



INSTITUTO NACIONAL DE SILICOSIS

# **CONSTRUCCION DE ESTACIÓN DE ENTRENAMIENTO PARA EL USO DE AUTORRESCATADORES DE OXIGENO QUÍMICO DE SEGUNDA GENERACIÓN**

## **INFORME FINAL**

**(Convenio de colaboración entre la Administración del Principado de Asturias y el INSALUD-Instituto Nacional de Silicosis, de fecha 15 de Octubre de 2001)**



Marzo 2002

GESTOR DEL PROYECTO:

Manuel Martinez Fidalgo\*

EQUIPO DE TRABAJO:

Luis Alvarez-Santullano Martínez\*\*

Manuel Angel Alvarez Alvarez\*\*\*

\*Dr. Ingeniero de Minas. Coordinador Dtto. Técnico I.N.Silicosis

\*\* Ingeniero Técnico de Minas. Servicio Prevención Técnica. I.N.Silicosis

\*\*\*Maestro Industrial. Dtto. Técnico I.N.Silicosis

## **INDICE**

### **1.- ANTECEDENTES**

### **2.- CARACTERÍSTICAS DEL NUEVO EQUIPO DESARROLLADO**

- 2.1.- Compresor**
- 2.2.- Regulación de caudal**
- 2.3.- Calentamiento**
- 2.4.- Humidificación**
- 2.5.- Temperatura y humedad**
- 2.6.- Sonda de presión**
- 2.7.- Boquilla respiratoria**
- 2.8.- Bolsa respiratoria**
- 2.9.- Armario de control**

### **3.- FUNCIONAMIENTO DEL SIMULADOR**

- 3.1.- Características y versatilidad del sistema de programación**
- 3.2.- Desarrollo del entrenamiento**

### **4.- ORGANIZACIÓN Y DESARROLLO DE LOS ENTRENAMIENTOS**

- 4.1.- Dotación de la estación de entrenamiento**
- 4.2.- Metodología de la formación**

## 1.- ANTECEDENTES

Como resultado del Convenio de Colaboración entre el INSALUD (Instituto Nacional de Silicosis), Fundación para la Investigación Científica aplicada y la Tecnología (FICYT) y el Principado de Asturias, de fecha 11-12-98, se diseñó y materializó una estación de entrenamiento capaz de proporcionar a los trabajadores sensaciones de agobio (sequedad, calor, resistencia y humedad en el aire aspirado), casi idénticas a las que se experimentan cuando, en caso de emergencia, es preciso utilizar el autorrescatador de oxígeno químico.

Realizado el proyecto, cuyo informe final fue presentado en el mes de marzo de 2001, comenzó con todo éxito el funcionamiento de la estación, instalada en el Centro de Experimentación Minera de Barredo, por donde fueron pasando diferentes grupos de trabajadores de HUNOSA y otras empresas del Principado así como los que participan en Cursos de Formación, tanto en el propio Centro de Barredo, como los que imparte la empresa HUNOSA.

A la vista de los satisfactorios resultados, se generó una demanda creciente de entrenamientos, teniendo previsto que la mayoría de los mineros pasen periódicamente por la estación.

Este objetivo implicaba, necesariamente, una modificación substancial de la estación, tratando de simplificarla, corrigiendo determinadas disfunciones del primer prototipo e incorporando nuevos elementos y tecnología de mayor fiabilidad.

La Administración del Principado de Asturias y el Insalud-Instituto Nacional de Silicosis, en fecha 15 de Octubre de 2001, suscribieron un Convenio de Colaboración, siendo uno de sus objetivos la “*construcción de una estación de entrenamiento para el uso de autorrescatadores de oxígeno químico de segunda generación*”. Paralelamente, el mismo convenio establecía que “*el Instituto Nacional de Silicosis llevará a cabo la planificación y ejecución de los entrenamientos y formación de los trabajadores en la nueva estación*”.

El presente informe da cuenta de los resultados del proyecto que atiende al primer objetivo citado, es decir, al desarrollo de la nueva estación de entrenamiento. Asimismo, se expone el trabajo realizado hasta la fecha en relación a la planificación y ejecución de los entrenamientos.

## **2.-CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL NUEVO EQUIPO DESARROLLADO**

A continuación se describen los diferentes componentes del equipo

### **2.1.-Compresor (fig. 1)**

Se trata de un compresor de aire seco, filtrado, sin lubricación y respirable, marca CATANI, dotado de dos cilindros y motor monofásico de 1,2 kW, y con capacidad de



**Fig. 1**

producción de 160 NI/min. Su objeto es producir el flujo constante de aire respirable que una vez acondicionado a la temperatura y humedad correspondiente en cada instante del entrenamiento, es conducido a la boquilla respiratoria.

## 2.2.- Regulación de caudal

Está constituido por un regulador y un rotámetro que permite fijar el caudal constante de aire suministrado al flujo abierto del sistema.

## 2.3.- Calentamiento

El caldeo del aire procedente de la regulación, se consigue mediante una batería de tres resistencias en serie de 700 W de potencia cada una (**Fig. 2**). Las resistencias están adosadas a circuitos metálicos tubulares unidos entre sí por tubo flexible de silicona. Las dos primeras resistencias realizan el calentamiento del aire en la fase seca del entrenamiento, y la última tiene por objeto la evaporación del agua para alcanzar la humedad necesaria en cada momento de la fase húmeda del entrenamiento. Dos termopares adosados a las resistencias informan sobre la temperatura de las mismas en cada momento.



fig. 2

#### 2.4.- Humidificación (fig. 3)

Para la humidificación del aire se ha diseñado y construido un sistema mecánico automatizado, específico para este proyecto.

El suministro del agua necesaria para la humidificación del aire, se realiza mediante un émbolo accionado por un motor *paso a paso* reversible, a través de un husillo. El sistema se completa con una válvula automatizada de tres vías que permite comunicar alternativamente el émbolo con el circuito de evaporación y con el depósito de reserva de agua destilada. Un final de carrera detecta el recorrido máximo del husillo en la fase de carga del émbolo, señal utilizable para el funcionamiento de algún parámetro de la programación como se explicará más adelante.



fig. 3

#### 2.5.- Temperatura y humedad

Una sonda marca VAISALA-HMP 233, detecta la temperatura y humedad del aire, utilizándose esta señal para la gestión de estos parámetros por el autómata programable. Otra sonda de seguridad reitera las mediciones instantáneas de temperatura, como medida de seguridad ante eventuales fallos de medición de la primera.

Las sondas se han instalado en la cámara de expansión situada en la bolsa respiratoria.

## 2.6.- Sonda de presión

Instalada en la boquilla respiratoria, detecta las resistencias a la espiración e inspiración. Se trata de un sensor DRUCK – LPX 5000 de medición de presión diferencial en el rango  $-20 +20$  mb con salida 0-4 mA. La señal es utilizada por el autómeta para la regulación automática de la pendiente del tapiz.

## 2.7.- Boquilla respiratoria (fig 4)

Se han diseñado específicamente boquillas respiratorias para la dotación del sistema. Sobre “t” comerciales de acero inoxidable se ha montado un diafragma calibrado para la creación de la resistencia respiratoria y la sonda de presión descrita en el apartado anterior. La boquilla es de circuito abierto, de forma que la respiración se realiza aspirando y espirando del flujo de aire continuo que circula por la “t”.

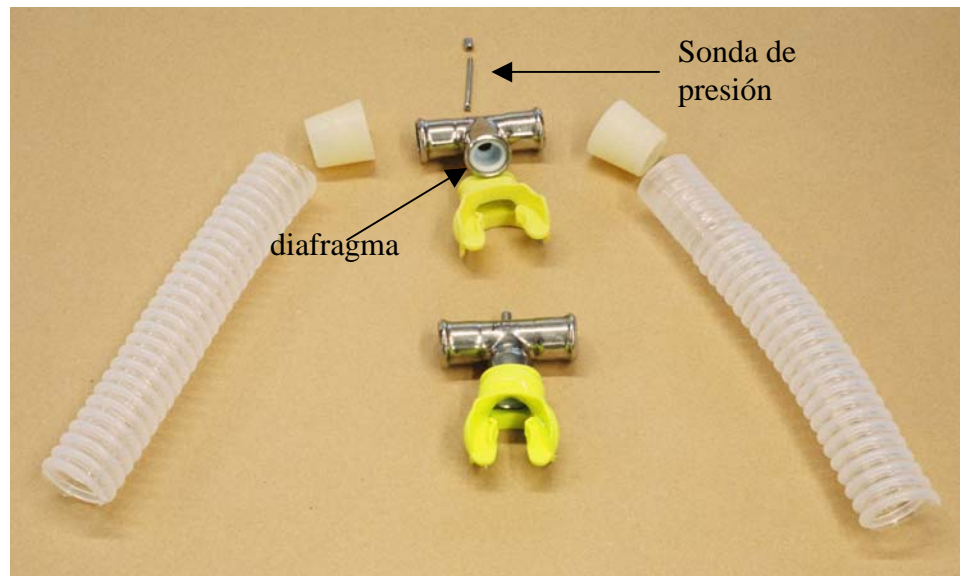


fig. 4

La boquilla se conecta al circuito mediante tubo corrugado de silicona, estando provista de un bocado comercial, también de silicona.

## 2.8.- Bolsa respiratoria (fig 5 y 6)

La bolsa respiratoria del equipo de entrenamiento se ha confeccionado utilizando el material de un equipo real, incorporando los accesorios necesarios de la simulación. El



aire se introduce por la parte inferior de la bolsa con una conducción de silicona protegida por un tubo corrugado de pvc. Por el mismo tubo se conduce el cableado de las sondas de temperatura y el tubo del sensor de presión. En el interior de la bolsa, se encuentra el vaso de expansión de entrada, donde se sitúan las sondas de temperatura y humedad y el vaso de expansión de salida del flujo de aire continuo.

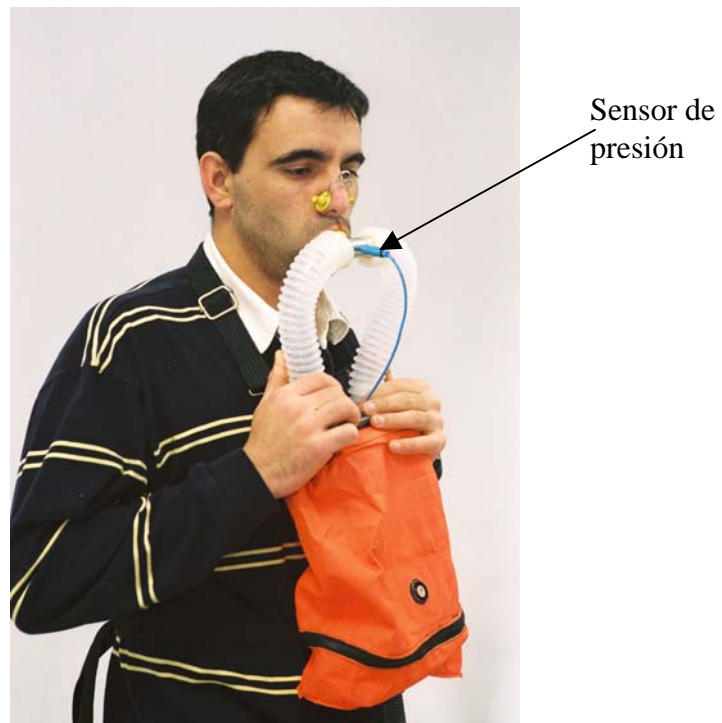


fig 5

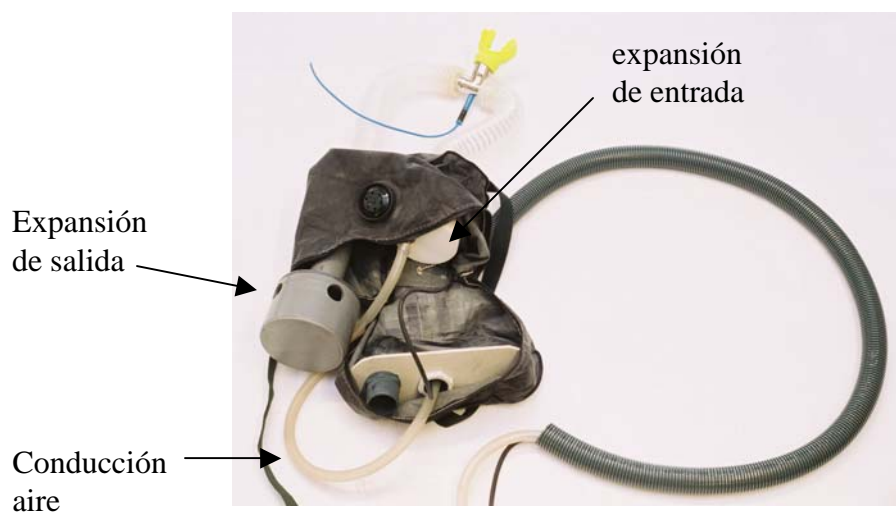


fig. 6

## 2.9.- Armario de control (Fig. 7, 8 y 9)

El armario de control contiene los equipos fundamentales del simulador, alojados en espacios independientes y con accesos diferentes. En el acceso frontal se encuentra la instalación eléctrica y de automatización cuyos componentes y esquemas figuran en el anexo. En el acceso posterior se sitúan los equipos de calentamiento y humidificación. Se dispone de una pantalla táctil que permite la configuración del sistema y la regulación de los entrenamientos, al tiempo que informa del desarrollo de los mismos en tiempo real.



fig. 7



fig. 8



fig. 9

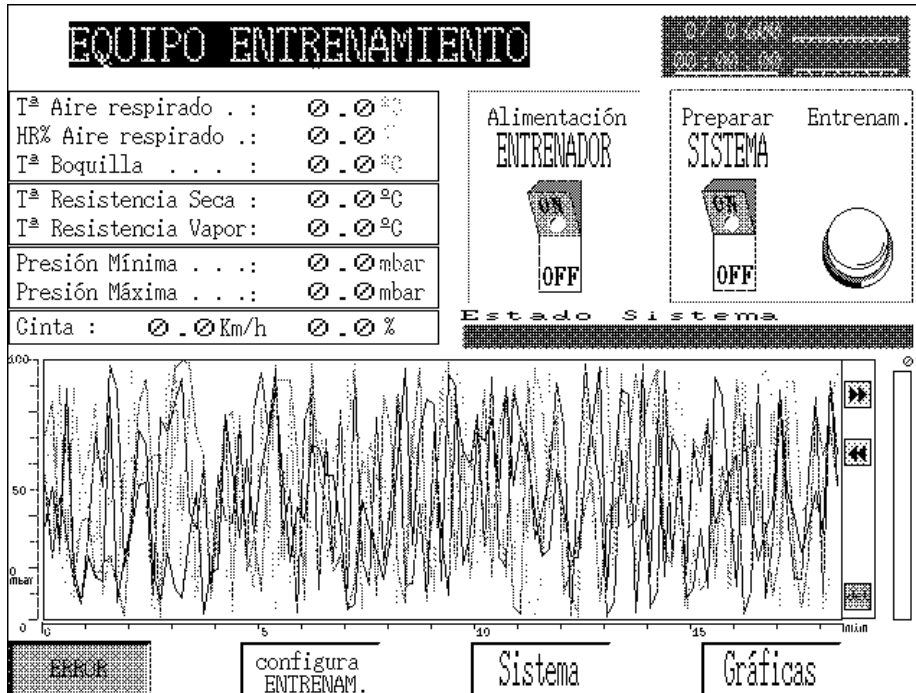
### 3.- FUNCIONAMIENTO DEL SIMULADOR

#### 3.1.- Características y versatilidad del sistema de programación

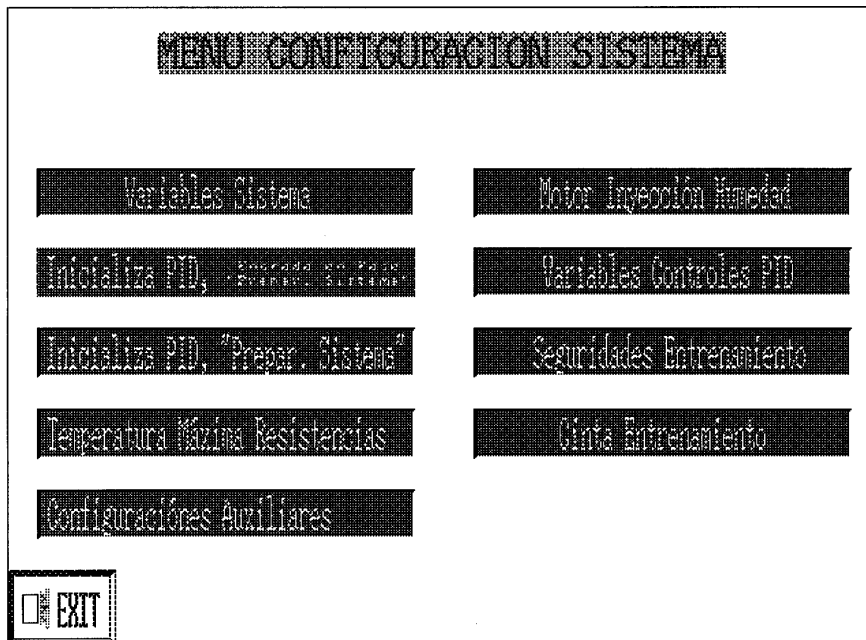
Al objeto de establecer los diferentes parámetros de la automatización del sistema, la programación permite configurar numerosas variables mediante la pantalla táctil, adaptando dichas variables al tipo de entrenamiento que se pretende realizar y, en determinadas circunstancias, a variaciones climatológicas sustanciales. La explicación de dicha configuración se desarrolla a continuación con auxilio de algunas de las propias pantallas que proporciona el sistema. En anexo figuran la totalidad de pantallas.



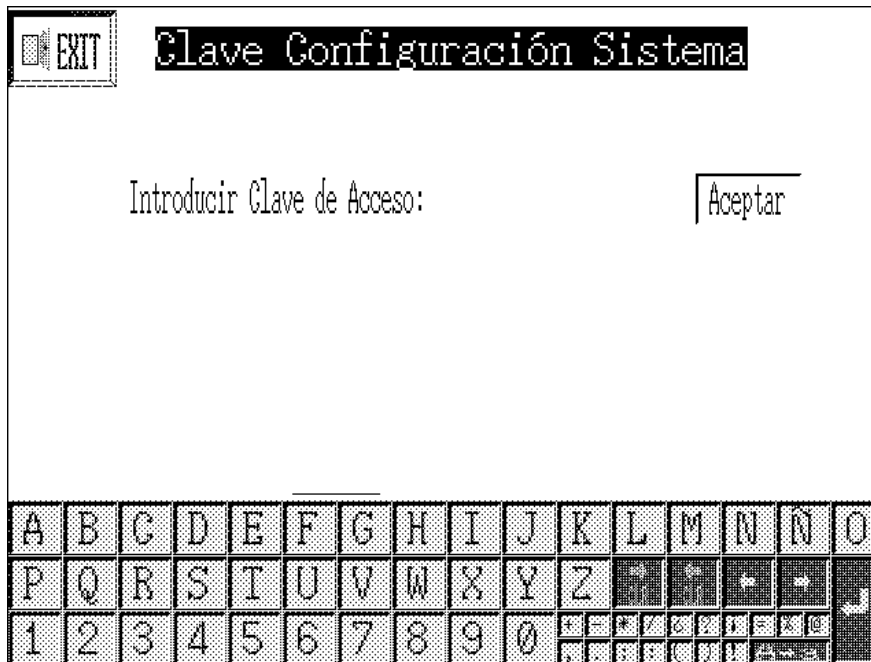
**Pantalla de presentación al realizar el arranque del equipo**



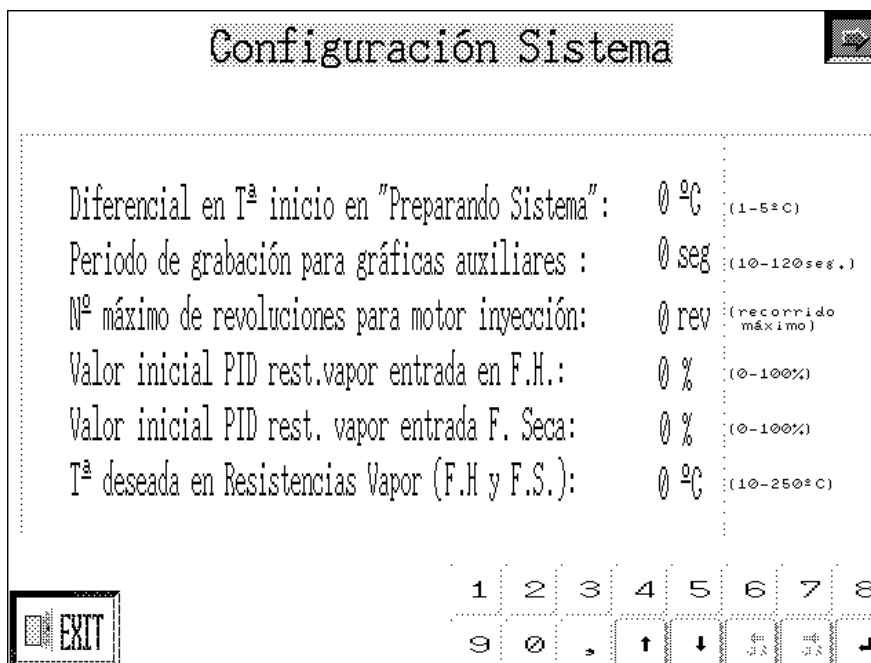
**Pantalla principal.** Contiene los *comandos táctiles* para el comienzo de los entrenamientos, para la configuración de los mismos y para la configuración del sistema. Durante el entrenamiento informa de los diferentes parámetros del mismo, numérica y gráficamente.



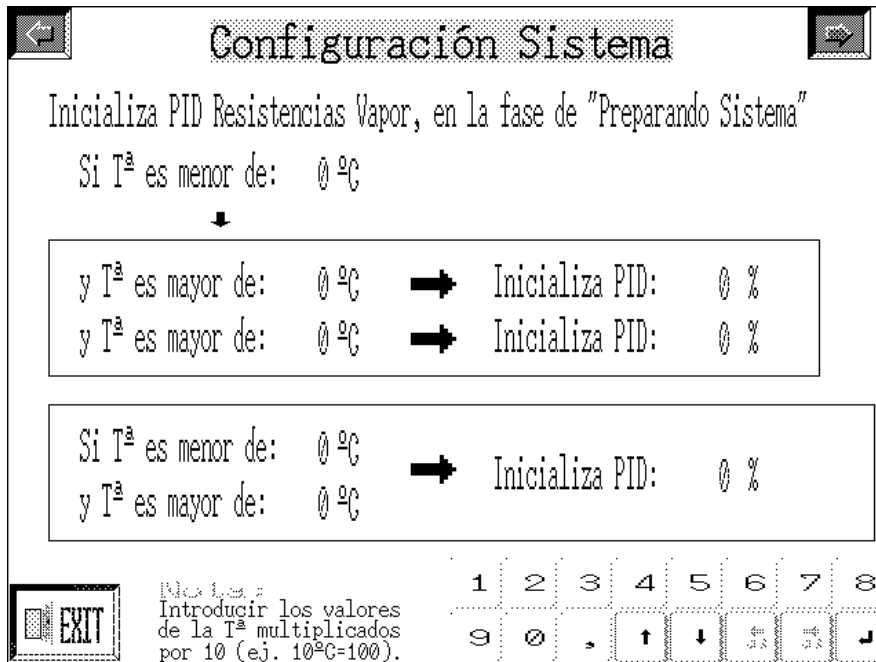
La pantalla de menú de configuración permite acceder a las opciones de introducción de parámetros de funcionamiento de la automatización y control.



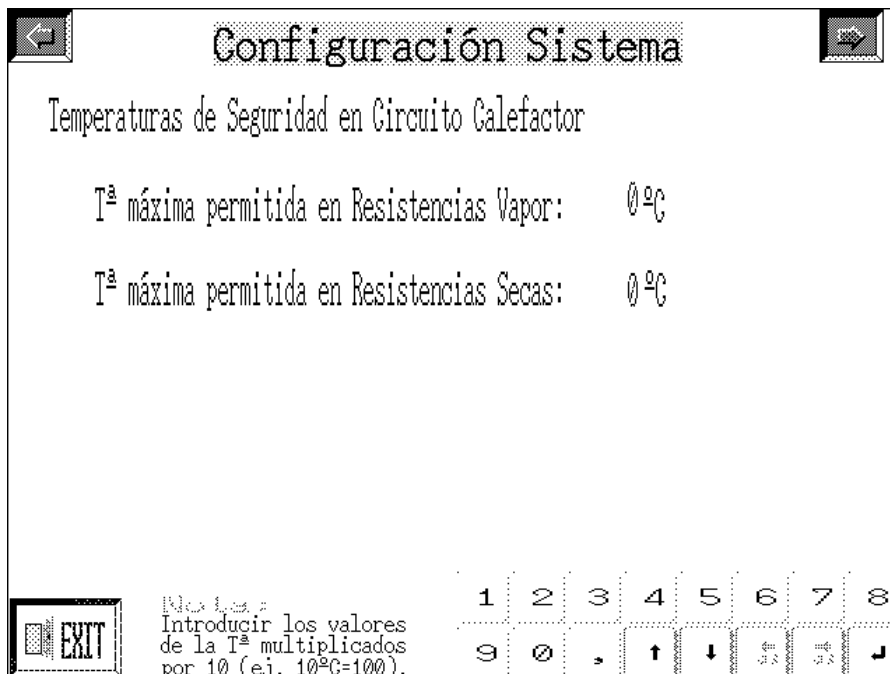
Una vez accionada la tecla de configuración del sistema, se presenta la pantalla de requerimiento de la clave de acceso para esta operación, la cual se introduce en el teclado táctil que aparece en pantalla.



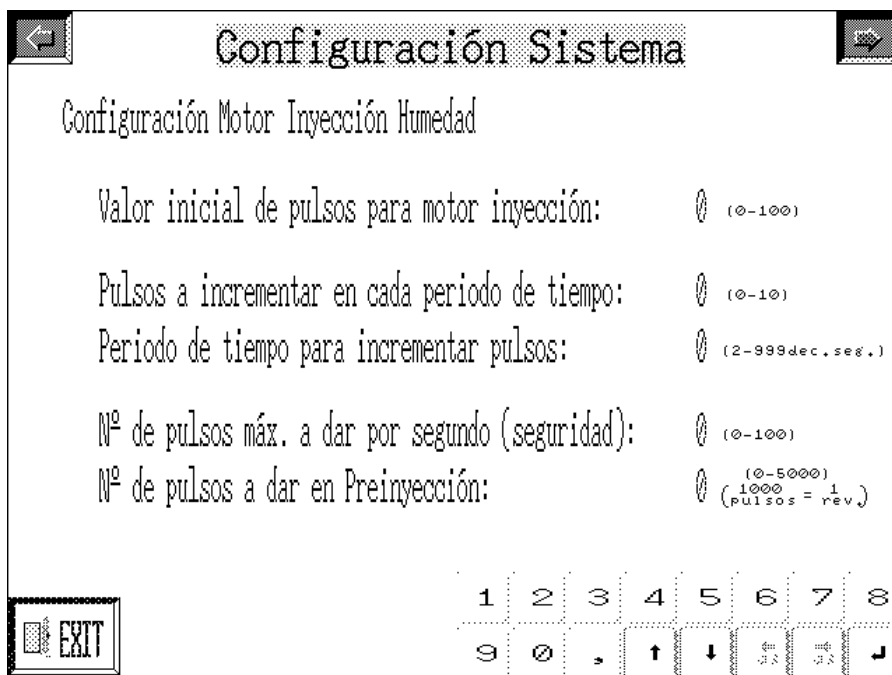
Las variables del sistema se introducen mediante el teclado táctil.



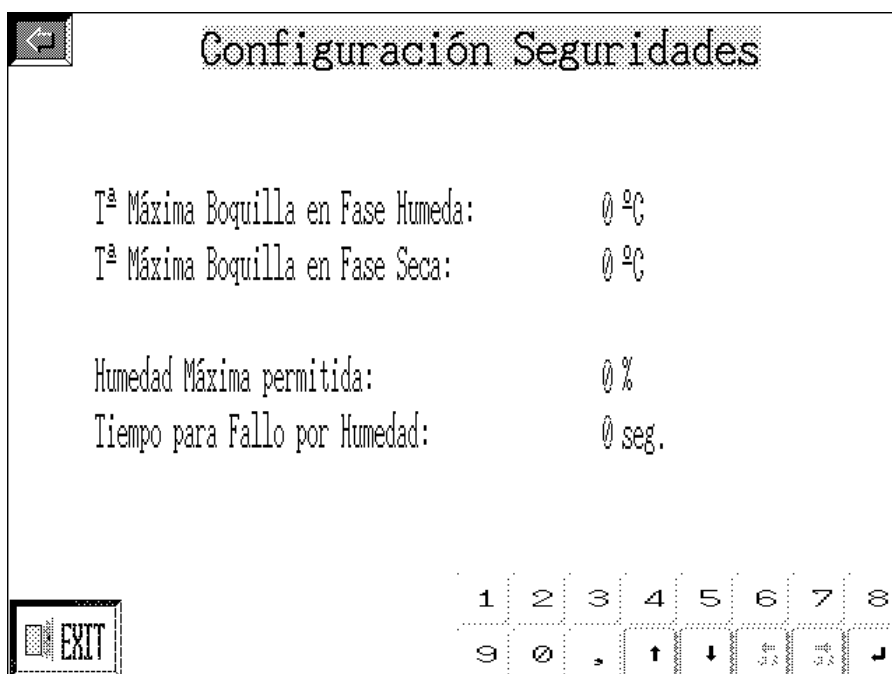
**En esta pantalla se establecen las instrucciones de control PID para la fase de preparación del sistema, previo a la iniciación de cada entrenamiento. El ajuste de estos parámetros es necesario para contrarrestar la inercia de las resistencias eléctricas.**



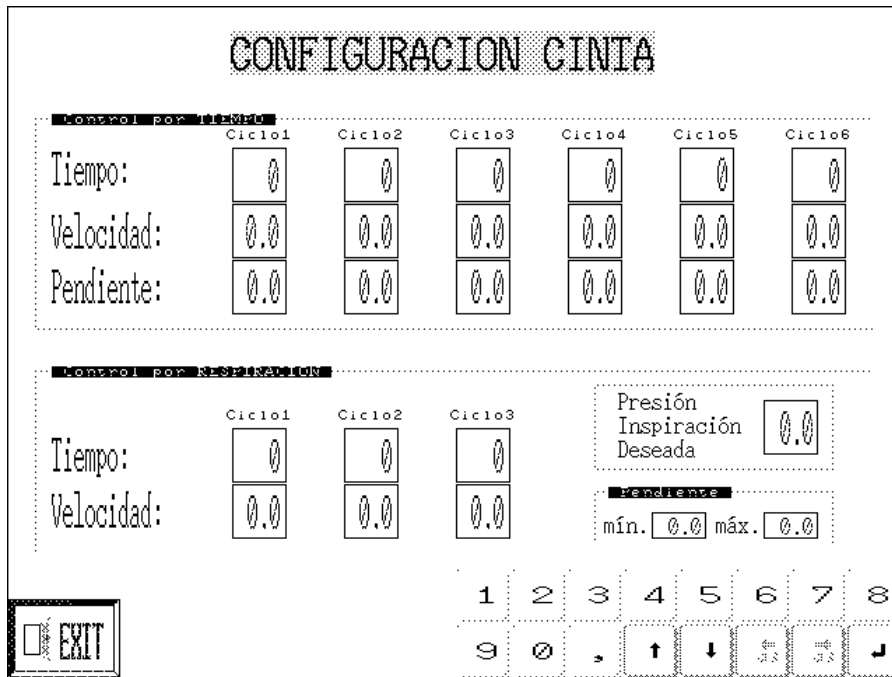
**En esta pantalla se establecen las temperaturas máximas permitidas para las resistencias, necesario en la fase de preparación del sistema, en que los requerimientos de potencia pueden demasiado elevados.**



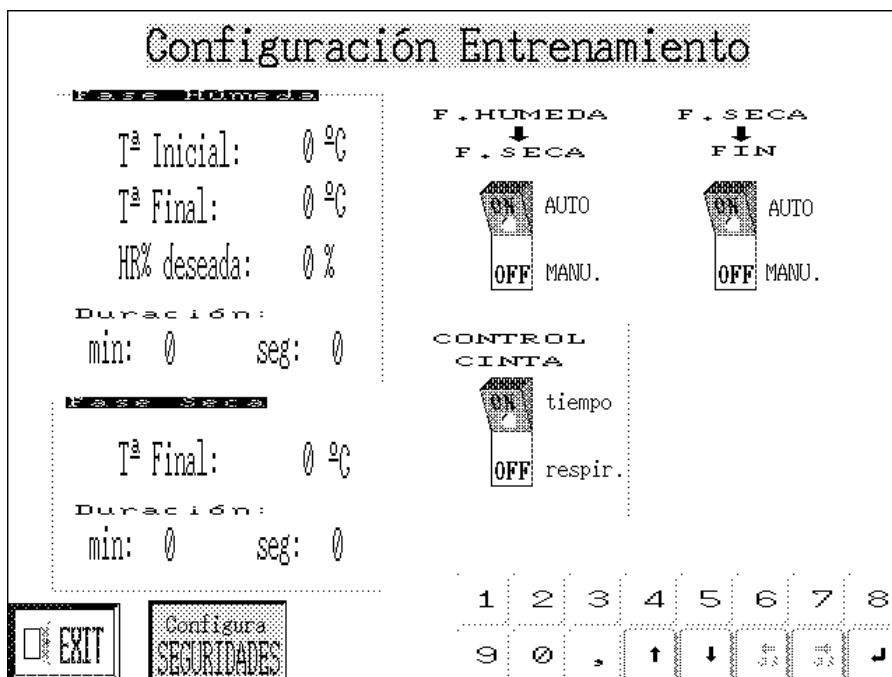
**Pantalla de configuración del funcionamiento del motor de inyección de agua para obtener en cada momento la humedad de aire deseada.**



**Mediante los parámetros configurados en esta pantalla, se abortan los entrenamientos en caso de funcionamiento incorrecto del la automatización, por motivos de seguridad.**

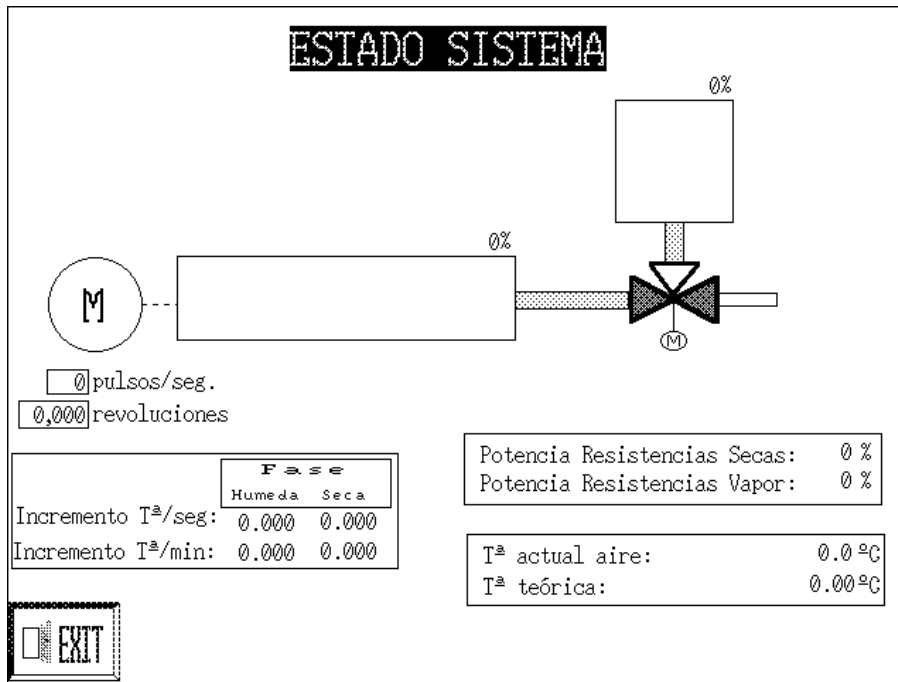


El funcionamiento del tapiz puede establecerse por tiempo/velocidad/ pendiente, o por resistencia/ pendiente de forma automática. Esta última configuración mantiene la resistencia respiratoria fijada en el entrenamiento, exigiendo el esfuerzo adecuado a la persona que se entrena.



En esta pantalla se fijan los parámetros del entrenamiento, pudiendo pasarse a las pantallas auxiliares de configuración cinta y seguridad, mediante los interruptores táctiles que se encuentran en la pantalla. El sistema ajusta los gradientes instantáneos de temperatura a la duración fijada para cada fase del entrenamiento.





**Durante el entrenamiento es posible acceder a esta pantalla que informa sobre determinados datos en tiempo real. Es especialmente útil para el ajuste del equipo mediante la configuración de los controles PID.**

### 3.2.- Desarrollo del entrenamiento (fig. 10)

El entrenamiento estándar se desarrolla en dos fases, con el objeto de simular las condiciones de funcionamiento de los diferentes tipos de autorrescatadores. Una vez establecidos los parámetros correspondientes en la pantalla de configuración, en una fase previa se prepara el sistema hasta situar la temperatura y humedad inicial en los términos configurados. Alcanzados los mismos, el sistema se autorregula manteniendo esta situación hasta que se acciona el sensor táctil de iniciación del entrenamiento.

El entrenamiento se realiza en primer lugar en fase húmeda, alcanzándose rápidamente la humedad establecida, e incrementándose la temperatura con el gradiente que corresponda con el tiempo de duración establecido para esta fase del entrenamiento.

Alcanzado el tiempo y temperatura de esta fase, se inicia automáticamente la fase seca, en las condiciones establecidas para la misma.

A lo largo del entrenamiento, la resistencia respiratoria se hace más intensa según la configuración establecida para el funcionamiento del tapiz de forma que una mayor velocidad/pendiente del mismo provoca flujos respiratorios superiores y, consecuentemente, mayores resistencias.

Alcanzado el final del entrenamiento, se corta automáticamente el flujo de aire y se para el tapiz. El sistema entra automáticamente en la fase previa de preparación, llenando el émbolo de agua destilada y estabilizando la temperatura y humedad en los parámetros de inicio de un nuevo entrenamiento.

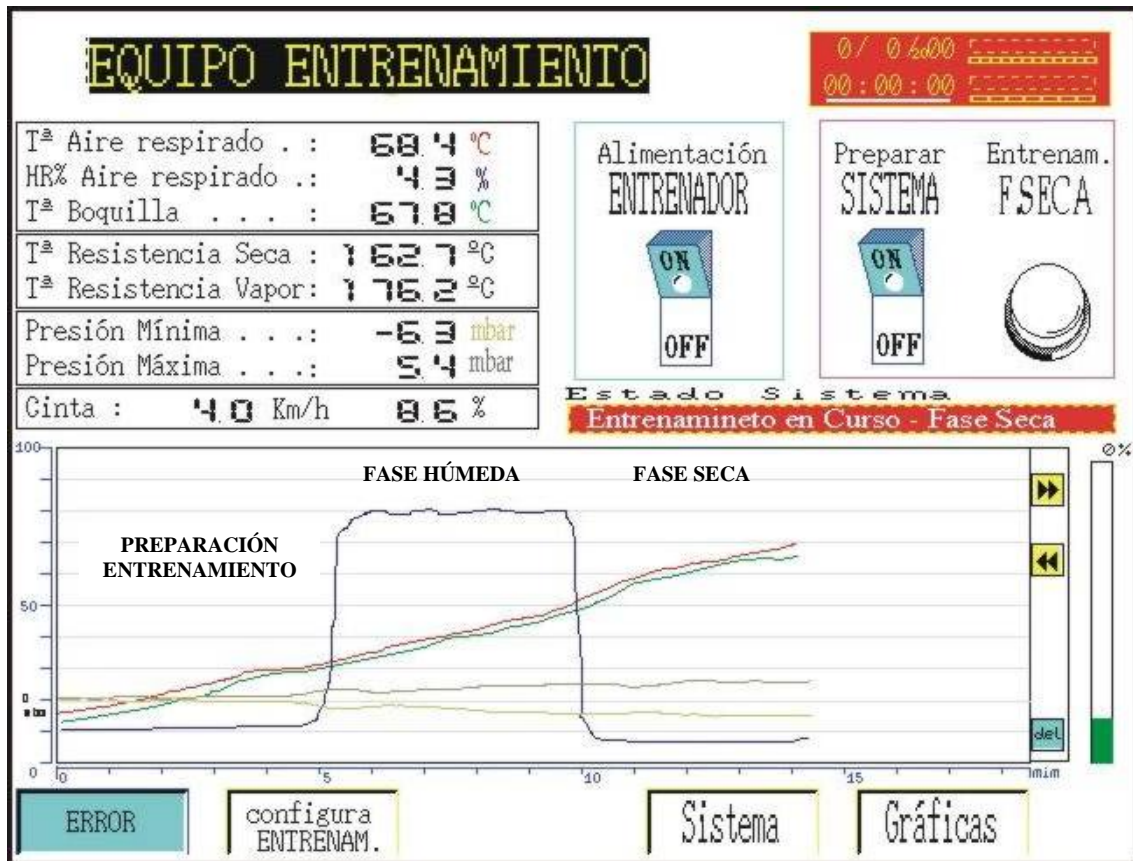


fig 10

En la **figura 11** se presenta el esquema de funcionamiento del simulador. Cuando este se inicia, los sensores de temperatura, humedad y resistencia informan al programador, el cual actúa sobre la potencia aplicada a las resistencias del calefactor, sobre la velocidad del motor de empuje del émbolo de introducción del agua, y sobre la velocidad o pendiente del tapiz, todo ello de acuerdo con la configuración del entrenamiento realizada previamente. Así, la temperatura del aire en cada momento se adapta según el gradiente que corresponda a las temperaturas inicial y final de cada fase y a la duración de la misma. Del mismo modo, la velocidad del motor de introducción de agua se adapta a la humedad establecida, aumentando esta según los requerimientos crecientes exigidos por el aumento de temperatura y sin rebasar en ningún caso la máxima establecida. Finalmente, la velocidad/pendiente de la cinta se ajusta a los requerimientos configurados en el entrenamiento.

Una vez alcanzados los parámetros finales del entrenamiento, se cierra automáticamente el flujo de aire, se para la cinta, la válvula de tres vías es accionada por el motor correspondiente y el motor del émbolo, girando en sentido inverso, procede al llenado del mismo. Un final de carrera provoca la parada del émbolo y posiciona la válvula de tres vías en situación de comenzar un nuevo entrenamiento, entrando directamente en la fase de preparación.

Durante el entrenamiento, los elementos de seguridad impiden que se sobrepasen la humedad, temperatura y resistencia máximas establecidas, abortando el entrenamiento si por alguna causa esto ocurriera.

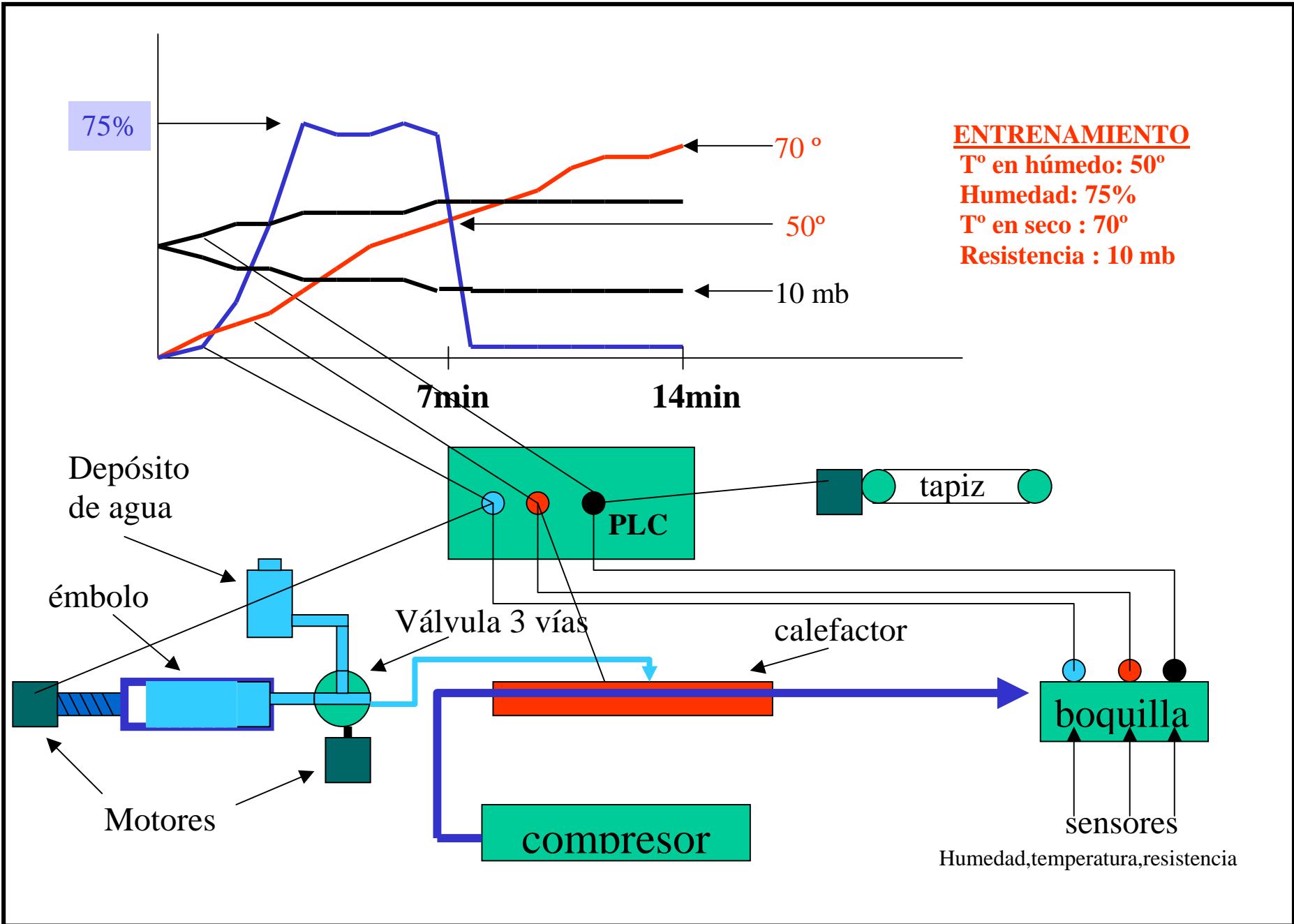


Fig. 11

#### 4.- ORGANIZACIÓN Y DESARROLLO DE LOS ENTRENAMIENTOS

Una vez desarrollado el equipo de simulación, se instaló en la estación de entrenamiento de la Fundación Barredo, continuando la formación del personal minero procedente de diferentes explotaciones asturianas. (fig. 12)

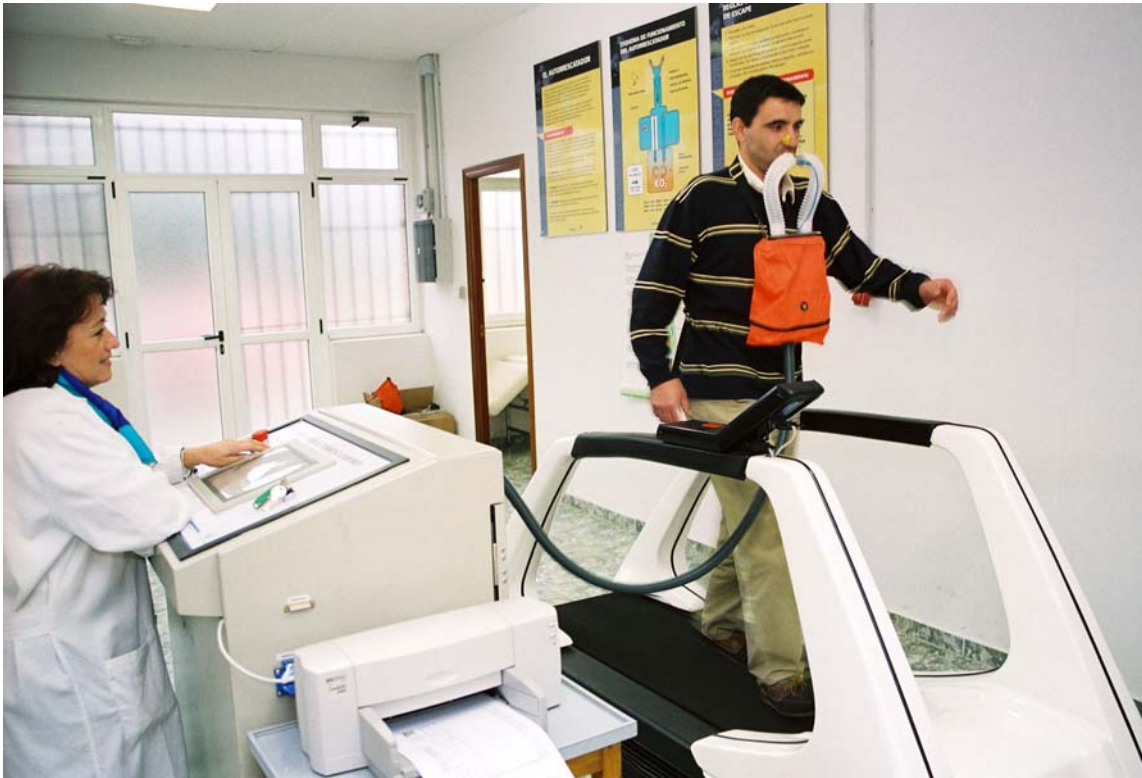


fig 12

##### 4.1.- Dotación de la estación de entrenamiento

Personal:

- 1-2 técnicos del Instituto Nacional de Silicosis.
- 1 Ayudante Técnico Sanitario del Instituto Nacional de Silicosis

Equipos y material:

- Equipo de simulación de segunda generación
- Autorrescatadores de entrenamiento, modelos FENZY, MSA y DRAGER
- Paneles explicativos
- Medios audiovisuales

#### **4.2.- Metodología de la formación**

- 1.- Explicación detallada del funcionamiento de los equipos, de la sistemática de apertura y de las pautas a seguir durante su uso
- 2.- Exposición de vídeos de instrucciones de uso de los diferentes tipos de equipos utilizados
- 3.- Entrenamiento en el simulador.

La estación de entrenamiento funciona diariamente, siendo impartida la formación y entrenamiento a 10-12 trabajadores. Hasta la fecha han sido formados y entrenados 1350 trabajadores.