

Sistema de Toma de Datos y
Control de un Banco de Calibración
de Instrumentación para Medida de
Partículas Submicrométricas

J. Alberdi
J.M. Barcala
D. Sanz
F.J. Gómez
A. Molinero
J.J. Navarrete

Toda correspondencia en relación con este trabajo debe dirigirse al Servicio de Información y Documentación, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Ciudad Universitaria, 28040-MADRID, ESPAÑA.

Las solicitudes de ejemplares deben dirigirse a este mismo Servicio.

Los descriptores se han seleccionado del Thesaurus del DOE para describir las materias que contiene este informe con vistas a su recuperación. La catalogación se ha hecho utilizando el documento DOE/TIC-4602 (Rev. 1) Descriptive Cataloguing On-Line, y la clasificación de acuerdo con el documento DOE/TIC.4584-R7 Subject Categories and Scope publicados por el Office of Scientific and Technical Information del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

Se autoriza la reproducción de los resúmenes analíticos que aparecen en esta publicación.

Depósito Legal: M -14226-1995
ISSN: 1135 - 9430
NIPO: 238-99-003-5

Editorial CIEMAT

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES

448000;540120

INSTRUMENTATION; DATA ACQUISITION SYSTEMS; CONTROL SYSTEMS;
COMPUTERIZED CONTROL SYSTEMS; CHEMICAL ANALYSIS; CALIBRATION

“Sistema de Toma de Datos y Control de un Banco de Calibración de Instrumentación para Medida de Partículas Submicrométricas”

Alberdi, J; Barcala, J.M.; Sanz, D.; Gómez, F.J.; Molinero; A.; Navarrete, J.J.
36 pp. 16 figs. 2 refs.

Resumen:

Este documento describe las características del sistema SAD-100 diseñado y construido en el CIEMAT para cubrir las necesidades específicas en materia de adquisición de datos y control de un banco de calibración de instrumentación.

“Submicronic Particle Measurement Instrumentation Test Bench Data Acquisition and Control System”

Alberdi, J; Barcala, J.M.; Gómez, F.J.; Molinero; A.; Navarrete, J.J.
36 pp. 16 figs. 2 refs.

Abstract:

This document describes the SAD-100 system characteristics. The unit makes the instrumentation test bench data acquisition and control. SAD-100 was designed and developed by Electronic and Automation Area (CIEMAT) and Aerosol Technology in Energy Generation Project (CIEMAT).

INDICE

1. Introducción	3
2. Descripción física	6
4. Formatos de datos.....	7
4.1. Formatos de datos en las entradas analógicas	7
4.2. Formatos de datos en las salidas analógicas.....	8
5. Módulos en el SAD-100.....	8
5.1. Entradas analógicas: módulos 4017 y 4018	8
5.1.1. Características del ADAM-4017	9
5.1.2. Características del ADAM-4018	9
5.2. Salida analógica: módulo ADAM-4021	9
5.2.1. Características del ADAM-4021	9
5.3. Salidas de relés: módulo ADAM-4060	9
5.3.1. Características del ADAM-4060	10
6. Instalación del sistema	10
7. Descripción del software	11
7.1. Instalación del software.....	11
7.2. Uso del programa	11
7.2.1. Opciones.....	12
7.2.2. Experimento 1: Escatrón	12
7.2.3. Experimento 2: Banco de calibración de instrumentación.....	13
7.2.4. Experimento 3: Planta piloto.....	15
7.2.5. Salir.	15
7.3. Fichero de datos	16
ANEXO A. Características de los módulos ADAM usados en la unidad SAD-100	17
ANEXO B. Fotografías de la unidad SAD-100	21
ANEXO C. RS-485	25
ANEXO D. Conexión de los sensores y actuadores al SAD-100	27
BIBLIOGRAFÍA.....	30

1. Introducción

El Laboratorio de Caracterización de Partículas adscrito al proyecto Tecnología de Aerosoles en Generación de Energía cuenta con una serie de instrumentos (caudalímetros máxicos, transductores de presión, termopares) destinados a la medida de variables termohidráulicas tanto en paneles de muestreo y caracterización de aerosoles como en bancos de calibración de instrumentación en desarrollo. Con el fin de obtener el máximo aprovechamiento de estos recursos, surgió la idea de hacerse con un instrumento capaz de captar y registrar sus señales durante la realización de experimentos. Tal instrumento debía ser flexible para poder ser usado en diferentes aplicaciones y portátil con el fin de poder ser usado en los desplazamientos a diferentes plantas industriales. A fin de desarrollar dicho instrumento el Área de Electrónica y Automática del CIEMAT estudió varias de las aplicaciones que podrían hacer uso de él.

En concreto se trataba de un banco de calibración de instrumentación para medida de partículas submicrométricas con varios sensores de caudal y presión, mostrado en la figura 1, y de un panel de muestreo de aerosoles destinado a operar en plantas industriales cuyas condiciones y ambiente desaconsejan la presencia constante de un operario. En este panel no sólo era necesaria la captación y registro de variables como la temperatura del gas o el caudal, sino también su control y la maniobra remota de válvulas motorizadas.

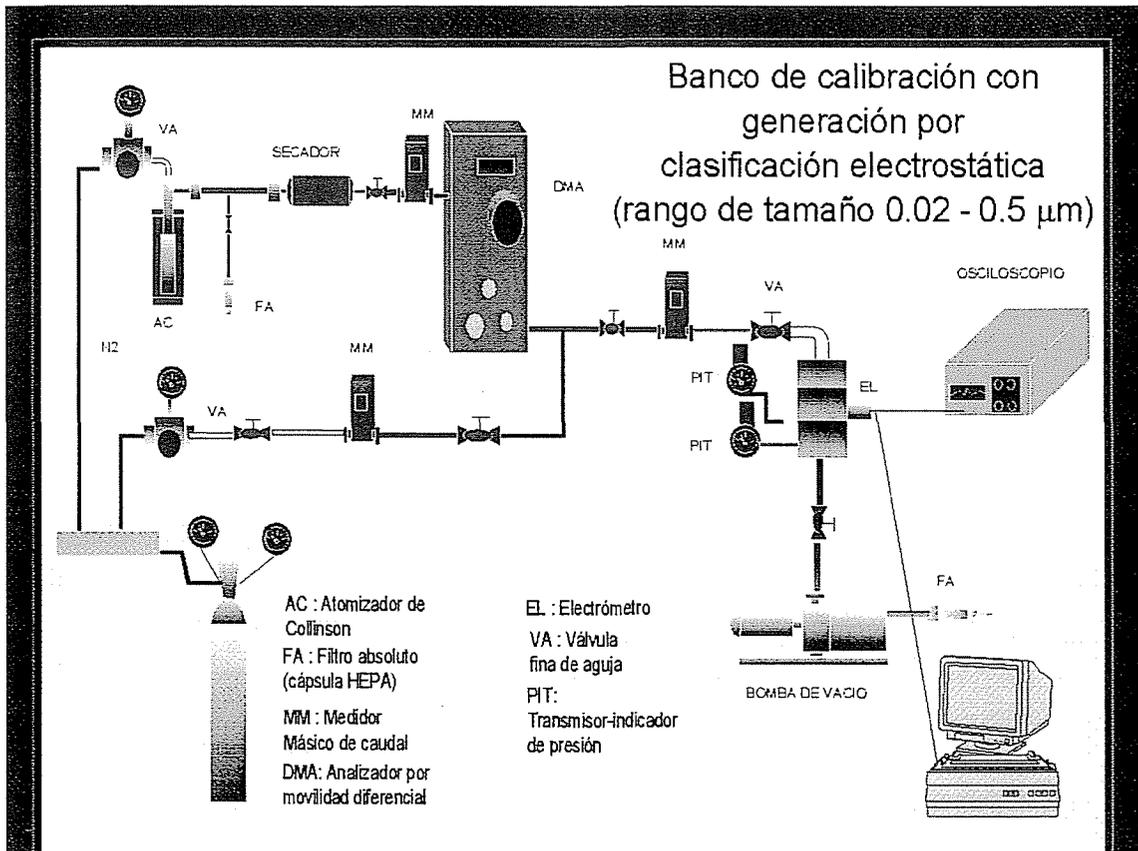


Figura 1. Esquema del banco de calibración de instrumentación para medida de partículas submicrométricas.

La figura 2 muestra el diagrama de flujo de este panel. Se puede apreciar que el caudal de gas muestreado debe ser dividido en dos corrientes. El reparto de caudal entre las dos ramas es controlado automáticamente. También se observa el cuadro eléctrico instalado para poder maniobrar localmente las válvulas motorizadas y evitar exponer el sistema de control a la tensión de alimentación de los actuadores de las válvulas (220V).

En el presente documento se describe el sistema de adquisición de datos realizado para cubrir las necesidades expuestas, así como las que pudieran surgir en el futuro.

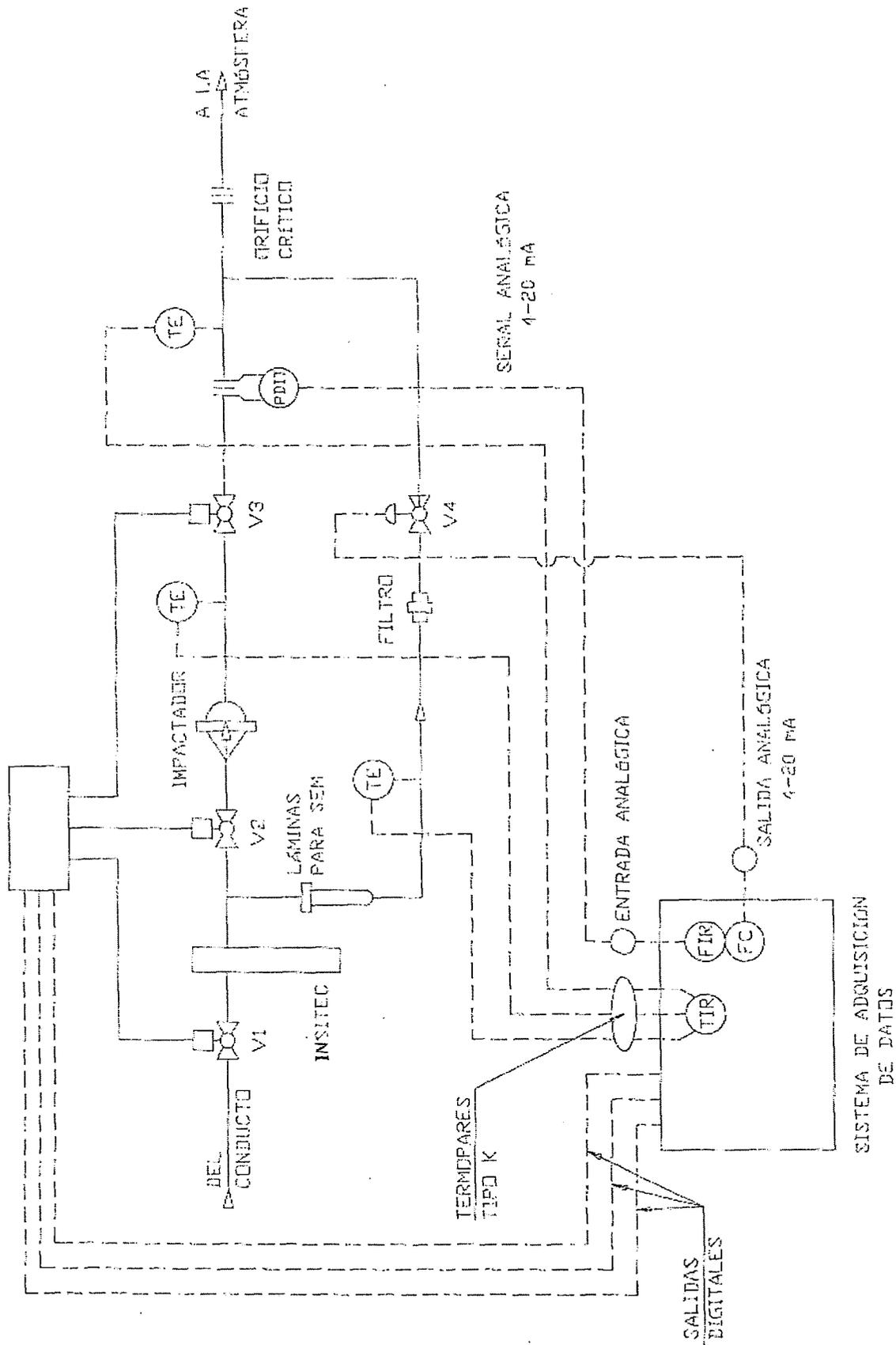


Figura 2. Panel de muestreo de aerosoles a alta temperatura y presión.

PANEL DE MUESTREO DE AEROSLES A ALTA TEMPERATURA Y PRESIÓN - DIAGRAMA DE FLUJO

2. Descripción física

El SAD-100 mide 260.8 mm de ancho por 258.5 mm de largo y 150 mm de alto. El frontal del equipo está ocupado por cinco conectores de clemas para el puerto de comunicaciones y entrada/salida de señales (figura 3). En la parte trasera se encuentra la entrada de red (220 V) con fusible y un indicador LED así como la salida del ventilador (figuras en anexo B). La caja pesa 4 kg y tiene una asa que facilita su transporte.

En el interior dispone de cuatro módulos ADAM de la casa Advantech que proporcionan las salidas y entradas analógicas y digitales. Estos módulos están unidos mediante una línea RS-485 que los comunica con el ordenador de control.

El SAD-100 tiene una tapa transparente en su parte frontal que protege las clemas y sus conexiones. Esta tapa tiene una abertura en su parte inferior para la salida de cables cuando está cerrada.

3. El puerto de comunicaciones

El SAD-100 puede comunicarse a través de un puerto serie RS-485 localizado en la parte frontal del aparato. Para conectarse a un PC, que usan la norma RS-232 en sus puertos series, es necesario usar un adaptador preparado junto con el instrumento y que puede verse en la figura 3. Los parámetros usados en la comunicación son: 9600 baudios, 8 bits, sin paridad y 1 bit de stop.

Si el SAD-100 va a conectarse a un dispositivo que soporta RS-485 no es necesario usar el bloque adaptador. El SAD-100 puede reconfigurarse para usar el estándar RS-422.

El bloque adaptador tiene su propia fuente de alimentación y precisa ser conectado a la red (220 V). En su interior se encuentra un módulo ADAM-4520 que es el encargado de hacer la adaptación entre las líneas serie. Por un lado recibe la línea RS-485 (2 hilos) en unas clemas y al otro lado un conector DB-9 hembra permite la conexión con el ordenador. Este unión se hace usando solamente tres líneas: TxD, RxD y GND.



Figura 3. El SAD-100 con el módulo adaptador de línea serie.

4. Formatos de datos

4.1. Formatos de datos en las entradas analógicas

Los datos de entrada se representan en unidades de ingeniería. Este formato representa los datos en unidades naturales como grados, voltios, milivoltios y miliamperios. El formato de ingeniería es leído directamente por la mayoría de los lenguajes de programación, ya que la longitud total de la tira, incluyendo signo, dígitos y punto decimal, no excede de siete caracteres.

Rango de entrada	Resolución
$\pm 15 \text{ mV}$, $\pm 50 \text{ mV}$	$1 \mu\text{V}$ (tres posiciones decimales)
$\pm 100 \text{ mV}$, $\pm 150 \text{ mV}$, $\pm 500 \text{ mV}$	$10 \mu\text{V}$ (dos posiciones decimales)
$\pm 1 \text{ V}$, $\pm 2.5 \text{ V}$, $\pm 5 \text{ V}$	$100 \mu\text{V}$ (cuatro posiciones decimales)
$\pm 10 \text{ V}$	1 mV (tres posiciones decimales)
$\pm 20 \text{ mA}$	$1 \mu\text{A}$ (tres posiciones decimales)
Termopares tipo J y T	$0.01 \text{ }^\circ\text{C}$ (dos posiciones decimales)
Termopares tipo K, E, R, S y B	$0.1 \text{ }^\circ\text{C}$ (una posición decimal)

Tabla 1. Resoluciones según rangos de entrada.

Los datos constan de un signo más (+) o menos (-), seguido de cinco dígitos decimales y un punto decimal. El rango de entrada determina la resolución o el número de lugares decimales usados.

4.2. Formatos de datos en las salidas analógicas

Estos datos también se expresan en unidades de ingeniería, concretamente en miliamperios. Un dato tiene una longitud fija de seis caracteres: dos dígitos decimales, un punto decimal y otros tres dígitos detrás de él. La resolución es de 5 μ A.

5. Módulos en el SAD-100

El SAD-100 tiene en su interior un conjunto de módulos ADAM. En concreto dispone de 1 módulo 4017 con 8 entradas analógicas, 6 diferenciales y 2 single-ended; 1 módulo 4018, con otras 8 entradas analógicas que pueden ser usadas para termopares; 1 módulo 4060 con 4 salidas de relé y 1 módulo 4021 que proporciona una salida analógica en corriente o en voltaje. Las entradas y salidas de estos módulos han sido llevadas a las clemas de la parte frontal del aparato.

Los módulos se encuentran unidos en el interior del SAD-100 mediante una línea RS-485. Esta misma línea es la que se encuentra disponible en el conector marcado con este nombre en el frontis y que permite comunicarse con el SAD-100.

La unidad también proporciona la alimentación que necesitan los módulos mediante una fuente colocada en su interior. También dispone de un espacio libre para añadir un módulo más.

5.1. Entradas analógicas: módulos 4017 y 4018

Los ADAM 4017/4018 son módulos de 16 bits que disponen de 8 canales cada uno. Disponen de varios rangos de entrada programables. Las entradas proporcionan un optoaislamiento de 3000 V_{dc} entre las entradas analógicas y el módulo, protegiendo al módulo y periféricos de daños provenientes de altos voltajes en las entradas.

Estos módulos permiten acondicionamiento de señal, conversión A/D, rangos variables y comunicación digital via RS-485. El módulo protege al equipamiento de bucles de masa y alteraciones en la alimentación gracias a su optoaislamiento de la entrada A/D y un transformador de aislamiento de hasta 3000 V_{dc} .

Para realizar la conversión A/D usan un convertidor sigma-delta controlado por un microprocesador de 16 bits. Los datos digitales se trasladan después a unidades de ingeniería. A petición del ordenador, el módulo le envía el dato a través de la interfase RS-485.

5.1.1. Características del ADAM-4017

Rangos de entrada para voltaje: ± 150 mV, ± 500 mV, ± 1 V, ± 5 V y ± 10 V.

Rango de entrada para corriente: ± 20 mA (necesita una resistencia de 125Ω).

5.1.2. Características del ADAM-4018

Rangos de entrada para termopares: para tipos J, K, T, E, R, S y B.

Rangos de entrada para voltaje: ± 15 mV, ± 50 mV, ± 100 mV, ± 500 mV, ± 1 V y ± 2.5 V.

Rango de entrada para corriente: ± 20 mA (necesita una resistencia de 125Ω).

5.2. Salida analógica: módulo ADAM-4021

Este módulo recibe una entrada digital desde el ordenador de control a través de la línea RS-485. Los datos pueden expresarse en unidades de ingeniería, complemento a dos en hexadecimal o en porcentaje del fondo de escala. En este caso el módulo ha sido programado para esperar los datos en unidades de ingeniería. Tras recibir el dato usa el convertidor D/A controlado por microprocesador para convertir el dato digital en una salida analógica.

Puede leerse el verdadero valor de la salida analógica ya que el módulo monitoriza la salida de forma independiente. Pueden elegirse velocidades de desplazamiento y corrientes de inicio mediante programación. Este módulo proporciona una única salida analógica en un rango de voltajes o de corrientes.

Tienen un optoaislamiento de la salida analógica y un transformador de aislamiento hasta $3000 V_{dc}$.

5.2.1. Características del ADAM-4021

Tipos de salida:

- Voltaje: 0 a 10 V (slew rate = 0.0625 a 64 V/sec)
- Corrientes: 0 a 20 mA, 4 a 20 mA (slew rate = 0.125 a 128 mA/sec)

5.3. Salidas de relés: módulo ADAM-4060

Este módulo proporciona 4 salidas de relés, dos de tipo A y dos de tipo C. En el frontis del equipo sus salidas han sido cableadas para ser usadas todas como de tipo A. Puede usarse fácilmente para control ON/OFF y aplicaciones de baja potencia.

5.3.1. Características del ADAM-4060

Características de los contactos para los tipos A y C:

- AC: 0.5 A / 120 V_{ac}
- DC: 1 A / 24 V_{dc}

6. Instalación del sistema

Para usar el equipo SAD-100 es necesario disponer de los siguientes elementos:

- un ordenador
- un cable serie RS-232
- el adaptador de línea serie RS-232 a RS-485
- un cable serie RS-485
- la unidad SAD-100

No hay requisitos especiales sobre el hardware del ordenador. Si solamente dispone de puertos RS-232, como es habitual en los PCs, será necesario usar un adaptador de línea para transformar las señales al protocolo RS-485.

Las señales de los sensores se conectan en las clemas del frontal del SAD-100. Como puede verse en la figura los rótulos indican que tipo de sensores o actuadores deben conectarse en cada clema. La parte positiva de cada señal viene indicada con un + y la parte negativa con un -.

Las salidas de relés han sido cableadas de manera que todas funcionen como un tipo A. Todas las líneas marcadas como COMX han sido cortocircuitadas en el interior de la caja. A una cualquiera de estas COMX debería llevarse la alimentación de las válvulas para que los relés puedan cortarlas. Las líneas señaladas como ONX deben conectarse a las válvulas.

Las entradas analógicas están preparadas para medir corrientes ± 20 mA gracias a resistencias de precisión colocadas en el interior de la unidad.

El sistema tiene una salida analógica que puede usarse en corriente (0-20 mA, 4-20 mA) o en tensión (0-10 V).

Tipo de E/S	Error típico de medida
Termopares K	± 1.5 °C
Entradas	$\pm 0.1\%$
Salidas	$\pm 0.1\%$ del fondo de escala en corriente $\pm 0.2\%$ del fondo de escala en voltaje

Tabla 2. Errores en las señales de entrada y salida.

Como norma general apagar la unidad SAD-100 antes de conectar o desconectar líneas de sensores.

7. Descripción del software

Para realizar la automatización de la experiencia se escribió un programa que utilizaba las prestaciones de este equipo. Este programa, desarrollado en LabView, corre bajo Windows 95 y recibió el nombre de SAD100.

LabView es una aplicación para desarrollo de programas que usa un lenguaje gráfico para crear programas en forma de diagramas de bloques. Se eligió LabView por la facilidad de implementación y representación de datos.

7.1. Instalación del software

El programa se instala desde disquete corriendo la utilidad *setup* que puede encontrarse en el primero de ellos.

7.2. Uso del programa

Antes de comenzar a usar el programa debemos asegurarnos que la unidad SAD-100 y el adaptador de línea serie están encendidos y debidamente conectados a la línea serie del ordenador. Al arrancar SAD100 aparecerá la pantalla principal que podemos ver en la figura 4. En esta pantalla encontramos unos controles con los que podemos elegir el tipo de experimento que queremos hacer entre los tres tipos que permite el programa. Otro control nos lleva a una ventana de opciones y un quinto control nos permite salir del programa.



Figura 4. Pantalla principal del programa SAD100.

7.2.1. Opciones

En la figura 5 puede verse la ventana que aparece al pulsar el control *Opciones*. En esta ventana podemos elegir el puerto serie que vamos a usar para comunicarse con la unidad y el nombre del fichero donde se guardarán los datos de la experiencia.

El programa usa por defecto el puerto COM1 para comunicarse con el SAD-100 y no guarda los datos en el disco. Por eso el lugar donde debería verse el nombre del fichero de datos aparece en blanco. Si quieren usarse otras opciones diferentes a las de por defecto deben elegirse antes de ir a cualquier otra ventana del programa. También debe elegirse el intervalo de tiempo al que se guardarán los datos.

Para regresar a la pantalla principal debe elegirse *Volver* en el menú superior.

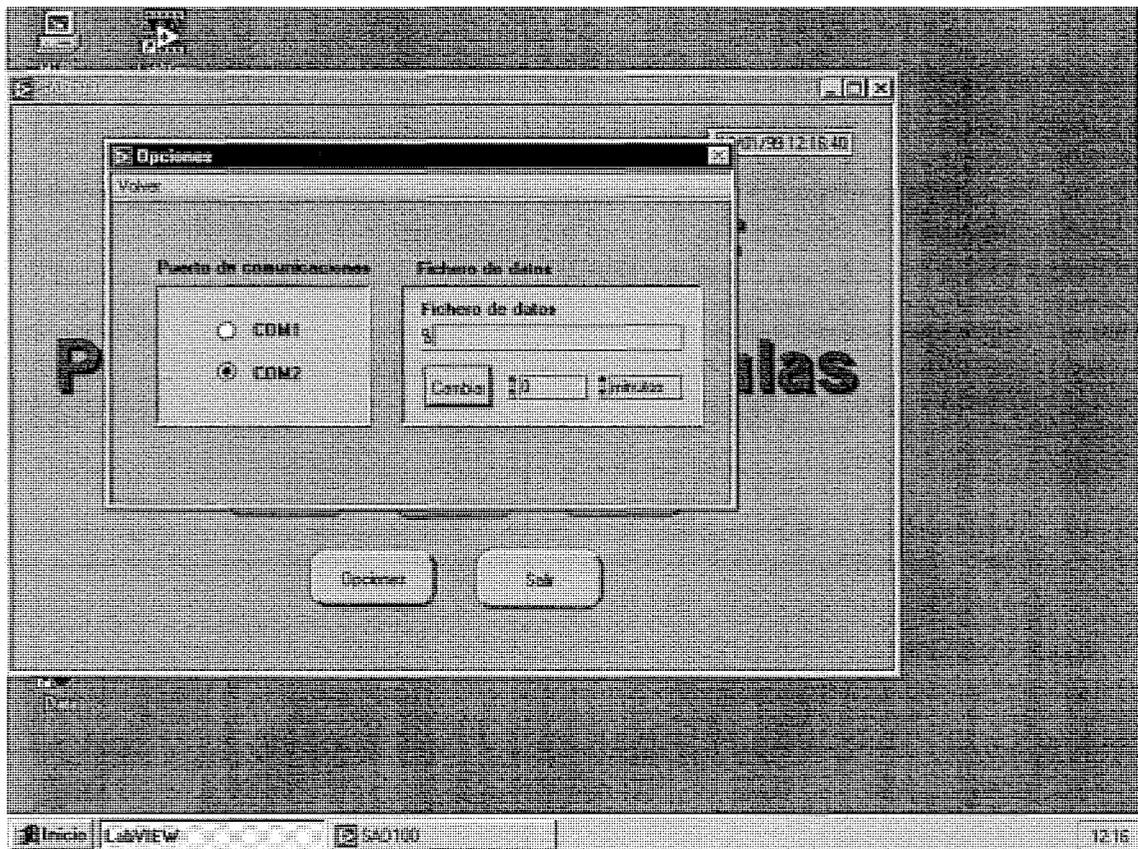


Figura 5. Ventana de opciones.

7.2.2. Experimento 1: Escatrón

Este es el primer tipo de experimento que puede monitorizar el sistema. Se accede a él pulsando el control *Experimento 1* que se encuentra en la pantalla principal. Se trata de

monitorizar una experiencia cuya representación puede verse en la ventana de la figura 6.

Básicamente es una tubería que presenta una bifurcación. El caudal en una de las ramas debe mantenerse constante. Para ello se actúa sobre una válvula reguladora colocada en la otra ramificación y que dejará pasar más o menos caudal según se necesite disminuir o aumentar la cantidad de gas que circula por la primera rama. Esta acción se regula con un algoritmo PID implantado en el programa. El control puede activarse o desactivarse a voluntad del usuario, que también puede indicar un valor inicial para la actuación de la válvula.

Además de la válvula reguladora la experiencia tiene tres válvulas de bola que el programa puede abrir o cerrar gracias a las conexiones para relés. Estas válvulas necesitan +24V para activarse. En la figura 6 estas válvulas están representadas por tres llaves colocadas en la tubería superior. El color rojo indica que están cerradas. Pulsando una vez sobre ellas el relé actúa, la válvula se abre y la llave cambia al color verde. Para cerrar la válvula basta con volver a pulsar sobre la llave.

Junto a los elementos actuadores encontramos cuatro sensores. Tres de ellos son termopares K que miden la temperatura del gas en determinados puntos. En la figura están representados por termómetros. También hay un medidor de orificio que mide el caudal que circula por la tubería superior. En la tubería inferior la válvula controladora muestra a su lado una ventana que indica la posición en que se encuentra (0 completamente cerrada, 1 completamente abierta).

La luz colocada en la parte superior izquierda indica que el programa esta midiendo. Si el color alterna entre el verde y el amarillo las medidas discurren normalmente. En el caso de que haya problemas de comunicación con la unidad SAD-100 el parpadeo cesa. En ese caso debe pararse la experiencia y repasar las conexiones con la unidad.

En el menú superior hay dos opciones: *Datos* y *Volver*. Al elegir la primera se desplegará un menú que permite activar y desactivar la opción de *Guardar Datos*. Como por defecto no se guardan los datos esta opción debe activarse al principio de cada experiencia si queremos salvar los datos en el disco. Los datos se guardarán a intervalos fijos de tiempo. La segunda opción, *Volver*, permite regresar a la pantalla principal.

7.2.3. Experimento 2: Banco de calibración de instrumentación

El esquema del presente banco de calibración se encuentra en la figura 1. El objetivo de estos experimentos es la generación de un aerosol monodisperso que se va a utilizar posteriormente en la calibración de impactadores inerciales. Para ello se genera un aerosol polidisperso por medio de un atomizador de Collinson que posteriormente se introduce en un clasificador electrostático del cual ya se extrae el aerosol monodisperso. El tamaño de este aerosol se fija en función de los caudales y voltajes utilizados, por lo que es necesario controlarlos adecuadamente.

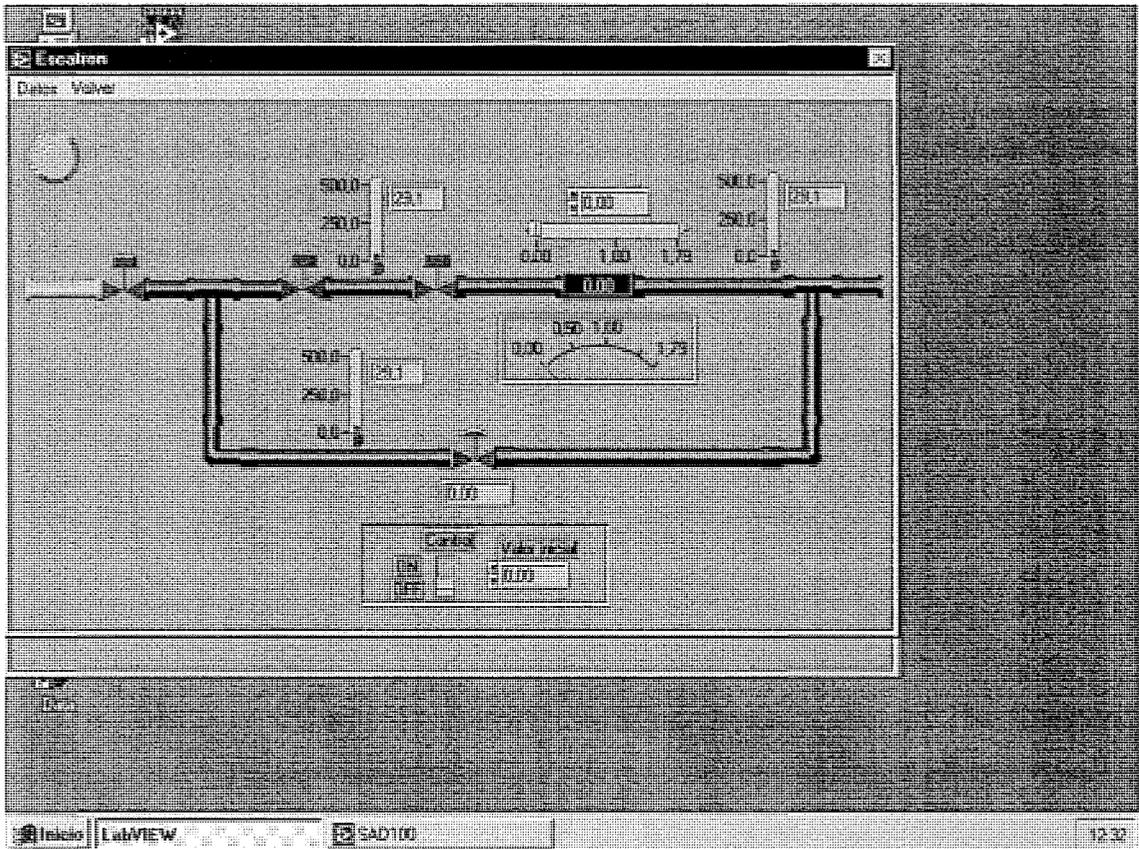


Figura 6. Experimento 1: Escatión.

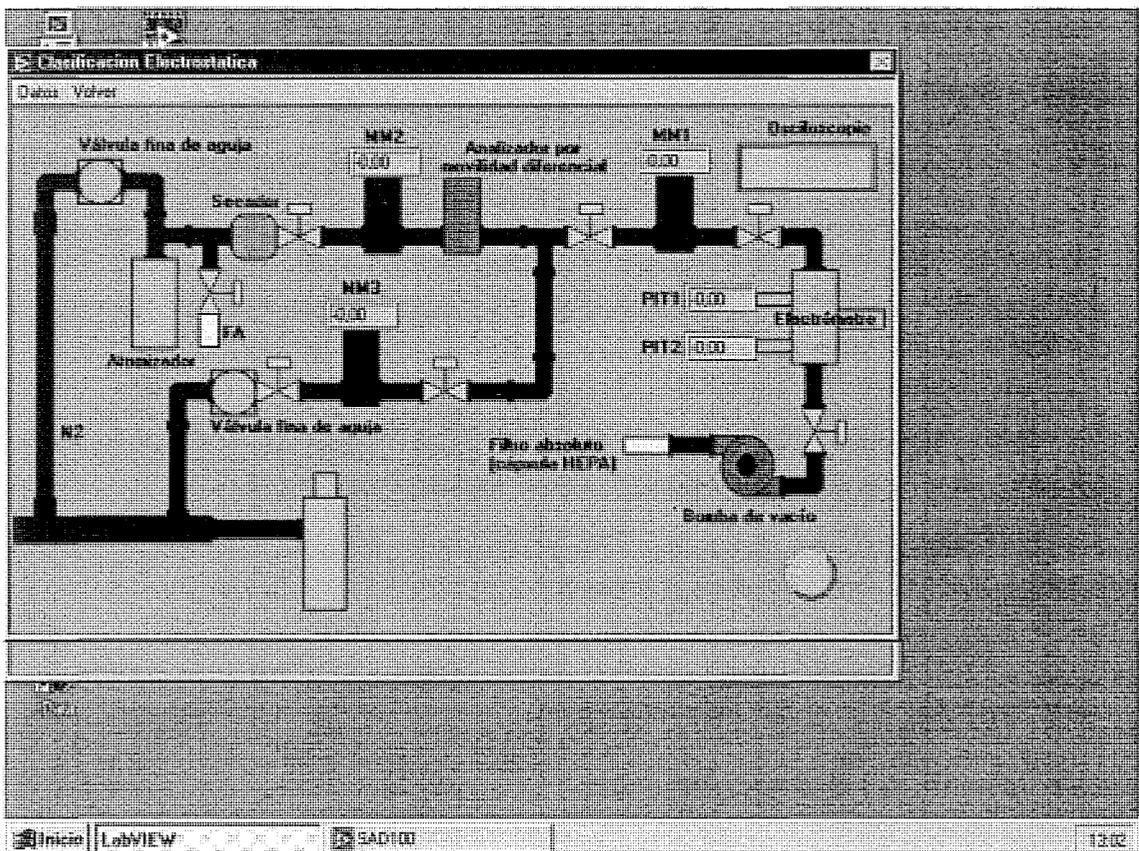


Figura 7. Experimento 2: Clasificación electrostática.

Una vez generado el aerosol de tamaño conocido se introduce en el impactador. Para una correcta calibración es necesario conocer con exactitud el caudal de gas utilizado y la presión del sistema. Se dispone de una serie de medidores másicos para medir el caudal de gas y de otra serie de medidores de vacío para medir la presión aguas arriba y aguas abajo de la etapa de impactación. Todas estas señales son las que se recogen en el control *Experimento 2* en la pantalla principal. Las opciones del menú superior tienen las mismas funciones que en el caso anterior.

7.2.4. Experimento 3: Planta piloto

Para llevar a cabo esta experiencia es necesario pulsar el control *Experimento 3* en la pantalla principal. En el último tipo de experimento se trata de monitorizar una línea de ensayo de sistemas de retención de aerosoles a escala de planta piloto. Para ello se registran los valores de un conjunto de variables a intervalos de tiempo constante. Este tiempo es el elegido en la ventana de Opciones.

Las variables son sensorizadas por 4 termopares tipo J y tres sensores de presión. Las opciones del menú superior tienen el mismo uso que en los apartados anteriores.

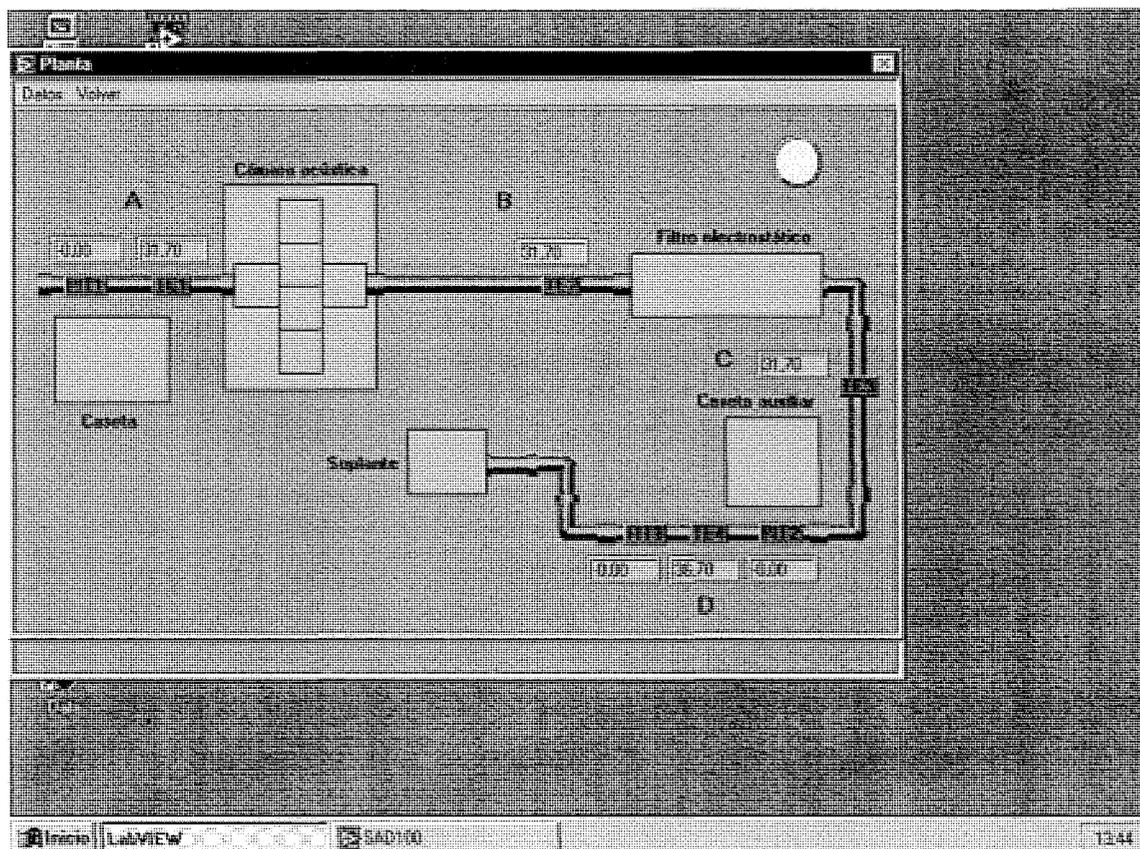


Figura 8. Experimento 3: Planta

7.2.5. Salir.

Para salir del programa hay que pulsar el control *Salir* en la pantalla principal.

7.3. Fichero de datos

Si se ha activado la opción Guardar Datos estos se guardarán cada intervalo de tiempo constante elegido en un fichero de datos en el disco duro. El nombre de este fichero también puede ser elegido por el usuario.

Los ficheros se escriben en ASCII y todos tienen la extensión dat. Los datos se guardan en columnas separadas por tabuladores de forma que el fichero es directamente importable a cualquier hoja de cálculo como Excel o cualquier procesador de texto. Un ejemplo del aspecto de estos ficheros puede encontrarse en la figura 9.

Fecha	Hora	U1	U2	U3	U4	TE1
27/11/98	12:36:08	1,000	1,000	1,000	0,350	16,800
27/11/98	12:36:18	1,000	1,000	1,000	0,350	16,800
27/11/98	12:36:29	1,000	1,000	1,000	0,350	16,800
27/11/98	12:36:39	1,000	1,000	1,000	0,350	17,100
27/11/98	12:36:49	1,000	1,000	1,000	0,350	17,100
27/11/98	12:36:59	1,000	1,000	1,000	0,350	17,100
27/11/98	12:37:09	1,000	1,000	1,000	0,350	16,800
27/11/98	12:37:19	1,000	1,000	1,000	0,350	16,800
27/11/98	12:37:30	1,000	1,000	1,000	0,350	17,100
27/11/98	12:37:40	1,000	1,000	1,000	0,350	17,100
27/11/98	12:37:50	1,000	1,000	1,000	0,350	16,800
27/11/98	12:38:00	1,000	1,000	1,000	0,350	17,100
27/11/98	12:38:10	1,000	1,000	1,000	0,350	17,100
27/11/98	12:38:20	1,000	1,000	1,000	0,350	17,100
27/11/98	12:38:30	1,000	1,000	1,000	0,350	16,800
27/11/98	12:38:40	1,000	1,000	1,000	0,350	16,800
27/11/98	12:38:50	1,000	1,000	1,000	0,350	16,800

Figura 9. Fichero de datos.

**ANEXO A. Características de los módulos ADAM usados en la
unidad SAD-100**

Canales analógicos de entrada	6 diferenciales y 2 single-ended
Tipos de entradas	mV, V y mA
Rangos de entrada	$\pm 150\text{mV}$, $\pm 500\text{mV}$, $\pm 1\text{V}$, $\pm 5\text{V}$, $\pm 10\text{V}$, $\pm 20\text{mA}$
Salida	RS-485 (2 hilos)
velocidad (bps)	1200,2400,4800,9600,19.2K,38.4K
distancia máxima	1200 m
Voltaje de aislamiento	3000 V _{dc}
Velocidad de muestreo	10 muestras/seg (total)
Anchura de banda	13.1 Hz
Precisión	$\pm 0.1\%$ o mejor
Desplazamiento del cero	$\pm 6\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Impedancia de entrada	2 M Ω
Perro guardián	Sí
Voltaje de alimentación	+10 a +30 V _{dc} (no regulados)
Consumo	1.2 W

Tabla 3. Especificaciones del ADAM-4017.

Canales analógicos de entrada	6 diferenciales y 2 single-ended
Tipos de entradas	mV, V y mA
Rangos de entrada	Termopares tipo J, K, T, E, R, S y B $\pm 15\text{mV}$, $\pm 50\text{mV}$, $\pm 100\text{mV}$, $\pm 500\text{mV}$, $\pm 1\text{V}$ y $\pm 2.5\text{V}$ $\pm 20\text{mA}$
Salida	RS-485 (2 hilos)
velocidad (bps)	1200,2400,4800,9600,19.2K,38.4K
distancia máxima	1200 m
Voltaje de aislamiento	3000 V _{dc}
Velocidad de muestreo	10 muestras/seg (total)
Anchura de banda	13.1 Hz
Precisión	$\pm 0.1\%$ o mejor
Desplazamiento del cero	$\pm 0.3\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Impedancia de entrada	1.8 M Ω
Perro guardián	Sí
Voltaje de alimentación	+10 a +30 V _{dc} (no regulados)
Consumo	0.8 W

Tabla 4. Especificaciones del ADAM-4018.

Código de rango (Hex)	Rango de entrada	Precisión típica	Error máximo	Unidades
0E	Tipo J: 0 a 760°C	±1.0	±1.5	°C
0F	Tipo K: 0 a 1370°C	±1.0	±1.5	°C
10	Tipo T: -100 a 400°C	±1.0	±1.5	°C
11	Tipo E: 0 a 1000°C	±1.0	±1.5	°C
12	Tipo R: 0 500 a 1750°C	±1.2	±2.5	°C
13	Tipo S: 500 a 1750°C	±1.2	±2.5	°C
14	Tipo B: 500 a 1800°C	±2.0	±2.5	°C

Tabla 5. Precisión para los termopares en cada rango.

NOTA: Debido a que el sensor CJC del ADAM-4018 se encuentra junto a los canales 0 a 4, las medidas tendrán una diferencia de ± 1 °C entre los canales de 0 a 4 y los canales de 5 a 7.

Rangos de entrada	mA, V
Entrada	RS-485 (2 hilos)
velocidad (bps)	1200,2400,4800,9600,19.2K,38.4K
distancia máxima	1200 m
Precisión	±0.1% de FSR para salida en corriente ±0.2% de FSR para salida en voltaje
Precisión en la realimentación	±0.1% de FSR
Desplazamiento del cero	
Salida en voltaje	±30μV/°C
Salida en corriente	±0.2μA/°C
Voltaje de aislamiento	3000 V _{dc}
Pendientes de salida programables	0.125 a 128.0 mA/s 0.0625 a 64 V/s
Anchura de banda	100 muestras por segundo
Impedancia de salida	0.5 Ω
Perro guardián	Sí
Voltaje de alimentación	+10 a +30 V _{dc} (no regulados)
Consumo	1.4 W

Tabla 6. Especificaciones del ADAM-4021.

Salidas digitales	4 canales de relés 2 de tipo A, 2 de tipo C
Entrada velocidad (bps) distancia máxima	RS-485 (2 hilos) 1200,2400,4800,9600,19.2K,38.4K 1200 m
Contactos	AC: 0.6 A/125V; 0.3A/250V DC: 2 A/30V; 0.6 ^a /110V
Voltaje de ruptura	500 V _{AC} (50/60 Hz)
Tiempo de cierre del relé	3 ms
Tiempo de apertura del relé	1 ms
Tiempo total de conmutación	10 ms
Resistencia de aislamiento	1000 MΩ mínimo a 500 V _{DC}
Perro guardián	Sí
Voltaje de alimentación	+10 a +30 V _{dc} (no regulados)
Consumo	0.8 W

Tabla 7. Especificaciones del ADAM-4060.

ANEXO B. Fotografías de la unidad SAD-100

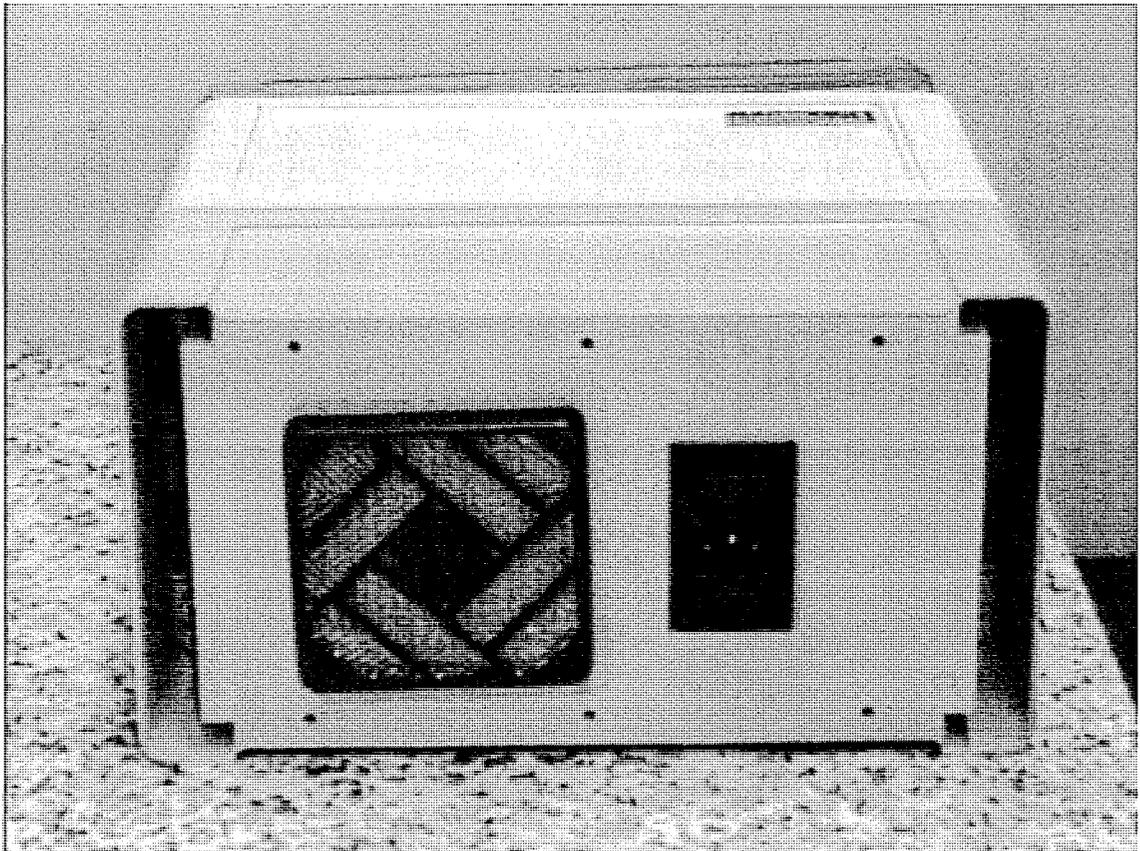


Figura 10. Vista trasera de la unidad SAD-100.

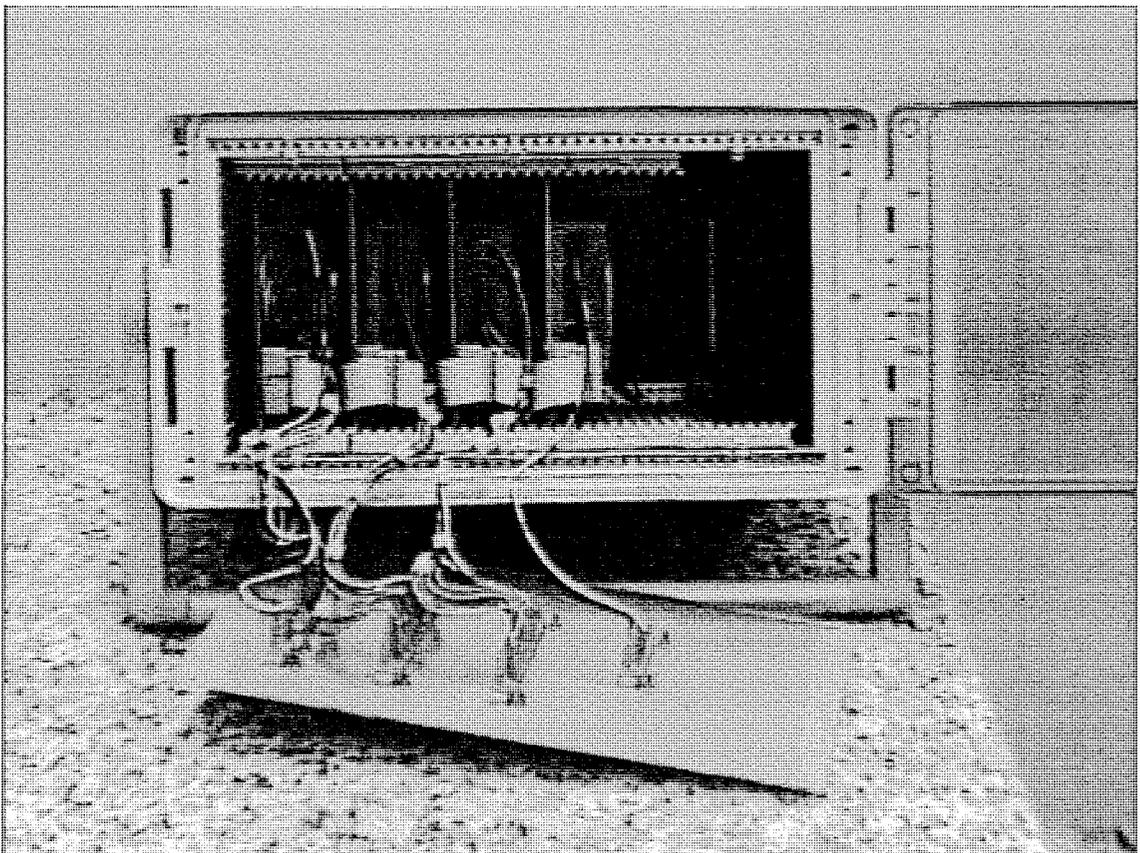


Figura 11. Vista del interior de la unidad SAD-100.

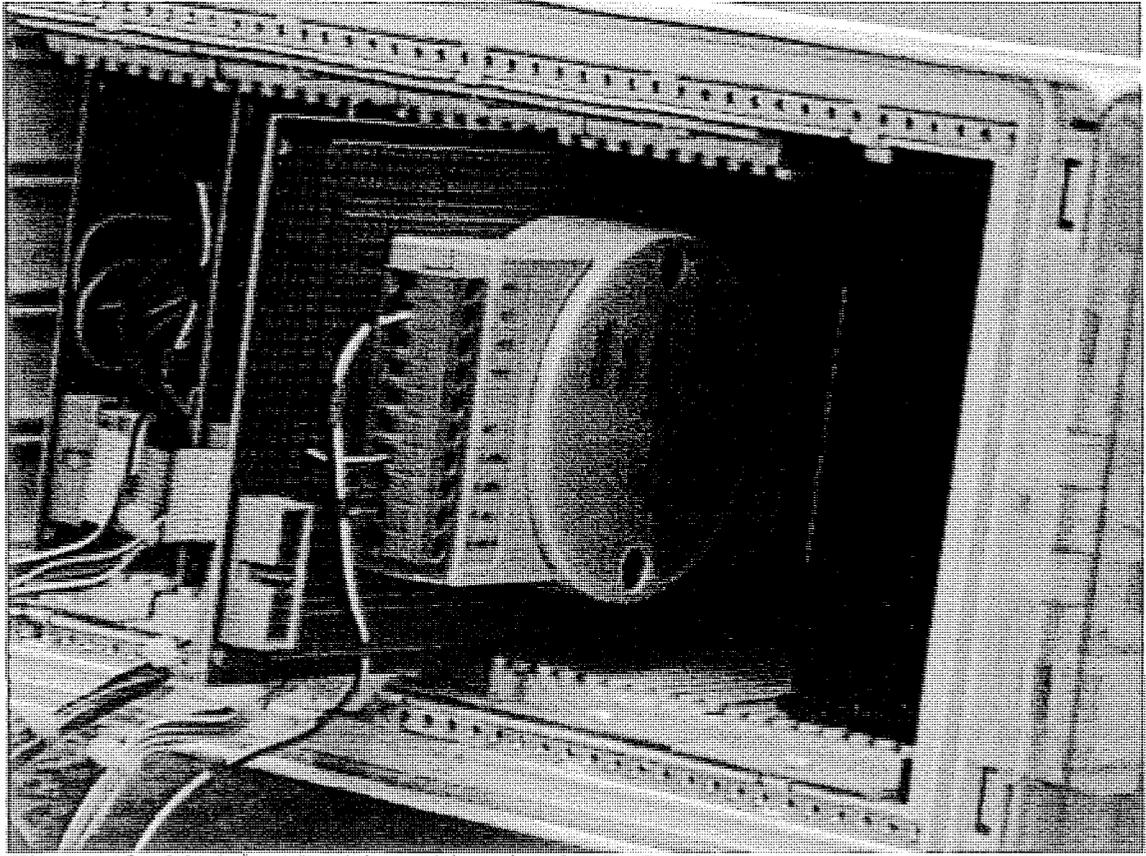


Figura 12. Módulo ADAM en el interior del SAD-100.

ANEXO C. RS-485

RS-485 es una interfase serie muy común en entornos industriales y sistemas de adquisición de datos.

RS-485 soporta 32 drivers y 32 receivers (comunicaciones multipunto, bidireccionales y semiduplex sobre un cable de dos hilos entrelazados). Gracias a que usa señales diferenciales la transmisión puede alcanzar hasta 1200 m. Un uso típico de este tipo de línea serie es conectar un único PC a varios dispositivos direccionables que comparten el mismo cable. Una red RS-485 puede conectarse con 2 ó 4 hilos según el modo.

ESPECIFICACIONES	RS-485
Mode of Operation	DIFERENCIAL
Total Number of Drivers and Receivers on One Line	1 DRIVER 32 RECEIVERS
Maximum Cable Length	1200 m
Maximum Data Rate	10 Mb/s
Maximum Driver Output Voltage	-7V to +12V
Driver Output Signal Level (Loaded Min.)	+/-1.5V
Driver Output Signal Level (Unloaded Max)	+/-6V
Driver Load Impedance (Ohms)	54
Max. Driver Current in High Z State	+/-100uA
Receiver Input Voltage Range	-7V to +12V
Receiver Input Sensitivity	+/-200mV
Receiver Input Resistance (Ohms)	>=12k

Tabla 8. Características del estándar RS-485.

ANEXO D. Conexión de los sensores y actuadores al SAD-100

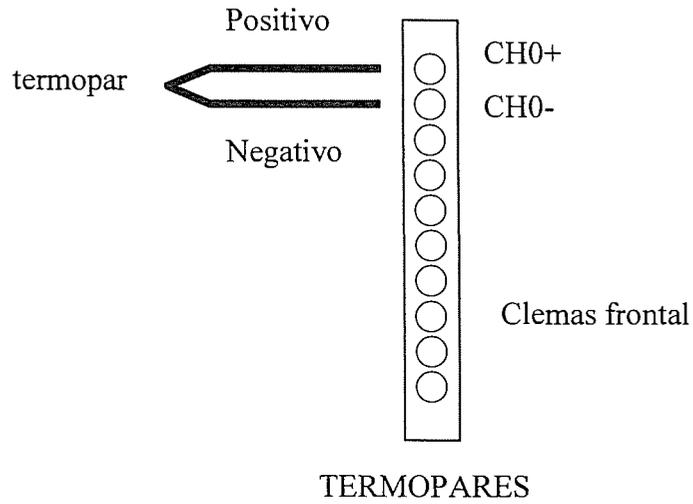


Figura 13. Conexión de un termopar al SAD-100

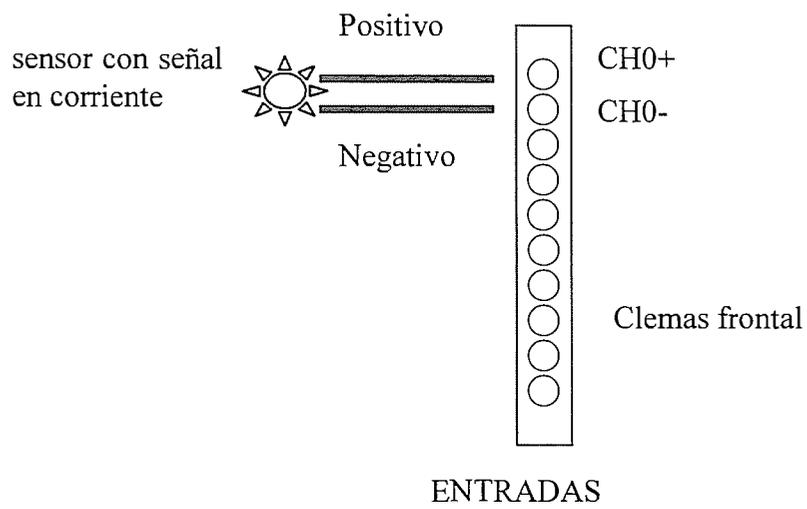


Figura 14. Conexión de un sensor que proporciona una señal 4-20 mA al SAD-100

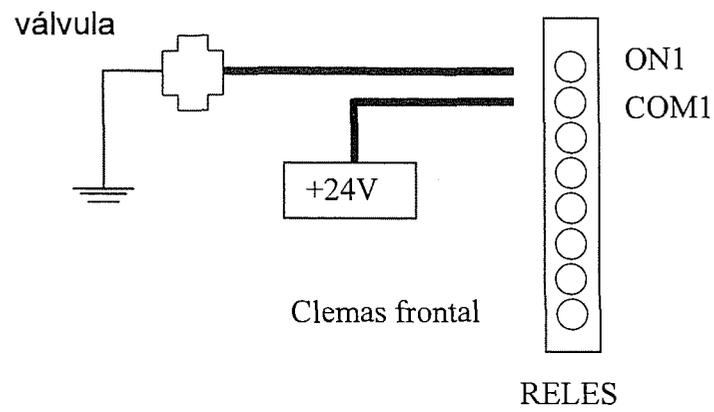


Figura 15. Conexión de una válvula a una salida de relé del SAD-100

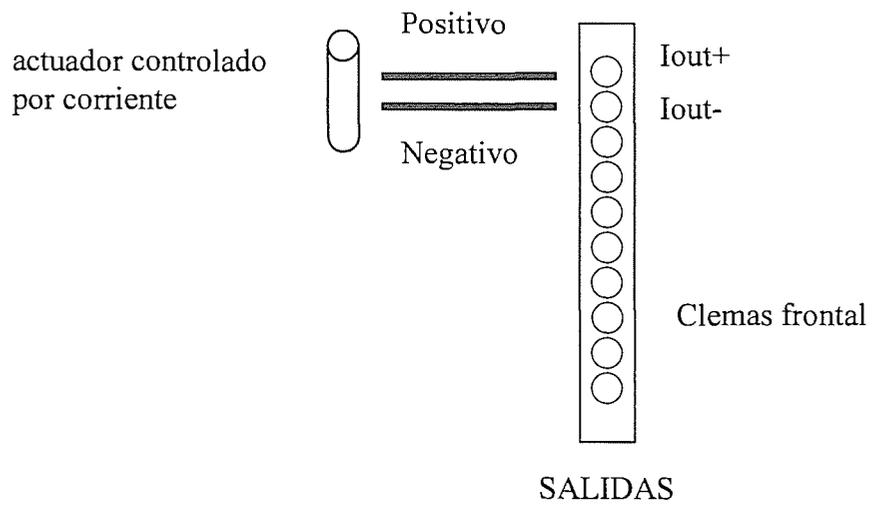


Figura 16. Conexión de un actuador a una salida de corriente del SAD-100

BIBLIOGRAFÍA

1. ADAM 4000 Series Data Acquisition Modules User's Manual.
Advantech Co., Ltd. 1997.
2. LabView Tutorial Manual.
National Instruments Corporation. 1996.