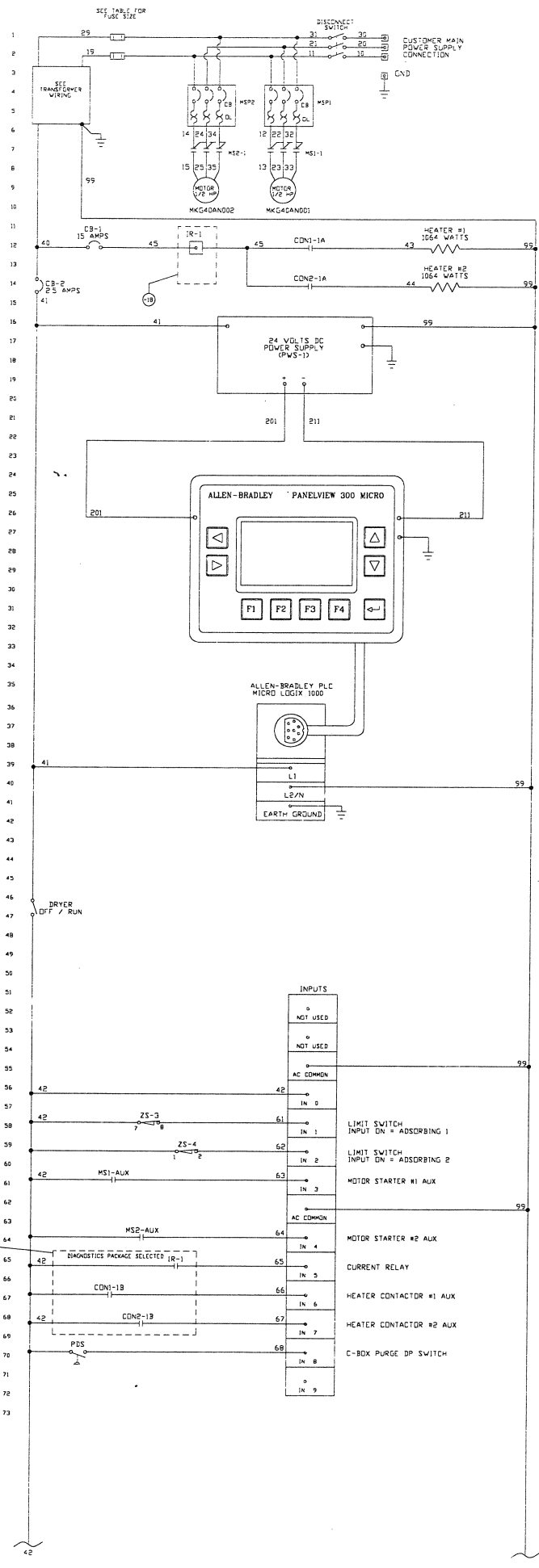
- DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA:**
- 127E8848 Rev.- "O/L, H2 & CO2 CONTROL VALVES"
  - 127E7743\_001 Rev.A "PIPING CONNECTIONS GENERATOR"
  - 120E4168 Rev.B "P&ID, GAS PIPING (GENERATOR SYSTEMS)"
  - AP-10-PG-UTE-NM-12200\_002 Rev.6 "P&ID SISTEMA DE REFRIGERACIÓN AUXILIAR, REFRIGERACIÓN DE LA TV"
  - AP-10-SC-UTE-NM-134000\_002 Rev.6 "P&ID SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO"
  - T-3501\_001 Rev.B "P&ID BAC-50" (LECTRODRYER)



### H2 & CO2 CONTROL VALVES G1G0



00	REVISIÓN INICIAL	V. SEGMAN	01/12/09
REV	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO	FECHA
<b>endesaenergía</b> CENTRAL TÉRMICA DE CICLO COMBINADO AS PONTES			
P&ID SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE GASES			
FORMATO	ESCALA	PLANO N°	HOJA
A1	N.A.	AP-10-QJ-END-NM-13600	008
			REV 00

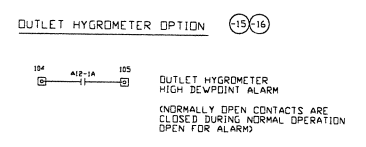
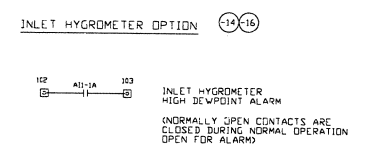
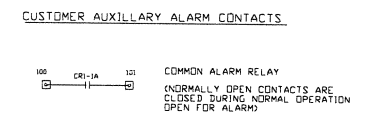


**OUTPUT TIMING CHART**

	STEP 1	STEP 2	STEP 3	STEP 4
OUTPUT #0				S-1, ADSORBING TOWER 1
OUTPUT #1				S-2, ADSORBING TOWER 2
OUTPUT #2				HEATER 1
OUTPUT #3				HEATER 2
STEP DESCRIPTION	ADSORBING 1 HEATING 2	ADSORBING 1 COOLING 2	ADSORBING 2 HEATING 1	ADSORBING 2 COOLING 1
TIME PER STEP	4 HOURS	4 HOURS	4 HOURS	4 HOURS

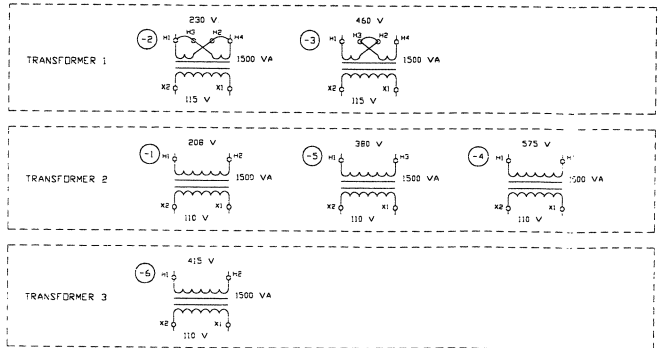
- LEGEND**
- AI - MOISTURE ANALYZER
  - CB - CIRCUIT BREAKER
  - CON - HEATER CONTACTOR
  - CR - CONTROL RELAY
  - DPSL - DIFFERENTIAL PRESSURE SWITCH LOW
  - IR - CURRENT RELAY
  - IT - CURRENT TRANSFORMER
  - MC - MOTOR CONTACTOR
  - MSP - MOTOR STARTER PROTECTOR
  - DL - OVERLOAD RELAY
  - S - SOLENOID VALVE
  - TIS - TEMPERATURE INDICATING SWITCH
  - ZS3 - LIMIT SWITCH (CONTACT CLOSURE WHEN ADSORBING TOWER #1)
  - ZS4 - LIMIT SWITCH (CONTACT CLOSURE WHEN ADSORBING TOWER #2)

- NOTES**
- WIRES 10-35, 41, 45, 46, 47, AND 99 TO THE HEATERS TO BE #14 AWG RATED AT 125°C. ALL OTHERS TO BE #14 AWG TYPE MTW.
  - 120 VAC - GROUND WIRE TO BE GREEN, NEUTRAL WIRE TO BE WHITE. 24 VDC - WIRE TO BE #16 AWG, TYPE MTW, BLUE.
  - COMMON ALARM RELAY, CRI IS ENERGIZED FOR NORMAL OPERATION, DE-ENERGIZED FOR ALARM.



**PRIMARY POWER SUPPLIES**

DASH NUMBER	POWER SUPPLIED BY CUSTOMER	TRANSFORMER FUSE SIZES
-1	208 VOLTS, 3 PHASE, 50/60 HERTZ	FND-12
-2	230 VOLTS, 3 PHASE, 50/60 HERTZ	FND-11
-3	460 VOLTS, 3 PHASE, 50/60 HERTZ	FND-6
-4	575 VOLTS, 3 PHASE, 50/60 HERTZ	FND-5
-5	380 VOLTS, 3 PHASE, 50/60 HERTZ	FND-7
-6	415 VOLTS, 3 PHASE, 50/60 HERTZ	FND-6



NEMA 4 WITH TYPE Z PURGE CLASS 1, GROUP B, DIVISION 2

**LECTRODRYER**  
RICHMOND, KENTUCKY

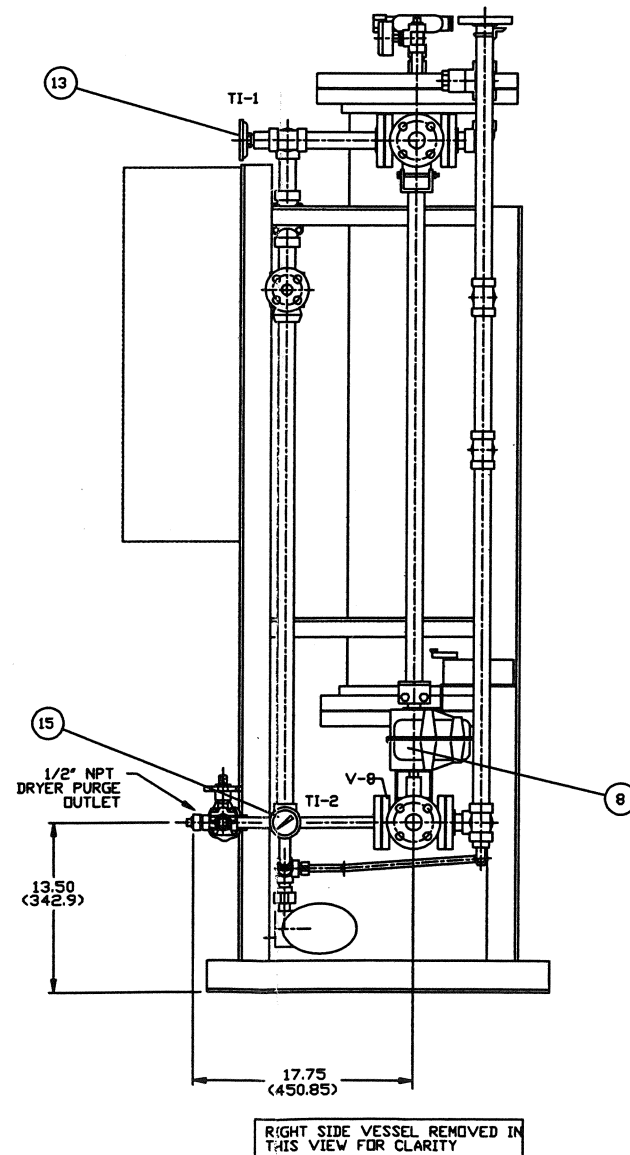
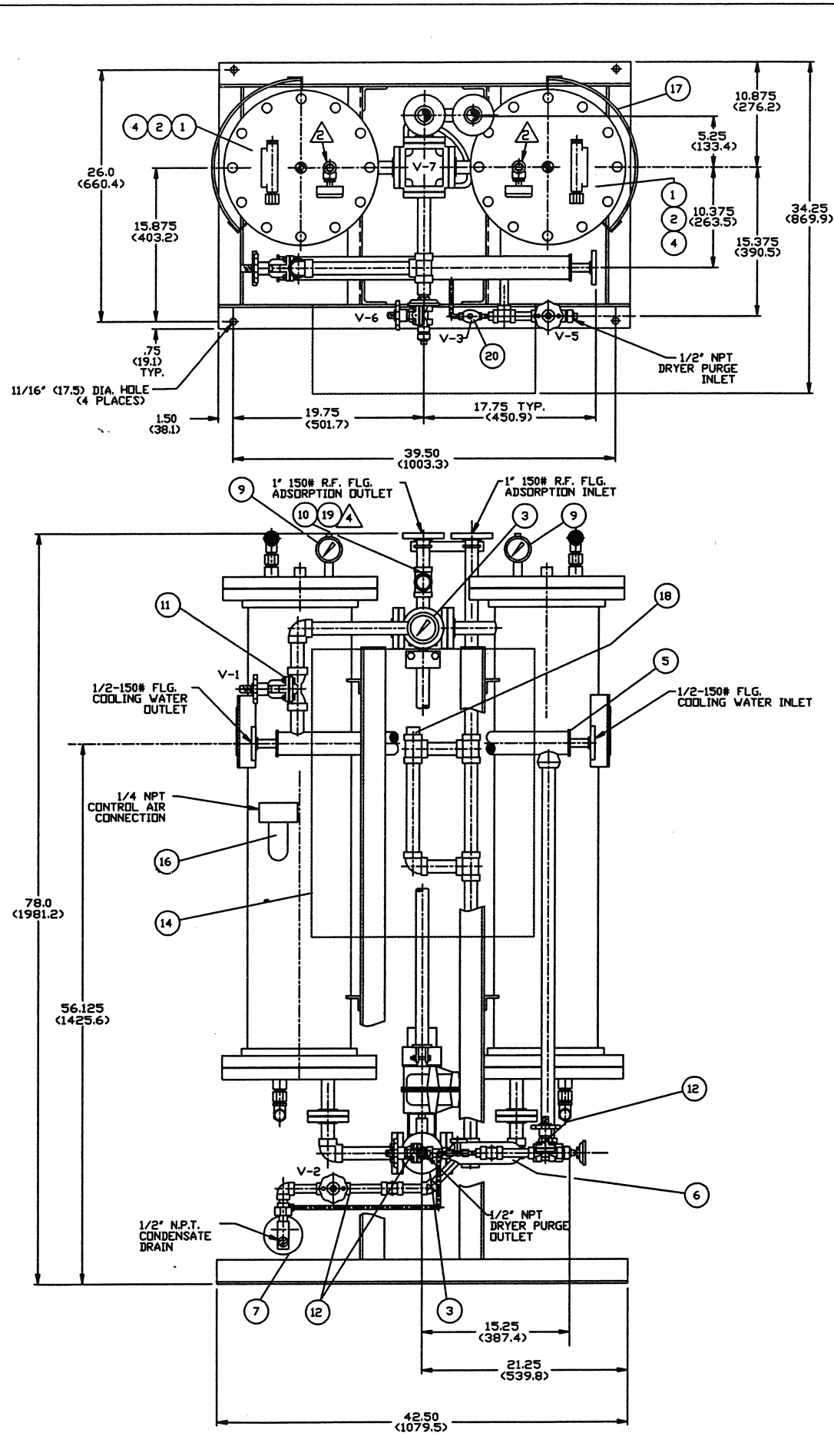
**WIRING DIAGRAM**

COMMERCIAL BAC-50

SCALE: NTS  
DRAWN: TCR 10-29-02  
CHECKED: 11-1-02  
APPROVED: T.L.W. 11-1-02

STANDARD RELEASE LETTER CODE: K  
SHEET # 1 OF 1  
REV: A

REVISIONS: REV A, DESCRIPTION: REVISED FUSE SIZES, DBL 8/17/05, DATE: 8/17/05



PARTS LIST			
ITEM	QTY.	DESCRIPTION	PART #
1	2	ADSORBER VESSEL	T-3784
2	2	HEATER 110 VOLTS, 1 KW	D53251
3	2	4 WAY VALVE, 1" 150 LB. FLANGED	D57418
4	2	1/2 HP MOTORS W/BLOWER WHEELS	T-3781
5	1	COOLER	M-1589
6	1	SEPARATOR	D52346
7	1	CONDENSATE DRAIN TRAP	D52347
8	1	VALVE ACTUATOR, PNEUMATIC	D51618
9	2	PRESSURE GAGE (0-200 PSIG) (0-14 Kg/cm <sup>2</sup> )	D53714
10	1	COLOR MOISTURE INDICATOR	D52760
11	1	1" FLOW CONTROL VALVE (DIAPHRAM)	D57014
12	3	1/2" BLOCK & BLEED VALVE (DIAPHRAM)	D57013
13	1	THERMOMETER (50--550-F) (10-290-C)	D53705
14	1	CONTROL BOX	T-4012
15	1	THERMOMETER (0-200-F) (0-100-C)	T-3518-32
16	1	FILTER (AIR SUPPLY)	D52309
17	1	HEAT GUARD	D79898-002
18	1	INLET HYGROMETER & PROBE	D36632/34
19	1	OUTLET HYGROMETER & PROBE	D36632/34
20	1	3/8" PLUG VALVE	T-3518-20

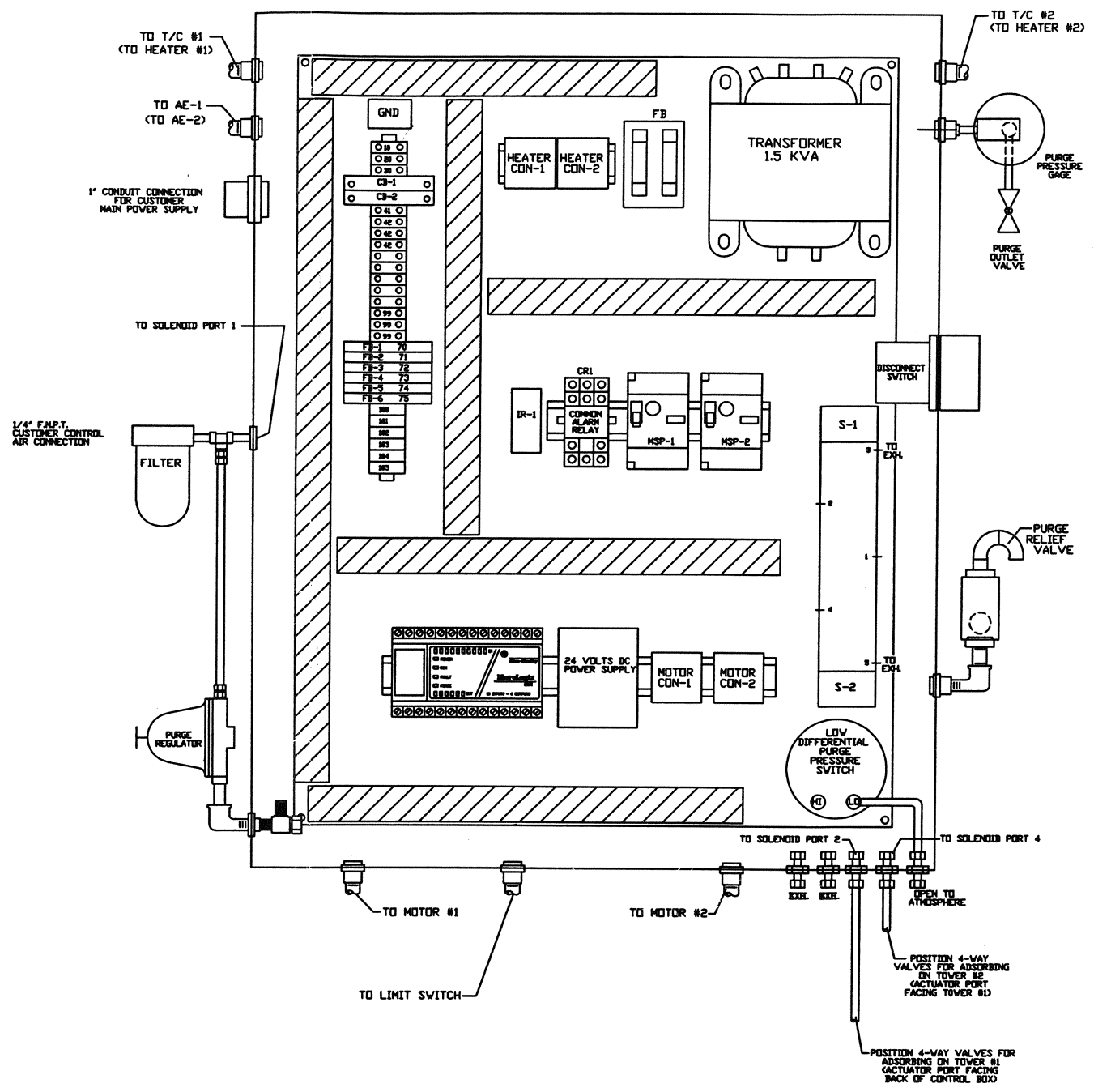
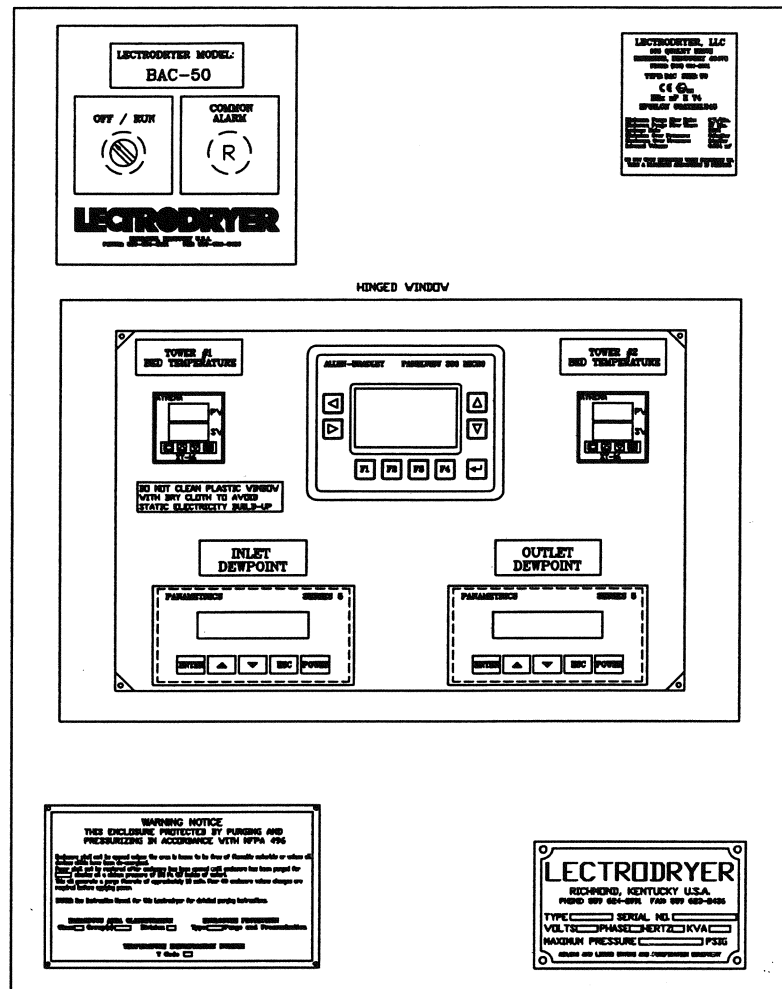
OPTIONAL

- NOTES:
- CONTROL BOX SHOWN REMOVED.
  - 1/2" NPT CONNECTIONS FOR CUSTOMER SUPPLIED RELIEF VALVE.
  - PRIMARY DIMENSIONS ARE IN INCHES AND SECONDARY DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
  - WHEN OUTLET HYGROMETER OPTION IS PURCHASED PIECE 10 IS REPLACED WITH PIECE 19.

ATEX SCHEDULE DRAWING  
NO MODIFICATIONS PERMITTED WITHOUT  
REFERENCE TO THE CERTIFICATION BODY.

		<b>LECTRODRYER</b>		<b>DIMENSION DRAWING</b>	
		135 QUALITY DRIVE RICHMOND, KENTUCKY		COMMERCIAL	
B		APPROVED	T.J.V.	DATE	11/17/99
C		DESIGNED	J.D.V.	DATE	11/17/99
D		CHECKED	T.J.V.	DATE	11/17/99
E		REVISIONS			
REV		DESCRIPTION	CHECK	APP.	DATE
		SCALE: NTS		SHEET 01 OF 1	
		TOLERANCES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED		STANDARD LETTER CODE	
		CUTTING: 1/16" UP TO 8" FT.		RESTRICTED RELEASE	
		CONNECTION: 1/16" OVER 8" FT.		G	
		FABRICATION: 1/16" OVER 8" FT.		APPROVED	
		FINISH: 1/16" OVER 8" FT.		DATE: 11/17/99	
		MATERIAL: ALL DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED		DATE: 11/17/99	
		THIS DRAWING IS INTENDED TO BE USED WITH THE CERTIFICATION BODY'S ATEX SCHEDULE DRAWING AND SHALL NEVER BE USED FOR ANY OTHER PURPOSE.		DATE: 11/17/99	
		APPROVED		DATE: 11/17/99	
		DATE: 11/17/99		DATE: 11/17/99	

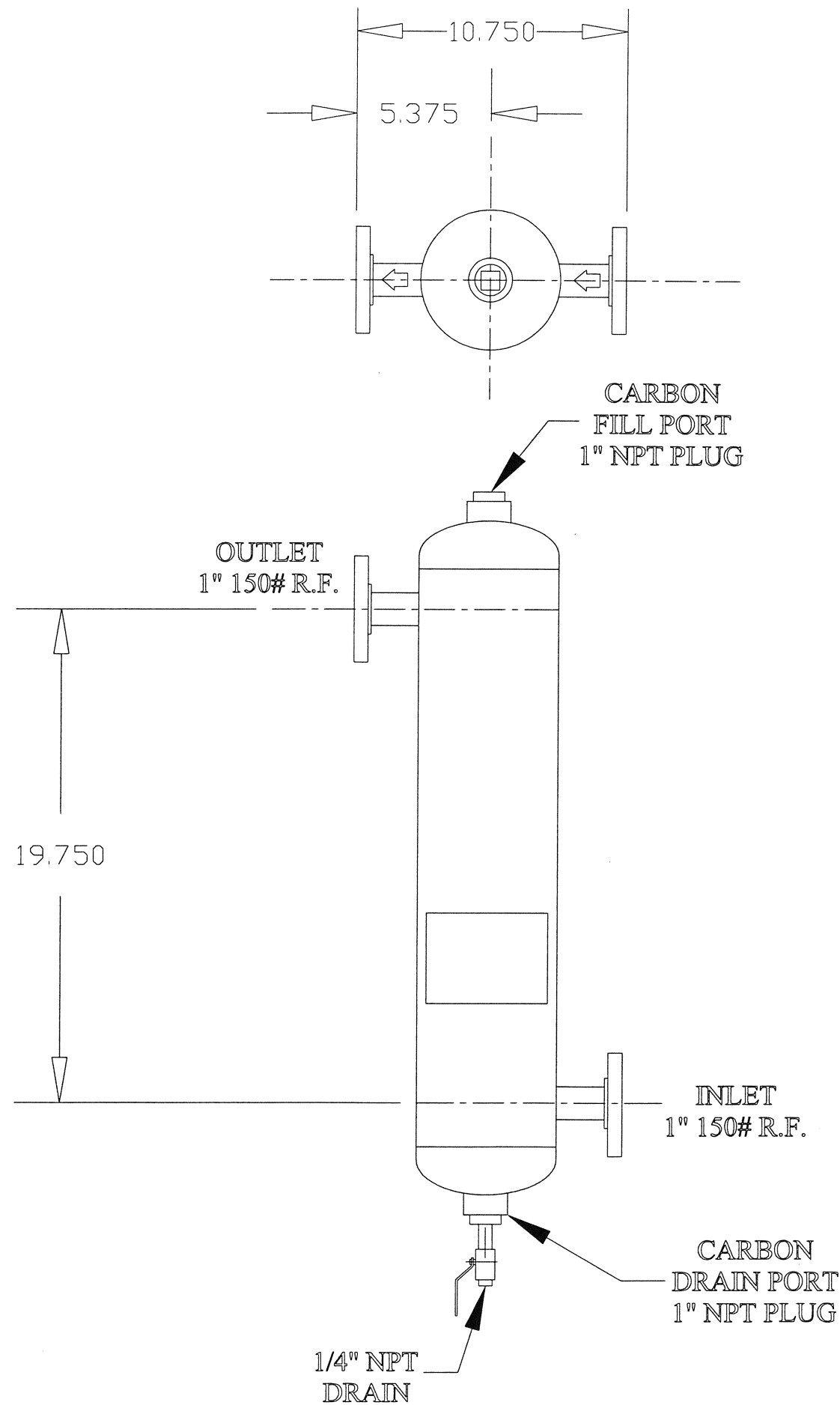
FRONT PANEL OF CONTROL BOX



**NOTE:**  
 1. A CONDUIT LOCATION (IN PARENTHESIS) INDICATES THAT IT IS LOCATED BEHIND ANOTHER CONDUIT RUN.

NEMA 4 WITH TYPE Z PURGE SYSTEM  
 CLASS 1, GROUP B, DIVISION 2

LECTRODRYER		CONTROL PANEL LAYOUT	
135 QUALITY DRIVE RICHMOND, KENTUCKY		CE VERSION	BAC-50
TOLERANCES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED		SCALE	LETTER CODE
CUTTING		NTS	STD. RELEASE
CONNECTION		DRAWN	RESTRICTED
FABRICATION		ICR 8-21-03	RELEASE
MACHINING		CHECKED	SHEET #1 OF 1
THIS DRAWING OR SYSTEM IS SUBMITTED TO YOU WITH THE UNDERSTANDING THAT IT WILL BE USED ONLY FOR THE INFORMATION OF YOUR CUSTOMER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.		APPROVED	T-4086
REV.	DESCRIPTION	CHECK	DATE



NOTES:

1. FILL WITH 6 LBS. OF FILTER MEDIA.  
(LECTRODRYER SC # 40152)
2. APPROXIMATE WEIGHT IS 45 LBS.

		LECTRODRYER		DRAWING TITLE	
		RICHMOND, KENTUCKY		OVF-6 FILTER DIMENSION	
		TOLERANCES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED		SCALE NTS	
		CUTTING: +/-1/32 UP TO 5 FT.		DRAWN T.J.W. B-11-05	
		CONNECTION: +/-1/16 OVER 5 FT.		<input checked="" type="checkbox"/> STD. RELEASE	
		FABRICATION: +/-1/8		<input type="checkbox"/> RESTRICTED	
		MACHINE: +/-1/64		RELEASE	
		NOTE: ALL DIMENSIONS ARE GIVEN IN INCHES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED		SHEET # 1 OF 1	
		THIS DRAWING OR MATERIAL IS SUBMITTED TO YOU WITH THE CONFIDENCE THAT IT WILL BE USED ONLY FOR THE INFORMATION ON APPLICATION ENGINEERING STUDIES AND SHALL NEVER BE USED IN ANY MANNER DETRIMENTAL TO OUR INTERESTS.		APPROVED	
REV	DESCRIPTION	CHECK	APP.	DATE	T-4415



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER  
CURSO 2016/17**

---

**AUTOMATIZACIÓN, VISUALIZACIÓN Y CONTROL  
DE LOS SECADORES DE HIDRÓGENO PARA LA  
CTCC (AS PONTES)**

---

**Máster en Ingeniería Industrial**

**Documento**

**IV. PLIEGO DE CONDICIONES**

## Índice Pliego de condiciones

12.	PLIEGO DE CONDICIONES .....	123
12.1	CONDICIONES ADMINISTRATIVAS .....	123
12.2	CONDICIONES TÉCNICAS .....	123
12.2.1	AUTÓMATA .....	123
12.2.2	PANTALLA TÁCTIL .....	124
12.2.3	CABLEADO Y ALIMENTACIÓN.....	124
12.2.4	MANTENIMIENTO .....	124
12.3	SEGURIDAD Y SALUD.....	124

## 12. PLIEGO DE CONDICIONES

El pliego de condiciones determina los estándares que rigen la ejecución del trabajo para alcanzar los resultados óptimos.

Este apartado tiene el objeto de especificar las condiciones necesarias para la correcta puesta en marcha y realización del presente proyecto.

### 12.1 CONDICIONES ADMINISTRATIVAS

La configuración del autómatas se debe llevar a cabo por profesionales con elevado conocimiento y formación específica sobre el funcionamiento de los secadores de hidrógeno.

El equipo técnico es el encargado de coordinar al STAFF, establecer los plazos, fijar las reuniones de equipo, establecer los objetivos de cada trabajador y evaluar su cumplimiento.

Los profesionales que realicen la instalación y/o programación del autómatas son personal con conocimientos específicos en la programación de autómatas, así como el funcionamiento de la central térmica de ciclo combinado y especialmente de los secadores de hidrógeno.

El personal técnico de apoyo cooperará en ciertas labores de sustitución del antiguo autómatas y panel de control por los nuevos explicados en la memoria. Su colaboración se realizará con la supervisión del equipo técnico de la central.

En el presupuesto se establece el precio de los componentes necesarios para la realización del proyecto. También se computan las horas que los profesionales designados deben destinar a la ejecución del mismo.

### 12.2 CONDICIONES TÉCNICAS

Las condiciones técnicas definen el ámbito de utilización de la unidad y las condiciones que deben cumplir las instalaciones para un correcto funcionamiento.

#### 12.2.1 AUTÓMATAS

Los autómatas programables, generalmente, están diseñados para su funcionamiento en ambientes industriales. Para el mantener su correcto funcionamiento y alargar su vida útil, es necesario una serie de normas y especificaciones que se den cumplir. Las normas básicas de mantenimiento que deben cumplir los recintos habilitados para su uso vienen especificado en los manuales de las unidades. En el caso de S7-300 se deberá cumplir las siguientes condiciones:

Condición climática	Rangos aceptables
Temperatura (°C)	
- Montaje horizontal	- 0-60
- Montaje vertical	- 0-40
Humedad aire (%)	10-95
Presión atmosférica (hPa)	1.080 - 795
Grado polución	SO <sub>2</sub> : < 0.5 ppm RH < 60%; sin condensación H <sub>2</sub> s: < 0.1 ppm RH < 60%; sin condensación



Además, el autómatas debe estar en una caja de acero presurizada para estar protegido contra posibles fugas de hidrógeno que se puedan producir. Las conexiones del circuito eléctrico pueden producir chispas que, en contactos con el hidrógeno, pueden causar explosiones.

Se debe instalar un ventilador, para la refrigeración del recinto en momentos donde haya aumentos de temperatura.

### 12.2.2 PANTALLA TÁCTIL

Con respecto a la pantalla táctil, las condiciones ambientales deben ser:

- Temperatura ambiental máxima en montaje vertical: 0-50 °C.
- Presión atmosférica en funcionamiento: 795-1080 hPa.
- Humedad relativa del aire máxima: 85%, sin condensación.

Al igual que el autómatas, debe estar en un recinto presurizado, para evitar el contacto de posibles chispas del circuito eléctrico con fugas de hidrógeno que se puedan producir.

### 12.2.3 CABLEADO Y ALIMENTACIÓN

- Colocación separada de los cables de corriente continua y alterna (evitar interferencias).
- Se recomienda la colocación separada de cables de potencia y líneas de señales (entrada o salida) de control de la unidad.
- Colocación separada de los cables de alimentación (entrada y salida): 30 cm si discurren paralelamente.
- Conexión del recinto de seguridad de las conexiones eléctricas a tierra.
- La tensión proporcionada al autómatas debe ser la indicada por el fabricante (24 V c.c), se tendrán en cuenta los picos generados por otras unidades de la instalación.
- La oscilación de la tensión de red deberá estar, en valores nominales, dentro del margen tolerable por el fabricante (20,4 a 28,8 V c.c).

### 12.2.4 MANTENIMIENTO

Se deberá realizar las funciones de mantenimiento según el procedimiento descrito en la memoria. El proveedor del secador especifica los siguientes procedimientos:

- Monitorear la limpieza con inspecciones visuales.
- Comprobar los parámetros de la tensión de alimentación.
- Controlar las condiciones ambientales.
- En caso de anomalías, identificar y reparar.

## 12.3 SEGURIDAD Y SALUD

Para la realización de modificaciones y mantenimiento de los secadores de hidrógeno, se deben cumplir las condiciones establecidas por la empresa de seguridad. Entre estas, cabe destacar:

- EPI de seguridad (casco, guantes para manipulación de elementos eléctricos, gafas, e indumentaria que cumpla los requisitos de seguridad de la empresa).
- En todo momento, deben portarse detectores de gases explosivos.

- Cualquier modificación en los autómatas presentes se debe realizar con el consentimiento previo de la empresa y en momentos de parada de la central.



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER  
CURSO 2016/17**

---

**AUTOMATIZACIÓN, VISUALIZACIÓN Y CONTROL  
DE LOS SECADORES DE HIDRÓGENO PARA LA  
CTCC (AS PONTES)**

---

**Máster en Ingeniería Industrial**

**Documento**

**V. PRESUPUESTO**

## Índice Presupuesto

13.	PRESUPUESTO.....	128
13.1	MODIFICACIÓN UN SECADOR .....	128
13.1.1	PRESUPUESTO MATERIAL DE PROGRAMACIÓN .....	128
13.1.2	PRESUPUESTO SUSTITUCIÓN PLC Y PANEL DE CONTROL .....	128
13.1.3	PRESUPUESTO FINAL .....	129
13.2	MODIFICACIÓN TRES SECADORES .....	130
13.2.1	PRESUPUESTO MATERIAL DE PROGRAMACIÓN .....	130
13.2.2	PRESUPUESTO SUSTITUCIÓN PLC Y PANEL DE CONTROL .....	130
13.2.3	PRESUPUESTO FINAL .....	131

### 13. PRESUPUESTO

#### 13.1 MODIFICACIÓN UN SECADOR

La central cuenta con 3 unidades del Lectrodryer BAC-50, primero se expone un presupuesto para una unidad.

##### 13.1.1 PRESUPUESTO MATERIAL DE PROGRAMACIÓN

<b>PRESUPUESTO MATERIAL PROGRAMACIÓN</b>			
<b>Elementos necesarios</b>	<b>UD/horas</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
SIMATIC FIELD PG/PC M2 con Puerto PROFIBUS-DP/MPI integrado	1	4.999,99 €	4.999,99 €
PLC S7-300 Fuente de alimentación PS 307-5 A	1	140,21 €	140,21 €
PLC S7-300 CPU 315-2P	1	2.024,46 €	2.024,46 €
PLC S7-300 CP 343-1	1	631,47 €	631,47 €
PLC S7-300 módulo de entradas analógico AI8x13Bit	1	341,99 €	341,99 €
PLC S7-300 módulo de salidas analógicas AO8x13Bit	1	295,22 €	295,22 €
PLC S7-300 Módulo de entrada de hasta 32 señales digitales DI32xDC24V	1	201,30 €	201,30 €
PLC S7-300 Módulo de salida de hasta 32 señales digitales DO32xDC24V/0,5A	1	489,55 €	489,55 €
PLC S7-300 Carril de montaje para conexión entre módulos	1	52,07 €	52,07 €
TP 270 10" Panel de operación táctil	1	2.645,99 €	2.645,99 €
Tarjeta Compact Flash Sandisk 32 MB	1	25,13 €	25,13 €
Cable Profibus flexible 3m	2	25,90 €	51,80 €
Software STEP 7 por año	1	293,00 €	293,00 €
Software WIN CC Flexible por año	1	98,00 €	98,00 €
Programación	80	8,40 €	672,00 €
			12.962,18 €

##### 13.1.2 PRESUPUESTO SUSTITUCIÓN PLC Y PANEL DE CONTROL

<b>PRESUPUESTO SUSTITUCIÓN PLC</b>			
<b>Elementos necesarios</b>	<b>UD/horas</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
Herramientas y material necesario	1	750,00€	750,00 €
Armario para PLC Schneider metálico 800x600x200mm	1	87,51 €	87,51 €
Cableado nuevo PLC	40	22,00 €	880,00 €
Puesta en marcha PLC y TP	24	42,00 €	1.008,00 €
			2.725,51 €
<b>VIARIOS</b>	UD	Precio	Total
Seguridad y salud	1	1.000,00 €	1.000,00 €
			1.000,00 €

### 13.1.3 PRESUPUESTO FINAL

<b>IMPORTE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	16.687,69 €
13% Gastos generales	2.169,40 €
6% Beneficio industrial	1.001,26 €
<b>IMPORTE EJECUCIÓN</b>	19.858,35 €
21% IVA	4.170,25 €
<b>PRESUPUESTO</b>	24.028,60 €

El presupuesto para la realización de la sustitución del PLC y el panel de control para un secador de hidrógeno es de aproximadamente 24.028,60 € considerando que ésta se realice por una empresa externa, sin que cuente con el material necesario ni la mano de obra.

### 13.2 MODIFICACIÓN TRES SECADORES

En este caso, algunas partidas del presupuesto se multiplicarán por tres, mientras otras no sería necesario ya que solo se deben contabilizar en el caso de un secador.

#### 13.2.1 PRESUPUESTO MATERIAL DE PROGRAMACIÓN

PRESUPUESTO MATERIAL PROGRAMACIÓN			
Elementos necesarios	UD/horas	Precio	Total
SIMATIC FIELD PG/PC M2 con Puerto PROFIBUS-DP/MPI integrado	1	4.999,99 €	4.999,99 €
PLC S7-300 Fuente de alimentación PS 307-5 A	3	140,21 €	420,63 €
PLC S7-300 CPU 315-2P	3	2.024,46 €	6.073,38 €
PLC S7-300 CP 343-1	3	631,47 €	1.894,41 €
PLC S7-300 módulo de entradas analógico AI8x13Bit	3	341,99 €	1.025,97 €
PLC S7-300 módulo de salidas analógicas AI8x13Bit	3	295,22 €	885,66 €
PLC S7-300 Módulo de entrada de hasta 32 señales digitales DI32xDC24V	3	201,30 €	603,90 €
PLC S7-300 Módulo de salida de hasta 32 señales digitales DO32xDC24V/0,5A	3	489,55 €	1.468,65 €
PLC S7-300 Carril de montaje para conexión entre módulos	3	52,07 €	156,21 €
TP 270 10" Panel de operación táctil	3	2.645,99 €	7.937,97 €
Tarjeta Compact Flash Sandisk 32 MB	3	25,13 €	75,39 €
Cable Profibus flexible 3m	6	25,90 €	155,40 €
Software STEP 7 por año	1	293,00 €	293,00 €
Software WIN CC Flexible por año	1	98,00 €	98,00 €
Programación	80	8,40 €	672,00 €
			26.760,56 €

#### 13.2.2 PRESUPUESTO SUSTITUCIÓN PLC Y PANEL DE CONTROL

PRESUPUESTO SUSTITUCIÓN PLC			
Elementos necesarios	UD/horas	Precio	Total
Herramientas y material necesario	1	750,00 €	750,00 €
Armario para PLC Schneider metálico 800x600x200mm	3	87,51 €	262,53 €
Cableado nuevo PLC	120	22,00 €	2.640,00 €
Puesta en marcha PLC y TP	72	42,00 €	3.024,00 €
			6.676,53 €
<b>VARIOS</b>	UD	Precio	Total
Seguridad y salud	1	1.000,00 €	1.000,00 €
			1.000,00 €

### 13.2.3 PRESUPUESTO FINAL

<b>IMPORTE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	34.437,09 €
13% Gastos generales	4.476,82 €
6% Beneficio industrial	2.066,23 €
<b>IMPORTE EJECUCIÓN</b>	40.980,14 €
21% IVA	8.605,83 €
<b>PRESUPUESTO</b>	49.585,97 €

El presupuesto para la realización de la sustitución del PLC y el panel de control para tres secadores de hidrógeno es de aproximadamente 49.585,97 € considerando que ésta se realice por una empresa externa, sin que cuente con el material necesario ni la mano de obra.