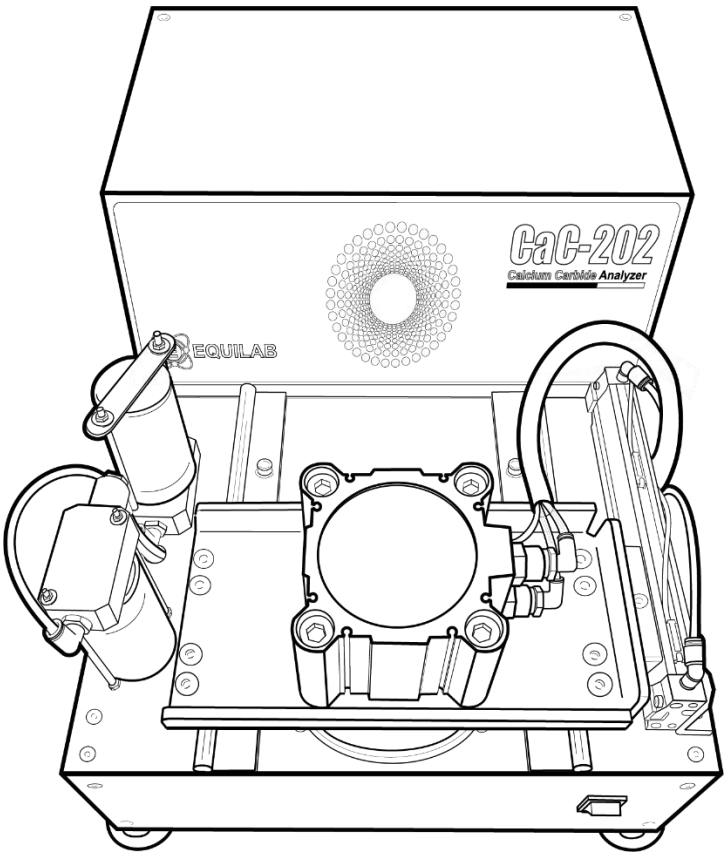
ANALIZADOR DE CARBURO DE CALCIO

EQUILAB CaC-202

Manual de Usuario



EQUILAB

Avda. Camino de lo Cortao, 21 – Nave 6

28703 – San Sebastián de los Reyes – MADRID – SPAIN

Tel: +34 91 661 00 22 / Fax: +34 91 661 81 46

www.equilab.es / equilab@equilab.es / info@equilab.es

Índice

Índice **3**

Índice de figuras **6**

1 Introducción **8**

1.1 Alcance del documento 8

1.2 Simbología utilizada 8

1.3 Garantía 9

1.4 Embalaje y transporte. 10

1.4.1 Embalaje para su transporte *10*

1.4.2 Recepción del equipo *10*

1.4.3 Lista de materiales entregados con el equipo *11*

2 Instalación **12**

2.1 Vista general del equipo 14

2.1.1 Diagrama neumático *16*

2.2 Datos técnicos 17

2.2.1 Especificaciones del analizador CaC-202 ..... *17*

2.2.2 Dimensiones del equipo *17*

2.2.3 Características eléctricas *18*

2.3 Conexión de la impresora 18

2.4 Conexión balanza 18

3 Análisis **19**

3.1 Principio de medida 19

3.2 Consideraciones previas al análisis de muestra 22

3.3 Análisis de muestras 23

3.3.1 Secuencia de análisis de muestras *24*

3.4 Tipos de muestra 25

3.4.1 Muestras de Carburo de calcio. *25*

3.4.2 Muestras de desulfurante *26*

3.4.3 Muestras de aluminio *26*

3.4.4 Blanco *27*

3.5 Análisis del patrón 28

3.5.1 Procedimiento de análisis del patrón *29*

Tabla de contenidos Interfaz de Usurario 32

4 Interfaz de Usuario. 33

4.1 Ventana de menú de control 34

4.1.1 Ajustes iniciales. 35

4.1.2 Parámetros. 37

4.1.3 Linealización. 40

4.1.4 Calibración. 43

4.1.5 Chequeo de fugas. 45

4.1.6 Funciones manuales 46

4.1.7 Temperaturas. 49

4.1.8 Base de datos. 49

4.1.9 Modo Standby/nomal 51

4.2 Introducción de datos de la muestra 51

4.3 Representación del proceso de análisis 52

4.4 Últimos análisis 54

4.5 Manómetro 54

Tabla de contenidos Mantenimiento 56

5 Mantenimiento 57

5.1 Mantenimiento preventivo. 58

5.1.1 Mantenimiento diario. 59

5.1.2 Mantenimiento semanal 59

5.1.3 Mantenimiento mensual 59

5.1.4 Mantenimiento semestral 59

5.2 Ajustes, limpieza y procedimientos de mantenimiento 62

5.2.1 Ajuste de la presión neumática 62

5.2.2 Ajuste de llenado del buffer 63

5.2.3 Ajuste de la mesa de desplazamiento y pistón de cierre 65

5.2.3.1 Limpieza de las guías y de la tapa del crisol 66

5.2.3.2 Ajuste de posición de las guías 68

5.2.3.3 Ajuste de la altura de la mesa de desplazamiento lineal 69

5.2.3.1 Ajuste de los patines de desplazamiento 70

5.2.4 Limpieza del crisol, trampa de agua y kitasato 71

5.2.4.1 Limpieza química. 71

5.2.4.2 Limpieza física. 73

5.2.5 Mantenimiento de la bomba peristáltica 74

5.2.6 Mantenimiento de la válvula pinch 75

5.2.7 Procedimiento de desatasco *77*

5.2.7.1 Procedimiento de desatasco automático *78*

5.2.7.2 Procedimiento de desatasco manual *78*

6 Devolución para el mantenimiento del equipo **81**

7 Reciclaje **81**

8 Certificado CE **82**

Anexo I. Soporte de servicio **83**

Anexo II. Esquemas electrónicos del analizador **92**

I. Circuito de control SSRs 92

II. Placa control 93

III. Posicionamiento de los componentes 94

Índice de figuras

Figura 1. Vista posterior del analizador. 12
Figura 2 (Izq.) Vista superior del analizador; (der. sup.) vista lateral izquierda del analizador; y (der. inf.) vista posterior. 14
Figura 3. Rejilla del crisol. 27
Figura 4. Colocación del aluminio y el hidróxido de sodio en el crisol para realizar la calibración. 29
Figura 5. Pantalla principal, patrón de aluminio. 30
Figura 6. Pantalla inicial de la aplicación CaC-202. 33
Figura 7. Menú de control. Detalle de las opciones. 35
Figura 8. Interfaz de ajustes iniciales del equipo. 36
Figura 9. Proceso de ajuste del voltaje Offset. 36
Figura 10. Relación de parámetros de configuración del equipo CaC-202. 37
Figura 11. Modificación de los coeficientes del polinomio de calibración. 41
Figura 12. Ventana de linealización del equipo CaC-202. 42
Figura 13. Tabla de parámetros de configuración antes de la calibración manual (izq.) y después (der.). 44
Figura 14. Tabla de resultados de los análisis realizados para llevar a cabo la calibración automática. ... 45
Figura 15. Gráfico de evolución de la presión con el tiempo y funciones del chequeo de fugas. 46
Figura 16. Ventana de control manual de las funciones. 47
Figura 17. Representación gráfica de la temperatura monitorizada por los distintos sensores del sistema. 49
Figura 18. Base de datos de los análisis realizados por el analizar. 50
Figura 19. Informe de una muestra individual. 51
Figura 20. Ventana de introducción de datos de la muestra. 52
Figura 21. Ventana de representación gráfica de los resultados. 53
Figura 22. Ventana de últimos análisis. 54
Figura 23. Representación gráfica de la presión instantánea del sistema, así como los valores temperatura del crisol y compensador térmico. 55
Figura 24. Vista general del lateral derecho del equipo 60
Figura 25. Vista general del inferior del equipo 61
Figura 26. Vista general superior del equipo sin la carcasa superior. 61
Figura 27. Procedimiento para el ajuste de presión neumática. 63
Figura 28. Diagrama neumático del equipo (der.); imagen del equipo (izq.). 64
Figura 29. Componentes del sistema del desplazamiento de la mesa y cierre del crisol. 65
Figura 30. Imagen de la mesa de desplazamiento y cierre del pistón. 67
Figura 31. Movimiento para liberar la mesa de desplazamiento. 67
Figura 32. Juntas tóricas y tapa del crisol. 68

Figura 33.Ajuste de las guías. 69
Figura 34. Mecanismo de desplazamiento de la mesa. 69
Figura 35. Ajuste de los patines de desplazamiento. 71
Figura 36. Procedimiento de limpieza del crisol, trampa y kitasato. 72
Figura 37. Procedimiento de limpieza del crisol, trampa y kitasato. 73
Figura 38. Protección de metacrilato. 74
Figura 39. Bomba peristáltica. 75
Figura 40. Disposición de las válvulas Pinch en el analizador. 76
Figura 41. Disposición de los tubos Manprene. 76
Figura 42. Disposición de las válvulas Pinch PV2. 77
Figura 43. Válvula manual. 79
Figura 44. Funciones manuales del pistón. 79

1 Introducción

1.1 Alcance del documento

En este manual se recogen el manual de usuario del analizador de carburo de calcio CaC-202. En él se describe desde la garantía, embalaje, transporte e instalación hasta la descripción más detallada posible para su correcta utilización, procedimiento de operación y mantenimiento del equipo.

Esta documentación técnica permitirá a los usuarios obtener el mayor rendimiento del equipo en las condiciones óptimas de seguridad, tanto para el propio usuario como para el equipo. **La lectura de este manual es necesaria antes de iniciar los trabajos con el equipo.**

1.2 Simbología utilizada

A lo largo del manual se podrán encontrar los siguientes símbolos de seguridad.

Este símbolo indica **precaución**. La falta de atención sobre la nota de advertencia puede causar daños o el mal funcionamiento del equipo, incluyendo posibles pérdidas en las funciones de seguridad del equipo

Riesgo eléctrico

Se indicará con este símbolo cualquiera información adicional relevante

Uso obligatorio de botas

Uso obligatorio de guantes

Sustancia Inflamable

Riesgo explosivo

¡Por favor, respete todos los avisos de seguridad y de peligro fijados en la máquina!

1.3 Garantía

Todos los equipos fabricados por **Equilab S.A.** dispondrán de una garantía contra cualquier defecto de fabricación, por un periodo de **12 meses** a partir de la fecha de instalación, o de 18 meses desde la fecha de venta (lo que primero ocurra).

Esta garantía **no cubrirá** los elementos que aun formando parte del equipo se consideren elementos **consumibles** (fungibles), tales como vasos de vidrio o tubos de silicona y aquellos elementos cuyo desgaste por uso haga que se consideren como elementos consumibles.

En ningún caso esta garantía cubrirá ningún problema cuya causa sea de forma clara el **mal uso** del equipo.

Causas de pérdida de garantía:

1. La **manipulación** del equipo durante su periodo de garantía **por personal no autorizado** por Equilab S.A.
2. La utilización del equipo para cualquier otra **tarea distinta** para la cual ha sido diseñado.
3. La utilización de **productos no recomendados** por Equilab S.A.

Limitaciones de la garantía:

La única obligación de Equilab respecto de esta garantía se limitará a la sustitución o reparación de cualquiera de las partes del equipo que a su juicio fuesen defectuosas y hubiesen presentado fallos durante el periodo de garantía. Esta obligación excluye los fallos debidos a accidentes, abuso, negligencia o uso sin tener en cuenta las instrucciones y precauciones suministradas y recomendadas por Equilab S.A. para el correcto empleo de esta máquina.

En ningún caso Equilab S.A. será responsable de ningún daño que pudiera generar el equipo, incluyendo la pérdida de beneficio debido a interrupciones en procesos de producción derivados de fallos en el equipo.

Equilab S.A. **no cubre la garantía de los equipos** comercializados a través **de los distribuidores**.

1.4 Embalaje y transporte.

1.4.1 Embalaje para su transporte

Equipo pesado. puede generar daños personales en caso de caída o de mal manejo

El equipo se enviará en un embalaje diseñado para su transporte, en el que este quedará inmovilizado para no sufrir daños durante el viaje.

El cajón está formado por un pallet de madera (fitosanitario), donde se fijará el equipo con unas cintas. Y se cubrirá con una caja de cartón tripe, reforzado con espuma y esquineras, para evitar daños en el equipo hasta que llegue al usuario.

1.4.2 Recepción del equipo

Como **primera medida** se realizará una inspección visual del embalaje para asegurar que el equipo no ha sufrido ningún daño durante el transporte. Si se detectara algún daño en el embalaje contacte de inmediato con su suministrador antes de desembalar el equipo.

Conserve el embalaje durante algún tiempo por si se detectara alguna anomalía y fuera necesario devolver el equipo a su suministrador

Si el equipo tiene que ser almacenado durante algún tiempo antes de su instalación, se almacenará en un **lugar seco**, **apartado de fuentes de calor y alejado de zonas en las que pueda ser golpeado**.

Compruebe que el material suministrado está completo y que con el equipo se han recibido los accesorios solicitados.

1.4.3 Lista de materiales entregados con el equipo

→ PC All In One con Windows.

→ Manual de usuario en castellano.

→ Memoria USB (programa y manual usuario).

→ Cable de alimentación (CaC-202-103).

→ Cable USB (CaC-202-104).

→ Aspiradora (CaC-202-105).

→ Patrón de calibración Al en polvo 150 g (CaC-202-97).

→ Reactivo calibración NaOH 500 g (CaC-202-98).

→ Fusible 5 x 20 mm 3.1 A (CaC-202-99).

→ Cable USB y cable alimentación 220 VAC.

→ 10 m tubo 6 mm conexión neumática y agua (CaC-202-74).

→ 1 m tubo bomba peristáltica Marprene #16 (CaC-202-78).

→ 1 m tubo silicona roja pinch (CaC-202-78).

→ 5 m tubo 10 mm desagüe (CaC-202-76).

→ 3 m tubo 6mm PTFE (CaC-202-73).

→ 10 unid. rejillas de desagüe (CaC-202-84).

→ 4 unid. agitadores (50 x 8 mm). (CaC-202-85).

→ 2 unid. crisoles de vidrio (trampa / kitasatos) (CaC-202-81).

→ 5 unid. Junta tórica trampa/ kitasatos (CaC-202-80).

→ 5 unid. Junta tórica cierre pistón grande (CaC-202-82).

→ 5 unid. Junta tórica cierre pistón pequeño (CaC-202-83).

→ Juego de racores (ver referencias en Anexo I. Soporte de servicio, Juego de racores).

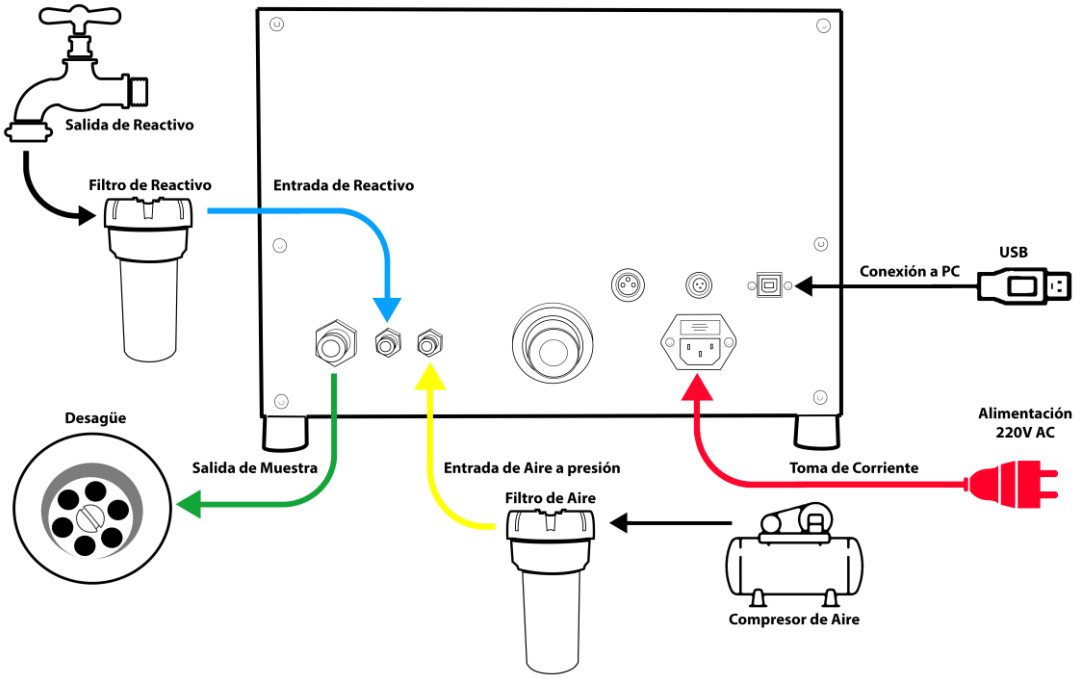
→

2 Instalación

La instalación del analizador se efectuará sobre una superficie elevada y plana, teniendo en cuenta que exista **una toma de corriente a 220 VAC**.

Al colocar el analizador sobre la mesa de trabajo, se debe tener en cuenta que la parte posterior del mismo debe quedar **separada de cualquier obstáculo al menos de 30 cm**, de tal forma que sea posible la conexión de alimentación de corriente, las entradas de alimentación de agua y gas a presión y la salida a desagüe.

Figura 1. Vista posterior del analizador.



Esquema 1.Esquema de la instalación.

La **toma de corriente a 220 VAC debe estar provista de toma de tierra**, la no utilización de alimentación con toma de tierra podría influir negativamente en el funcionamiento del analizador, produciendo inestabilidades en la medida, así como interferencias en las señales de control del analizador.

La **conexión de aire comprimido debe estar libre de agua** y **aceites**, con una presión máxima de 60 psi (4.2 kg/cm^2) y se conectará mediante un racor rápido empleando un tubo de 6 mm de diámetro.

> Se recomienda la instalación de un manómetro en la zona del equipo, que nos permita comprobar y regular si fuera necesario la presión de entrada al equipo

La **conexión de agua requerirá una pureza mínima de agua sanitaria** con una presión entre 2 y 4 kg/cm^2.

	Si la presión es superior, se recomendará instalar un manómetro en la línea, antes de la alimentación del equipo
	Si el agua es de red sanitaría, se recomienda la instalación de un filtro de partículas de menos de 100 µm en la línea de alimentación del equipo

El tubo de desagüe, se conducirá hasta un desagüe protegido por un sifón para evitar los olores. Es importante tener en cuenta que por él pasarán residuos insolubles, en su mayoría oxido de calcio y contaminantes de la muestra. En el caso que no se desee que los residuos de acetileno y contaminantes se desechen por el desagüe es posible instalar un separador sólido-líquido-gas.

2.1 Vista general del equipo

El analizador CaC-202 se ha diseñado para la determinación rápida y exacta de la pureza del carburo de calcio y / o el volumen de acetileno generado. Este equipo de medida monitoriza la presión de los gases resultantes de la reacción de descomposición del carburo de calcio en presencia de agua.

En la siguiente figura se muestran los elementos más relevantes del analizador CaC-202.

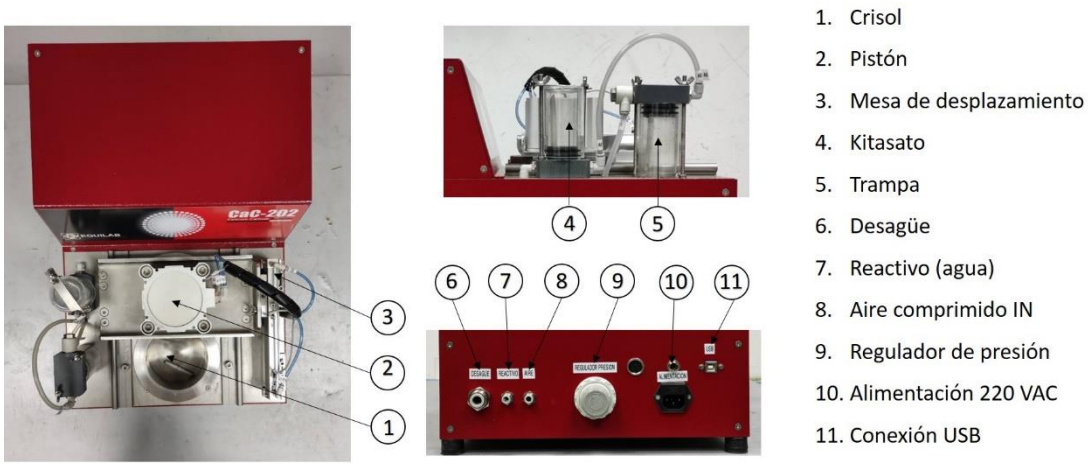


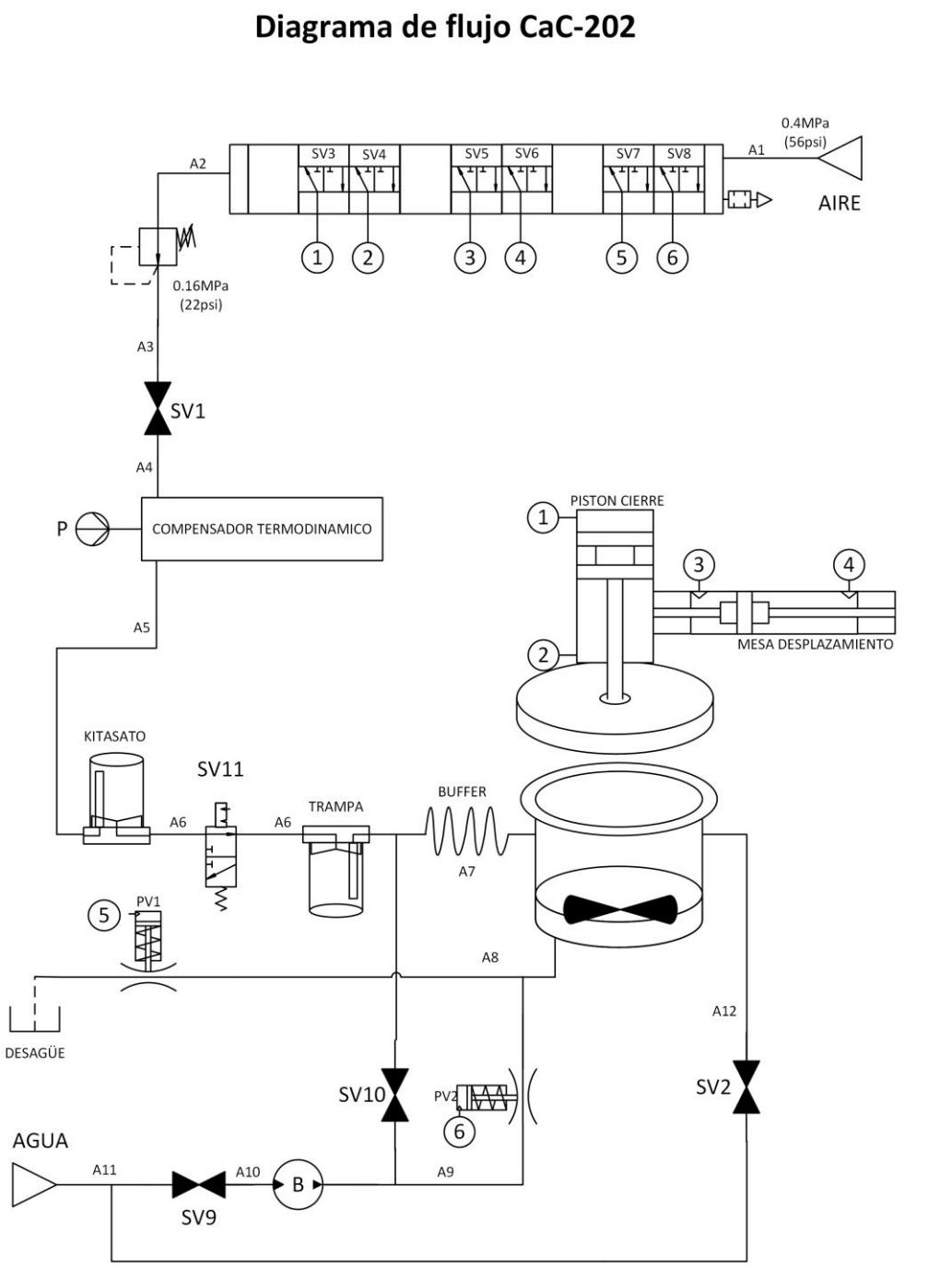
Figura 2 (Izq.) Vista superior del analizador; (der. sup.) vista lateral izquierda del analizador; y (der. inf.) vista posterior.

El analizador consta de un crisol (1), fabricado en acero AISI 304, termostatizado donde se sitúa la muestra y se produce la reacción; una mesa de desplazamiento (2) que permite posicionar el pistón (3) sobre el crisol, para cerrar y sellar el sistema antes de iniciar el análisis.

La trampa (5) y el kitasato (4) son elementos de seguridad que protegen el compensador (donde se encuentra el sensor de presión) de la entrada de restos de la reacción tanto de partículas (la trampa) como de agua (el kitasato).

En la parte posterior del equipo se encuentran las conexiones de los elementos necesarios para el correcto funcionamiento del analizador. El desagüe (6), permite evacuar los restos de la reacción, así como el agua y el aire empleados en el proceso de lavado y secado del reactor respectivamente; el reactivo (7), en este caso agua de la red sanitaria, la presión de la red no debe superar 4 kg/cm^2; aire comprimido (8) esta entrada de aire comprimido es imprescindible para el correcto funcionamiento de los elementos neumáticos del sistema, así como para los procesos de limpieza y secado del crisol; la presión del aire en el interior del equipo se ajusta mediante el regulador de presión (9); (10) la toma de corriente 220 VAC y (11) la conexión USB entre el analizador y el ordenador de control.

2.1.1 Diagrama neumático



Referencia	Leyenda	Fluido
SV1	Presión neumática	Aire
SV2	valvula lavado	Reactivo
SV3	Bajar Pistón	Aire
SV4	Subir Pistón	Aire
SV5	Cerrar Posición Mesa	Aire
SV6	Abrir Posición Mesa	Aire

Referencia	Leyenda	Fluido
SV7	OutGas Pinch (**PV1**)	Aire/Reactivo
SV8	Pinch Reactivo (**PV2**)	Aire/Reactivo
SV9	Bomba de reactivo	Reactivo
SV10	se abre en el proceso de llenado de trampa	Reactivo
SV11	Valvula de escape	Aire

Esquema 2. Diagrama hidroneumático del analizador CaC-202.

2.2 Datos técnicos

2.2.1 Especificaciones del analizador CaC-202

Intervalo de medida: de 0 a 100% de CaC_2, 0 - 381.3 L/kg a 1 atm y 25ºC

Precisión: 1,0%

Peso de la muestra: 0.1 g hasta 30 g CaC_2 recomendado 15 g.[1]

Resolución: 0,01%.

Expresión de resultados: % de CaC_2 o L/kg.

Tiempo de análisis: programable 0 – 99 min. Recomendado 7 – 10 min

Reactivos: Patrón de aluminio e hidróxido sódico.

Temperatura de trabajo del crisol: de 10ºC a 100ºC. Recomendada 45ºC

Alimentación: 220 VAC, 50 /60 Hz 600 W.

Presión neumática: aire de instrumentación máximo 60 psi (4.5 kg/cm^2).

Alimentación de agua: de red sanitaria filtrada y con una presión de 2 – 4 kg/cm^2.

2.2.2 Dimensiones del equipo

Tabla 1. Dimensiones del equipo

Dimensiones del CaC-202	
Alto	470 mm
Ancho	600 mm
Fondo	570 mm
Peso aproximado	20 kg

[1] Por seguridad no usar nunca pesos superiores a 30 g de CaC_2

2.2.3 Características eléctricas

Para su funcionamiento, el equipo no requerirá más que de una toma de tensión (220 VAC 50/60 Hz) provista con toma de tierra. El cable de conexión del equipo se conecta en la parte posterior del mismo.

El consumo del equipo es de 600W.

2.3 Conexión de la impresora

Los resultados se muestran en el interfaz de usuario (apartado 4), pantalla principal de la interfaz de usuario, y los datos se exponen en la tabla de datos. Los datos obtenidos pueden ser impresos directamente a través de una impresora externa. La impresora debe ser conectada directamente al ordenador de control del analizador y a una toma de corriente de 220 VAC.

2.4 Conexión balanza

El analizador CaC-202 permite la posibilidad de instalar una balanza electrónica como accesorio conectada directamente al ordenador, lo que facilitará la introducción de los pesos de las muestras automáticamente evitando errores en la introducción de los pesos de forma manual.

La balanza puede ser suministrada con el equipo, accesorio opcional, en cuyo caso se suministrará una balanza con una precisión de 0.1 mg y un peso máximo de 150 g. **Si la balanza no ha sido proporcionada por el fabricante**, se recomienda que su precisión no sea inferior a 1 mg y deberá de disponer de un puerto de comunicaciones serie RS232 o salida USB.

En el caso de que la balanza solo disponga de un puerto de comunicación serie del tipo RS232, también deberá disponer de un convertidor RS232 a USB, para realizar la conexión a un puerto USB del PC del equipo.

Los parámetros de comunicación de la balanza predeterminados por el software del equipo son:

- Velocidad: 9600 baudios
- Bits: 7 bits
- Paridad: impar
- Stop bits: 1
- Handshake: RTS

3 Análisis

3.1 Principio de medida

El **CaC-202** es un analizador compacto capaz de realizar **un análisis de la pureza del carburo de calcio** mediante gasometría en menos de 15 minutos. El carburo de calcio es una sustancia sólida de color grisáceo que reacciona exotérmicamente con el agua para dar cal apagada (hidróxido de calcio) y acetileno, siendo esta reacción la principal fuente industrial de **acetileno**.

El equipo CaC-202 permite la determinación de la pureza de una muestra en carburo de calcio mediante la monitorización en continuo del incremento de presión de acetileno[2] que se genera en un volumen constante durante la reacción de descomposición de la muestra en presencia de agua como reactivo. Esta técnica analítica se conoce como gasometría.

$$2 \cdot H_2O + CaC_{2(s)} \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2C_{2(g)}$$

La gasometría es un proceso complejo que requiere tener en cuenta todas las variables involucradas en el proceso: (1) masa de muestra; (2) temperatura; (3) volumen de reactivo; (4) presión atmosférica; (5) tiempo de reacción, (6) volumen interno del equipo, entre otras.

Mayoritariamente estas variaciones quedan corregidas durante los procesos de **linealización** y **calibración del equipo**. Sin embargo, algunas variables pueden afectar al resultado final y deben ser tenidas en cuenta durante la monitorización de la presión de acetileno generado y consecuentemente durante el cálculo de la pureza de carburo de calcio.

En primer lugar, es imprescindible obtener un valor representativo de la **presión del blanco**, que posteriormente se restará del valor monitorizado de la presión de acetileno.

[2] La presión puede alcanzar un valor máximo de 1600 mbar, un aumento superior a ese valor provoca una parada controlada de la medida, liberando la presión en el interior del crisol como medida de seguridad.

$$P_b = P_W + P_{agua}$$

Donde P_b es la presión del blanco.

P_W es la presión de vapor de agua.

P_{agua} es el incremento de presión que se genera a introducir agua en un volumen constante.

La presión del blanco se calcula experimentalmente y el valor en mbar se introduce en los parámetros del equipo (ver apartado 4.1.2), corrigiendo automáticamente estas dos variables en cada análisis dado que permanecen constantes si las condiciones experimentales no cambian. El valor del blanco debe ser calculado y actualizado siempre que varíe: (1) el volumen de reactivo añadido y (2) la temperatura del crisol y / o compensador.

La **presión de acetileno** generada durante la reacción de degradación del carburo de calcio es proporcional a la cantidad de muestra introducida en el crisol. Sin embargo, debemos tener en cuenta que parte del acetileno generado se disuelve en el reactivo (agua) provocando una pequeña reducción de la presión final y consecuentemente se corre el riesgo de subestimar el valor de pureza o volumen de acetileno generado.

La ley de Henry nos proporciona un método rápido para el cálculo de la cantidad de acetileno disuelto en el volumen de agua:

$$P_{acetileno} = C_{acetileno} \times K_{Henry\ aceltileno}$$

Donde $P_{acetileno}$ es la presión parcial de acetileno en el equipo, la cual es la presión proporcionada por el sensor de presión menos la presión del blanco.

$C_{acetileno}$ es la concentración de acetileno en el agua.

$K_{Henry\ acetileno}$ es la constante de Henry para el acetileno a una temperatura dada.

Teniendo en cuenta que el volumen de agua añadido es constante y únicamente depende de los parámetros de dosificación de agua, la cantidad de acetileno disuelta es a 25ºC:

$$n_{acetileno\ disuelto} = 4.1 \times 10^{-2} \times P_{equipo} \times Volumen\ de\ agua$$

Por otro lado, la **cantidad de acetileno** en el volumen de gas se calcula empleando la ley de los gases ideales, teniendo en cuenta que el volumen del equipo es constante.

$$n_{acetileno\ gas} = \frac{P_{equipo} \times V_{equipo}}{0.082 \times T(K)}$$

Para una temperatura de 25°C un volumen de agua de 100 mL y un volumen del equipo aproximado de 4 L, el porcentaje de acetileno disuelto en el agua es:

$$\frac{n_{acetileno\ disuelto}}{n_{acetileno\ gas}} \times 100 = \frac{0.082 \times 298 \times 4{,}1 \times 10^{-2} \times 0.1}{4} = 2.51\%$$

Este valor independiente de la presión y por lo tanto de la cantidad de muestra empleada es tendido en cuenta para el cálculo de la pureza de carburo, ya que únicamente depende de (a) el volumen de agua empleada como reactivo y (b) la temperatura del análisis. Una vez corregido la presión equivalente de acetileno generada será:

$$P'_{acetileno} = P_{acetileno} \times F_{Corr}$$

Donde $P'_{acetileno}$ es la presión equivalente a toda la masa generada de este gas en las condiciones de medida, $P_{acetileno}$ es el valor de presión monitorizado y F_{corr} es el factor de corrección que se calcula según la siguiente formula:

$$F_{Corr} = 1 + \frac{n_{acetileno\ disuelto}}{n_{acetileno\ gas}}$$

Este dato ($P'_{acetileno}$) permite calcular a través de la calibración el valor de la **pureza de carburo de calcio.** Adicionalmente, otra forma para evaluar la pureza del carburo de calcio es el volumen de acetileno generado en condiciones normales de presión y temperatura (1 bar y 25°C) para un 1 kg de muestra. Para ello se emplea la siguiente ecuación:

$$Volumen(L) = \frac{masa(g) \times pureza(\%)}{peso\ molecular\ carburo\ de\ calcio\left(\frac{g}{mol}\right)} \times R\left(\frac{L \times atm}{mol \times K}\right) \times T(K)$$

Donde la masa (g) es 1000 g,

La pureza el valor obtenido de la pureza de la muestra en %,

El peso molecular del carburo de calcio (g/mol) es 64.10 g/mol,

R es la constante de los gases ideales 0.082 L atm / mol K, y

T la temperatura 298.15 K

Dado que la mayoría de estas variables permanecen constantes la ecuación se simplifica y queda de la siguiente manera:

$$V(L) = \frac{1000 \times pureza(\%)}{64.10} \times 0.082 \times 298{,}15 = 3{,}813 \times pureza(\%)$$

El resultado de esta ecuación es el volumen de acetileno que generará 1 kg de muestra de carburo de calcio al reaccionar con agua en condiciones de 1 bar de presión y 25ºC de

3.2 Consideraciones previas al análisis de muestra

El analizador CaC-202 es un equipo versátil capaz para medir la concentración de carburos de calcio. Para ello, se debe tener en cuenta una serie de consideraciones previas.

Al comenzar a utilizar el equipo por primera vez o tras periodo sin uso, es necesario tener en cuenta las siguientes etapas para el arranque y la operación óptima del equipo:

1. **Encender el equipo y esperar al menos 60 minutos** antes de comenzar el análisis. Es necesario alcanzar la estabilidad térmica del crisol y compensador termodinámico del circuito neumático, a la temperatura de trabajo.
2. **Abrir el aire comprimido y comprobar que la presión** es por debajo del máximo permitido (ver ajuste de presión 4.5)
3. **Asegurarse que el equipo está conectado** a una toma de agua para efectuar los análisis previstos.
4. **Asegurarse que tubo de desagüe del equipo está correctamente conectado**.
5. **Comprobar que el valor de la presión en el compensador termodinámico** sea cercana a cero milibares antes de comenzar el análisis.

6. Establecer los parámetros de análisis deseados en la opción “Parámetros” (ver apartado 4.1.2) o seleccionar la aplicación previamente configurada.

Una vez alcanzada la estabilización del analizador y antes de comenzar los análisis debemos tener en cuenta el tipo de muestra a analizar ya que los parámetros de análisis deberán ser los adecuados para obtener los mejores resultados de precisión y exactitud.

¡¡¡Por razones de seguridad, queda terminantemente prohibido superar la masa máxima de la muestra, de acuerdo a las especificaciones del analizador!!!.

3.3 Análisis de muestras

El análisis de la pureza de carburo cálcico es un proceso automático que el analizador CaC-202 realiza de forma desatendida en un tiempo aproximado de 15 min. Para realizar el análisis de una muestra se siguen los siguientes pasos:

1. Se introduce en el crisol una cantidad exactamente pesada alrededor de **15 g de muestra**.
2. La muestra se situará en el centro del crisol junto con la barra magnética.
3. El valor de la masa de muestra se introducirá en el formulario de “introducción de datos de muestra” desmarcado el marcador “patrón de aluminio” (ver apartado 3.5.1).
4. Seguidamente se pulsará el botón de Analizar situado en la parte inferior de la gráfica del proceso de análisis (ver apartado 4.3), dando comienzo a la secuencia de análisis de muestra.
5. Una vez finalizado el proceso de análisis el resultado se almacenará en la base de datos y se activará el botón “Abrir crisol”, dejando el equipo listo para un nuevo análisis.

   Sin embargo, el usuario puede cancelar el análisis en cualquier momento. Durante los primeros 5 min del análisis presionando el botón “**Cancelar**” se producirá la finalización del análisis, pero el resultado del mismo **NO** se almacenará en la base de datos, el equipo procederá con las etapas finales de la secuencia de análisis para preparar el crisol para una nueva muestra.

Después de 5 min del inicio del análisis el botón “Cancelar” cambia a “**Finalizar**”, a partir de ese momento el usuario puede terminar el análisis, pero en este caso el resultado **sí** se almacena como si hubiese terminado el tiempo establecido de análisis y el equipo procederá con las etapas finales de la secuencia de análisis para preparar el crisol para una nueva muestra.

Si la presión del crisol sobre pasa los 20 mbar se ignorará la orden de apertura del crisol por motivos de seguridad

3.3.1 Secuencia de análisis de muestras

El proceso de análisis de la pureza de carburo cálcico se lleva a cabo siguiendo una secuencia establecida de etapas. En la parte inferior izquierda de la gráfica del proceso de análisis (ver apartado 4.3) se muestra el nombre de la etapa actual en la que se encuentra el equipo así como una barra de desplazamiento que indica la evolución de la misma. Una vez pulsando el botón “Analizar” se inicia la secuencia de análisis:

I. **Llenado de trampa.** Se activa la bomba de reactivo permitiendo el llenado el buffer.

II. **Cerrado del crisol.** El crisol se sella para iniciar el análisis.

III. **Equilibrando temperaturas.** El equipo tiene que tener una temperatura estable.

IV. **Tomando el Offset.** En este proceso se toma el valor de la presión de ese momento.

V. **Dosificación de reactivo.** Se activa la bomba de reactivo para dosificar el volumen necesario para llevar a cabo la reacción. El volumen de reactivo dosificado puede ser modificado dependiendo del tipo y naturaleza de la muestra mediante el parámetro (tiempo de dosificación de reactivo ver apartado 4.1.2).

VI. **Tiempo restante.** En el formulario del proceso de análisis aparece un temporizador que muestra el tiempo hasta el final del análisis. Según el tipo de granulometría se debe modificar el tiempo de análisis.

En el mismo momento en que comienza la adición del reactivo sobre la muestra, comienza la fase de seguimiento y cuantificación de la presión del circuito. Durante esta fase, la muestra se mantiene en agitación y calentamiento, para homogenizar los productos de partida y acelerar la reacción. El **tiempo de análisis es variable en función**

de la cinética de la reacción de oxidación de la muestra, este no debe ser inferior a 7 min y se puede prologar hasta 60 minutos.[3]

VII. **Limpieza vía** desagüe. Se activa la bomba de reactivo dosificando agua para eliminar una posible obstrucción del filtro.

VIII. **Despresurización circuito.** Se conmutan las válvulas para purgar el contenido del circuito y equilibrar la presión del crisol con la presión atmosférica.

IX. **Secuencia de lavado**. El equipo realiza una limpieza del crisol y sistema de tuberías después de realizar el análisis mediante la entrada de agua de lavado y aire a presión.

X. **Secuencia de secado.** Posterior al lavado realiza de manera automática el ciclo de secado del sistema de tuberías incrementando la temperara del crisol e introduciendo aire a presión.

XI. **Análisis finalizado.** Aparecen los resultados obtenidos en la base de datos.

3.4 Tipos de muestra

Este analizador, ha sido diseñado para medir la pureza del carburo de calcio en el proceso de control de producción del carburos de calcio y mezclas derivadas de este producto tales como el desulfurante.[4]

3.4.1 Muestras de Carburo de calcio.

El carburo de calcio es un **material heterogéneo** que presenta un elevado tamaño de partícula superior en muchos casos a 10 mm y típicamente presenta de partículas no deseadas, como ferro silicio y otros compuestos férricos, no solubles en agua, procedentes del proceso de fabricación.

La heterogeneidad del material producido obliga generalmente a utilizar una elevada cantidad de muestra, siendo necesario emplear masas de muestras de hasta 20 g para obtener resultados

[3] Si el análisis de la muestra produce más de 1600 mbar, el sistema de protección de equipo bloqueará la muestra y se abortará el análisis.

[4] Los desulfurantes son escorias sintéticas que se adicionan en la cuchara en el momento de su llegada al horno de afino, cuando se inicia el ajuste de composición química y temperatura, a fin de lograr una eficaz desulfuración de un acero previamente desoxidado

exactos y precisos. Por otro lado, el uso de una elevada cantidad de masa de muestra también está limitada por la elevada presión de acetileno generado. Si la presión analizada supera 1600 mbar de presión el equipo detiene el análisis y libera los gases abriendo la válvula de desagüe.

En ocasiones el contenido en partículas no reaccionadas en este tipo de muestras es muy elevado dejando restos metálicos partículas insolubles que se pueden acumular en el filtro del crisol lo que obliga al analista a retirarlas manualmente del crisol después de cada análisis.

3.4.2 Muestras de desulfurante

Las muestras de desulfurante son mezcla de **carburo de calcio, hulla y óxido de calcio** molidos, mezclados en las proporciones necesarias para la su utilización en el proceso de afino de aleaciones.

Tanto la hulla como el óxido de calcio son compuestos insolubles en agua, con tamaño de partícula debajo de las 100 µm, esto junto con la agresividad de la reacción al entrar en contacto con el reactivo, puede provocar que partículas de dichos compuestos sean desplazados con el gas generado hacia el depósito del compensador termodinámico. Para evitar este problema, el equipo dispone de un sistema de trampas para retener las partículas que hayan sido expulsadas desde el crisol.

El sistema de trampas (ver apartado 2.1) instalado en el equipo está formado por una trampa de lavado de gases (trampa) que permite retener las partículas sólidas arrastradas por corriente de gas y una trampa de líquidos (kitasato) que retiene las gotas de líquido arrastradas, protegiendo ambos la entrada de líquidos y sólidos al compensador termodinámico.

3.4.3 Muestras de aluminio

Las muestras de CaC_2 son muestras inestables debido a su capacidad de reaccionar con la humedad ambiental, lo cual inhabilita la posibilidad de utilizarla como patrón de calibración del equipo.

El patrón de calibración del equipo tiene que ser un compuesto de pureza conocida, cuya reacción genere un gas de manera proporcional a la pureza del mismo. El aluminio metálico de alta pureza (99.5%) cumple con esto requisito por lo que se puede utilizar como patrón (ver proceso descrito en apartado 3.5.1).

Las muestras de aluminio, como en los casos anteriores, conlleva una serie de problemas, el producto de la reacción de oxidación del aluminio tiende a aglomerarse sobre la rejilla del

desagüe del crisol pudiendo llegar a atascarlo en algunas ocasiones. Cuando esto suceda es necesario extraer la rejilla y limpiarla con aire a presión o agua.

Figura 3. Rejilla del crisol.

3.4.4 Blanco

La gasometría es un proceso complejo que requiere tener en cuenta todas las variables involucradas en el proceso (ver apartado 3.1):

Una de ellas es el valor de la **presión del blanco**, producida principalmente al incremento de presión del valor de agua a la temperatura de trabajo,[5] y del incremento de presión debido al volumen de reactivo añadido a la muestra durante el análisis; ya que el volumen del sistema es constante. Por ello, es necesario calcular y corregir la presión del blanco restándola del valor monitorizado de la presión de acetileno.

El valor de la presión del blanco (valor que debemos introducir en los parámetros, ver apartado 4.1.2) se obtiene como la media de al menos 3 determinaciones independientes del valor de la presión **en ausencia de muestra** (ver apartado 3.3) y debe calcularse siempre que cambie el volumen dosificado (ver apartado 4.1.2) o la temperatura del crisol y / o del compensador.

[5] La presión de vapor de agua es altamente dependiente con la temperatura y varía desde los 73.8 mbar a 40ºC hasta los 123.5 mbar a 50ºC.

3.5 Análisis del patrón

La calibración del equipo es una **etapa imprescindible para el correcto funcionamiento** del mismo. Este proceso consiste en establecer una relación directa entre el valor de un material de referencia (en % de pureza) y el resultado obtenido tras la realización del análisis (en mbar de presión de acetileno).

Es por tanto necesario la utilización de un material que genere una cantidad de gas conocida y ésta se pueda relacionar directamente con la pureza del carburo de calcio. Este material es aluminio metálico de pureza al 99.5% o superior.

Para llevar a cabo la calibración se tiene en cuenta la relación de estequiometria de producción de gas entre el aluminio y el carburo de calcio, así como la relación entre los pesos moleculares de ambos para conocer el factor de calibración.

La **relación estequimétrica** de producción de gas.

$$H_2O + Al_{(s)} \rightarrow Al(OH)_3 + {}^{3}/_{2} \cdot H_{2(g)}$$

$$2 \cdot H_2O + CaC_{2(s)} \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2C_{2(g)}$$

Cada mol de aluminio genera una cantidad de gas equivalente a 1.5 mol de carburo de calcio, de modo que 1 mol de aluminio genera una presión 1.5 veces mayor que 1 mol de carburo de calcio.

La **relación de pesos moleculares**.

Conocida la estequiometria de la reacción y los pesos moleculares del aluminio y del carburo de calcio se calcula el factor de calibración:

$$n\,Al = \frac{masa\ de\ Al}{PM\ de\ Al} \;\; ; \;\; n\,CaC_2 = \frac{masa\ de\ CaC_2}{PM\ de\ CaC_2}$$

Para un 1 g de aluminio:

$$n\ Al = \frac{masa\ de\ Al}{PM\ de\ Al} = \frac{1}{26.98} = 0.0371\ ;$$

$$0.0371\ \times 1.5 = n\ CaC_2$$

$$0.0371 \times 1.5 = \frac{masa\ de\ CaC_2}{64.10}\ \ ;\ \ masa\ de\ CaC_2 = \ 64.10 \times 0.0371 \times 1.5 = 3{,}56\ g$$

1 g de aluminio genera, por tanto, **el equivalente en gas que 3.567 g de carburo**. Dicho de otro modo, un aluminio de pureza 100% debe generar un valor equivalente de pureza de carburo de 356,7%.

3.5.1 Procedimiento de análisis del patrón

Para llevar a cabo la calibración del equipo se empleará en patrón de aluminio metálico e hidróxido sódico para análisis. Para ello se seguirán las siguientes etapas:

1. Se introducirá en el crisol una cantidad exactamente pesada cercana a **2 g de aluminio**, junto con la barra magnética.
2. Por otro lado, se pesarán aproximadamente 4 g de NaOH y se introducirá en el crisol **evitando que entre en contacto con el aluminio**. Si el aluminio entra en contacto con el hidróxido puede iniciarse la reacción de oxidación del aluminio con el crisol abierto provocando la perdida de hidrógeno desprendido de la reacción, invalidando la medida.

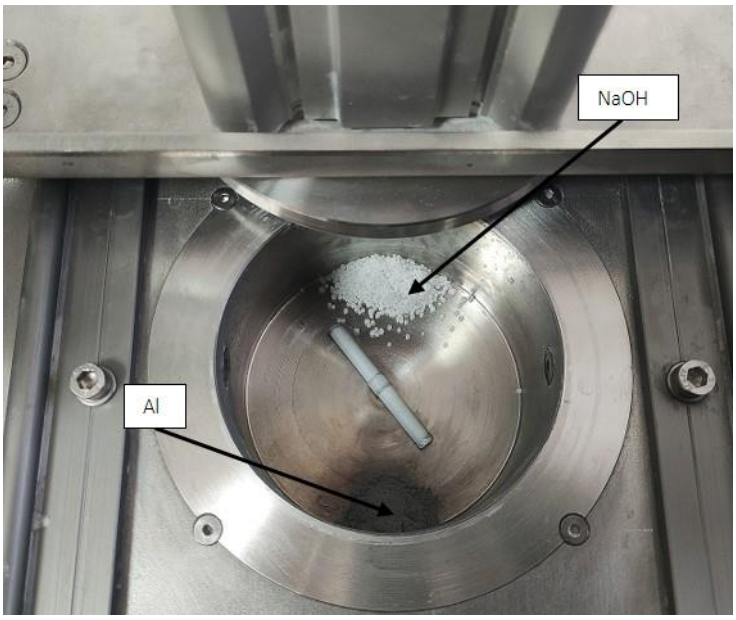


Figura 4. Colocación del aluminio y el hidróxido de sodio en el crisol para realizar la calibración.

El hidróxido de sodio se depositará sobre el filtro del crisol, para favorecer su disolución con la entrada del agua, el aluminio se depositará en el lugar opuesto del crisol

3. Para analizar el patrón de aluminio se procederá exactamente igual que para una muestra de carburo de calcio, pero se **deberá seleccionar el marcador de "Patrón de aluminio"** en el formulario de introducción de datos de muestra. Esto es **imprescindible** ya que el hidrógeno generado en la reacción de oxidación tiene una muy baja solubilidad en el agua y no debe tenerse en cuenta la perdida de presión debido a la solubilidad del gas (una explicación detallada se encuentra en el apartado 3.1 Principio de medida).

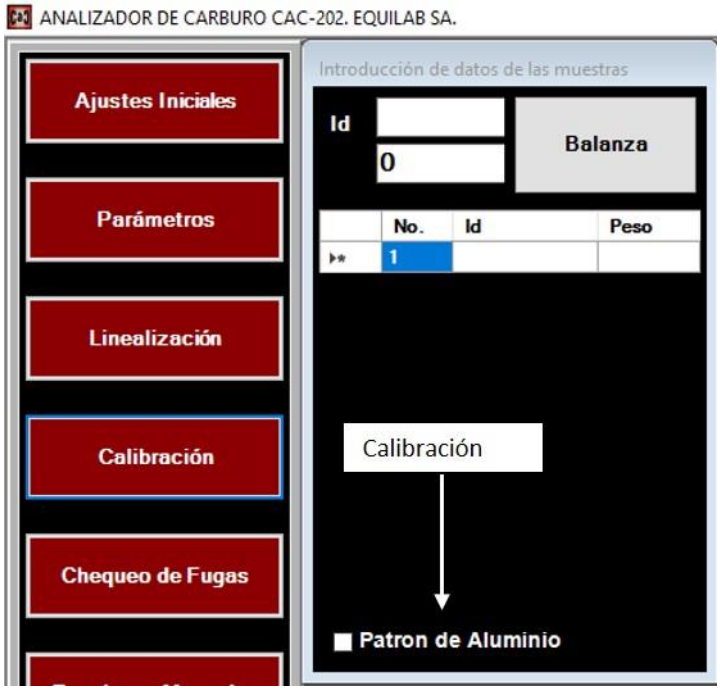


Figura 5. Pantalla principal, patrón de aluminio.

4. El resultado del análisis debe ser cercano a 356%[6] (para una pureza de aluminio del 100%) dado que el equipo se encuentra calibrado en pureza de carburo de calcio.

[6] En caso de tener seleccionado la unidad de medida en L resultado debe ser 1356 L para una pureza de aluminio de 100%.

5. Este ensayo se repetirá al menos 3 veces hasta disponer un valor medio con una **incertidumbre inferior al 2%** en el resultado proporcionado por el instrumento ya sea en % de pureza de carburo o en litros de acetileno.

   Finalmente, para ejecutar la calibración del instrumento se procederá según los pasos descritos en el apartado 4.1.4 introduciendo en el valor del patrón.

$$Valor\ del\ patrón = \frac{356 \times Pureza\ aluminio}{100}$$

si la unidad de medida es % de pureza de carburo de calcio y la pureza de aluminio es del 100% entonces el valor introducido será 356.

Si por el contrario la unidad de medida es litros de acetileno el valor del patrón será:

$$Valor\ del\ patrón = \frac{356 \times Pureza\ aluminio \times 3.81}{100}$$

si la pureza del aluminio es del 100% entonces el valor introducido será 1356 L.

Tabla de contenidos Interfaz de Usurario

4.1 Ventana de menú de control 34
4.1.1 Ajustes iniciales. *35*
4.1.2 Parámetros. *37*
4.1.3 Linealización. *40*
4.1.4 Calibración. *43*
4.1.5 Chequeo de fugas. *45*
4.1.6 Funciones manuales *46*
4.1.7 Temperaturas. *49*
4.1.8 Base de datos. *49*
4.1.9 Modo Standby/nomal *51*
4.2 Introducción de datos de la muestra 51
4.3 Representación del proceso de análisis 52
4.4 Últimos análisis 54
4.5 Manómetro 54

4 Interfaz de Usuario.

El analizador está controlado por una aplicación informática encargada de la automatización del análisis; la toma de datos; el procesado y cálculo de la concentración de carburo de calcio; la estimación del volumen de gas generado y el registro de los mismos en una base de datos.

Esta aplicación tiene una interfaz de usuario distribuida en un conjunto de ventanas como se muestra en la siguiente imagen de la pantalla principal.

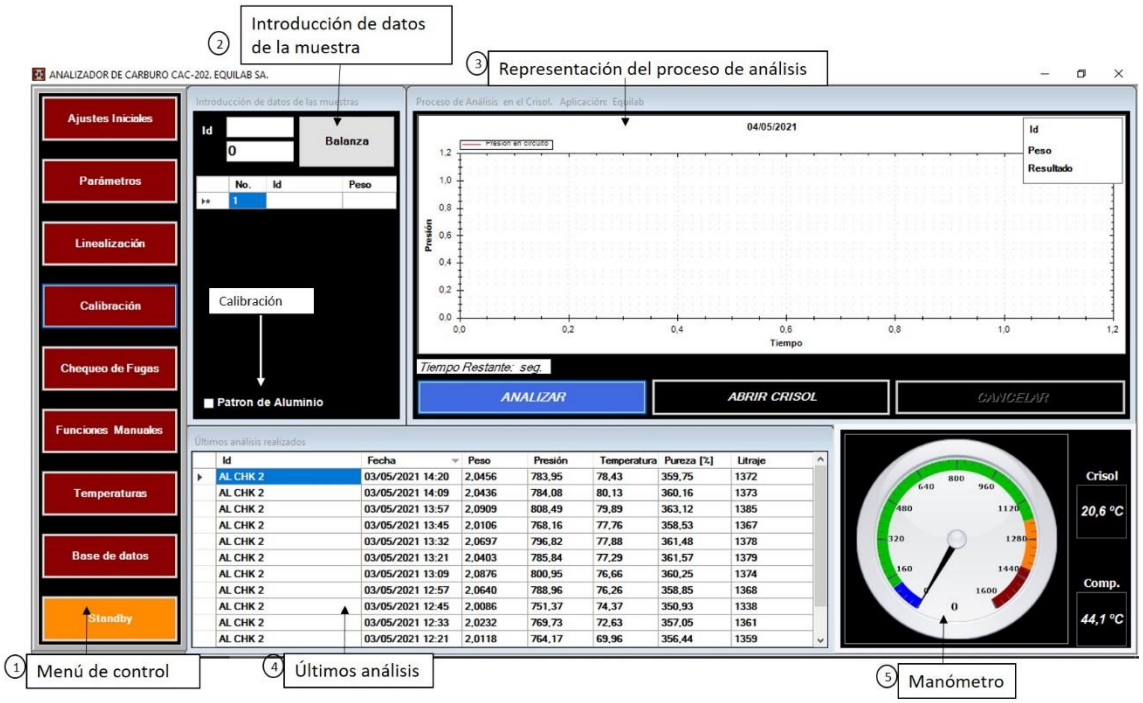


Figura 6. Pantalla inicial de la aplicación CaC-202.

El usuario puede modificar el diseño de esta interfaz variando los tamaños y colocación de las ventanas individuales hasta conseguir la apariencia deseada. Una vez actualizada la apariencia ésta se fijará haciendo doble clic sobre el fondo negro del cuadro de menú de controles.

A continuación, se recoge una breve descripción de cada una de las ventanas que se muestra en la interfaz de usuario.

1. **Menú de control.** Ventana de fondo negro, donde podemos encontrar los diferentes botones rojos de acceso a la configuración y funciones del analizador (ver apartado 4.1).

2. **Introducción de datos de la muestra.** Esta ventana se utiliza para introducir los datos de la muestra; referencia de la muestra y la masa.

   Además incluye un marcador de selección de patrón de aluminio que se tiene que marcar cuando se realiza un análisis con el patrón de aluminio metálico (ver apartado 4.1.4).

3. **Representaciones del proceso de análisis.** Muestra la evolución de la presión durante el análisis frente al tiempo, los datos de la muestra (referencia y masa) y el resultado en tiempo real.

4. **Últimos análisis.** Historial de las muestra analizadas en el último día (una revisión más detallada de la base de datos, se puede consultar presionando el botón Base de datos en la ventana de cuadros de control, ver apartado 4.1.8).

5. **Manómetro.** Esta ventana muestra la presión y temperatura instantáneas en el crisol y en el compensador.

4.1 Ventana de menú de control

Los botones que aparecen en esta ventana permiten acceder a la configuración de todos los parámetros del equipo, así como el control de las diferentes funcionalidades del sistema. Basta con hacer clic en la opción deseada para acceder a la ventana correspondiente.

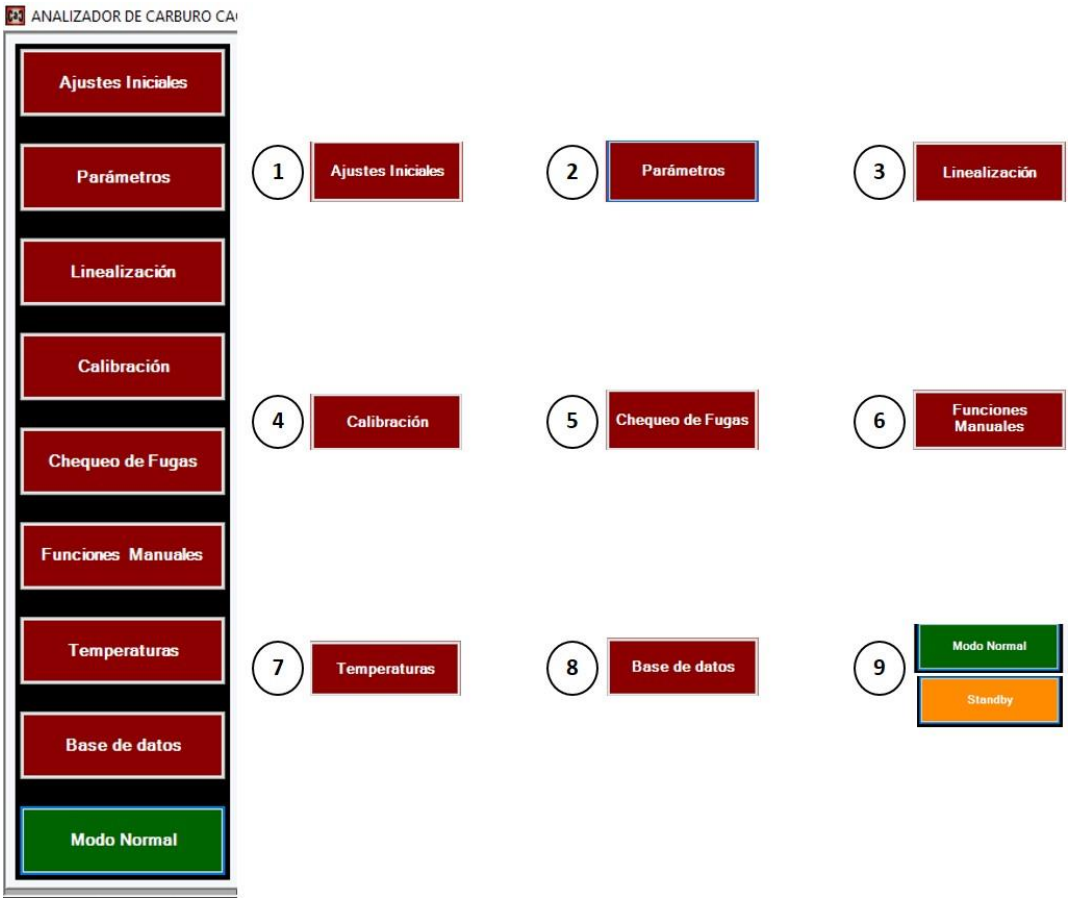


Figura 7. Menú de control. Detalle de las opciones.

A continuación, se describen individualmente de forma detallada, cada una de ellas.

4.1.1 Ajustes iniciales.

Para acceder a la ventana de ajustes iniciales hay que presionar el botón (1) del menú de controles.

Esta opción **muestra los distintos parámetros** del analizador (caracterización térmica y parámetros de los transductores de presión). El equipo se envía con todos los parámetros ajustados para un correcto funcionamiento y no deben modificarse sin la supervisión del técnico a excepción del voltaje Offset, el cual se explica más abajo.

La **modificación** de estos parámetros sin supervisión puede ocasionar el **mal funcionamiento** del analizador.

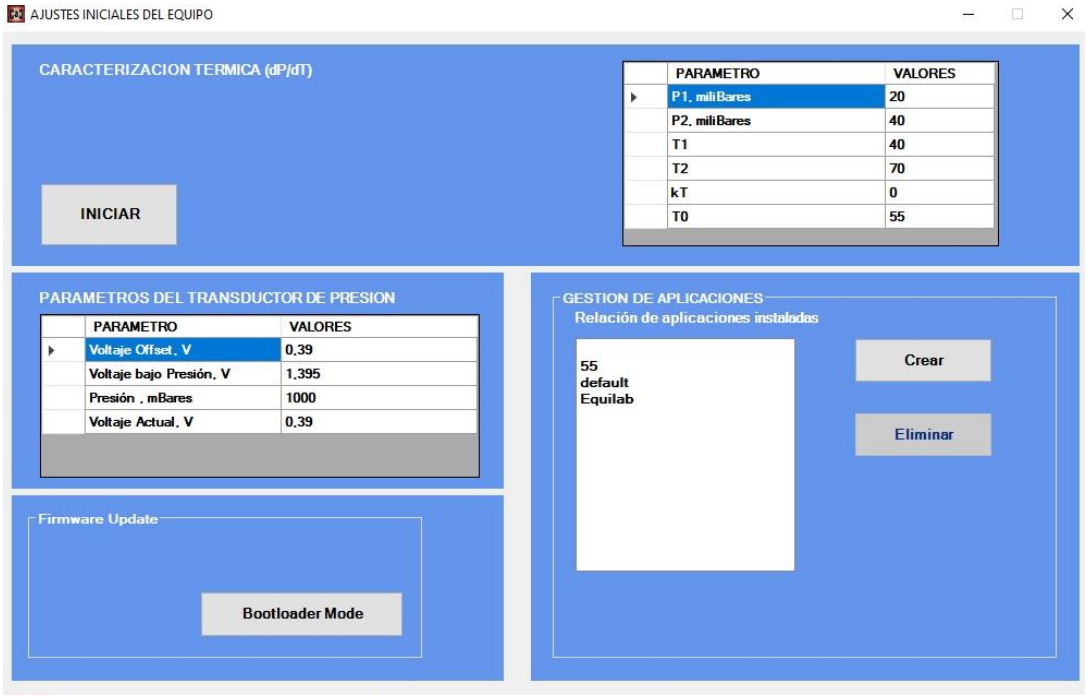


Figura 8. Interfaz de ajustes iniciales del equipo.

El voltaje Offset se debe ajustar en la instalación del equipo, anualmente en la revisión y si el equipo se traslada de lugar. Para ajustar este parámetro el equipo debe estar estable, es decir haber sido encendido previamente y que las temperaturas tanto del crisol como del compensador estén estables. Una vez el equipo esté totalmente estabilizado en el valor de "Voltaje offset" se podrá modificar introduciendo manualmente el valor leído en el valor del parámetro "Voltaje actual". En la siguiente figura se muestra una imagen de la ventana de parámetros del transductor de presión.

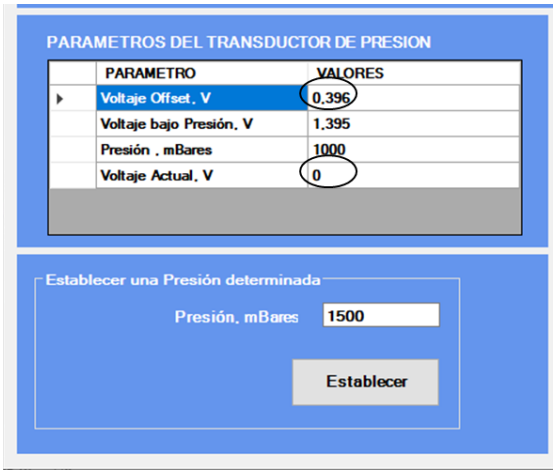


Figura 9. Proceso de ajuste del voltaje Offset.

Adicionalmente, en este formulario de ajuste iniciales se puede llevar a cabo la gestión de diferentes perfiles de trabajo “Gestión de aplicaciones”. Así se pueden crean tantos perfiles diferentes como configuraciones distintas se usen para el análisis de las distintas muestras.

Por defecto la única aplicación instalada es “Equilab”, para crear una nueva aplicación únicamente presionaremos el botón “Crear” e introduciremos el nombre de la aplicación. Esta aplicación se puede modificar individualmente como se indica en el siguiente apartado “Parámetros del equipo”.

4.1.2 Parámetros.

Para acceder a esta ventana de configuración hay que presionar el botón (2). En ella se muestran los parámetros actuales del analizador y permite la modificación de las constantes del mismo, así como la aplicación / perfil activo.

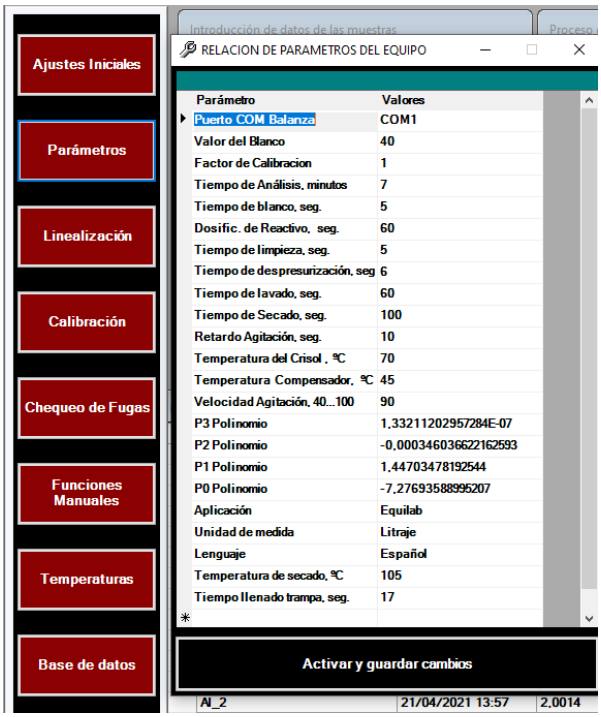


Figura 10. Relación de parámetros de configuración del equipo CaC-202.

Para que los nuevos valores introducidos se actualicen, es necesario pulsar sobre el botón “Activar y guardar cambios”. Los cambios se almacenarán en la aplicación o perfil activo y se actualizarán en el *software* para los próximos análisis.

- **Puerto COM de Balanza.** Especifica el puerto del ordenador al que se ha conectado la balanza.

  La balanza debe configurarse como se indica:

  - Velocidad: 9600 baudios
  - Bits: 7 bits
  - Paridad: impar
  - Stop bits: 1
  - Handshake: RTS

- **Valor del blanco.** Este valor en mbar se obtiene de realizar la media de los resultados obtenidos para una serie de blancos (ver apartado 3.4.4)

- **Factor de calibración.** Muestra el coeficiente de calibración. Puede ser modificado directamente sobre la tabla, o usando el los procedimientos de calibración habilitados en el programa[7] (ver apartado 4.1.4)

- **Tiempo de análisis.** Expresado en minutos es el tiempo de duración de un análisis, incluyendo el tiempo de dosificación. Es programable por el usuario.

  Recomendado entre 7 y 10 min dependiendo de la muestra (ver apartado 3.3).

→ **Tiempo de Blanco.** Tiempo que se deja para estabilizar las temperaturas y toma el valor de offset. Aparece marcado como equilibrando las temperaturas durante el proceso de análisis en la gráfica.

  Recomendado en 5 s.

- **Dosificador de reactivo.** Expresado en segundos es el tiempo en que la bomba peristáltica se encuentra activa para la dosificación del reactivo y es programable por el usuario.

  Recomendado 60 s.

[7] Se recomienda utilizar la calibración automática

- **Tiempo de limpieza.** Expresado en segundos, durante este periodo se lleva a cabo la activación de la bomba peristáltica que introduce agua limpia al sistema para favorecer las siguientes etapas de despresurización y limpieza.

  Recomendado 5 seg.

- **Tiempo de despresurización.** Expresado en segundos, es el tiempo que es sistema espera durante la secuencia de despresurización, es programable por el usuario. La despresurización del sistema depende en numerosos factores, desde la presión que genera la muestra hasta tipo de desagüe y su longitud, de forma que experimentalmente se deberá observar el tiempo mínimo necesario para alcanzar una presión inferior a 20 mbar. Si el tiempo de despresurización es corto el sistema detectará una obstrucción y procederá al ejecutar el proceso de desatascado del desagüe antes de seguir con la secuencia habitual.

  Recomendado 30 s.

- **Tiempo de lavado.** Expresado en segundos, en esta etapa se lleva a cabo la limpieza del crisol con agua y aire a la presión de entrada manteniendo la agitación y la salida al desagüe abierta. Esto permite retirar del crisol todos los restos de muestra no reaccionados que se producen durante la reacción.

  Recomendado 60 s.

- **Tiempo de secado.** Expresado en segundos, en esta etapa se lleva a cabo el secado del reactor mediante aire a presión al mismo tiempo que se modifica la temperatura objetivo del crisol a la temperatura de secado (ver a continuación).

  Recomendado 100 s.

- **Retardo de agitación.** Expresado en segundos, este parámetro introduce un retardo en la activación de la agitación para evitar que la reacción de descomposición del carburo de cálcico de por sí exotérmica se acelere demasiado produciendo un rápido aumento de presión.

  Recomendado 10 s.

- **Temperatura del crisol.** Establece la temperatura de trabajo del crisol en ºC.

  Recomendado 45ºC.

- **Temperatura Compensador.** Establece la temperatura de trabajo de lo compensador termodinámico del equipo.

Recomendado 45°C.

- **Velocidad agitación.** Establece la velocidad de giro de las barras magnéticas de la muestra. Puede ser modificado entre 40 y 100.

  Recomendado 90.

- **P3/P2/P1/P0 Polinomio.** Son los parámetros que se obtienen como resultado del proceso de ajuste a una función cúbica que relaciona la pureza de carburo de calcio con la presión en todo el intervalo de respuesta del analizador (0 - 100%).

- **Aplicación.** Permite seleccionar el perfil deseado con el que se va a llevar a cabo el análisis.

- **Unidad de medida.** Expresada en porcentaje de carburo de calcio o litraje.

- **Lenguaje.** Permite seleccionar el lenguaje deseado (español/inglés).

- **Temperatura de secado.** Expresado en °C, la temperatura objetivo durante el proceso de secado del crisol.

  Recomendado 105°C.

- **Tiempo llenado trampa.** Expresado en segundos, es el tiempo de llenado de la trampa durante el cual la bomba peristáltica está activa. No debe superar los 20 s.

  Recomendado 15 s.

Los tiempos recomendados, son basados en las pruebas realizadas por el fabricante con las muestras explicadas en el apartado 3.3.

Un tiempo de llenado de trampa superior a 20 s puede ocasionar la entrada de agua en el crisol iniciando la descomposición del carburo antes de presurizar el sistema, **invalidando el resultado obtenido**.

4.1.3 Linealización.

Para acceder a esta ventana de configuración hay que presionar el botón (3) del menú de controles. El analizador CaC-202 basa su funcionamiento en la monitorización en continuo de la presión durante la reacción de descomposición del carburo, que a través de la función de calibración se obtiene el valor de pureza de la muestra.

El proceso de linealización permite establecer una **relación univoca entre el porcentaje de carburo de calcio y la señal analítica empleada (presión en mbar)**. La linealización debe llevarse a cabo por el usuario si se detecta alguna anomalía en el calibrado del equipo, o después de haber sustituido el detector de presión por avería o actualización dado que es un proceso imprescindible para el correcto funcionamiento del equipo. Para llevar a cabo el proceso de linealización debemos seguir los siguientes pasos:

La linealización debe llevarse a cabo con el analizador en **estado estable**, al menos 60 minutos después de haber sido puesto en marcha

1) Pulsar el botón “Parámetros” (botón (2) del menú de control)

2) Poner el factor de calibración a 1 y cambiar los coeficientes del polinomio a:

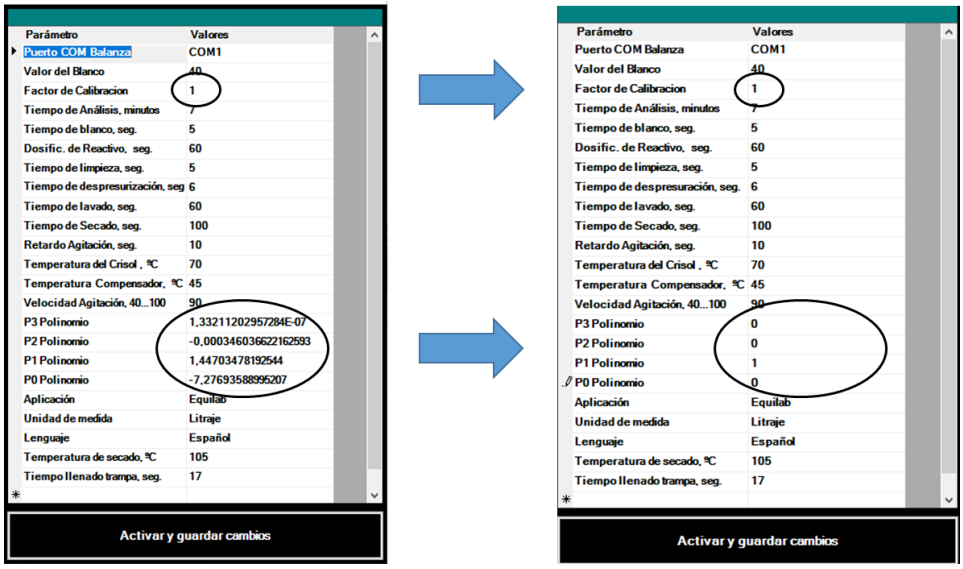


Figura 11. Modificación de los coeficientes del polinomio de calibración.

3) Realizar al menos 3 réplicas de cada uno de las siguientes masas de un patrón de aluminio con al menos el 99% de pureza, siguiendo el procedimiento descrito en el apartado 3.5.1.

   → 1 gramo + 2 gramos de NaOH

   → 2 gramos + 4 gramos de NaOH

   → 3 gramos + 6 gramos de NaOH

4) Una vez terminados los análisis del patrón, abrir la ventana de linealización pulsando el botón correspondiente (3) en menú de control.

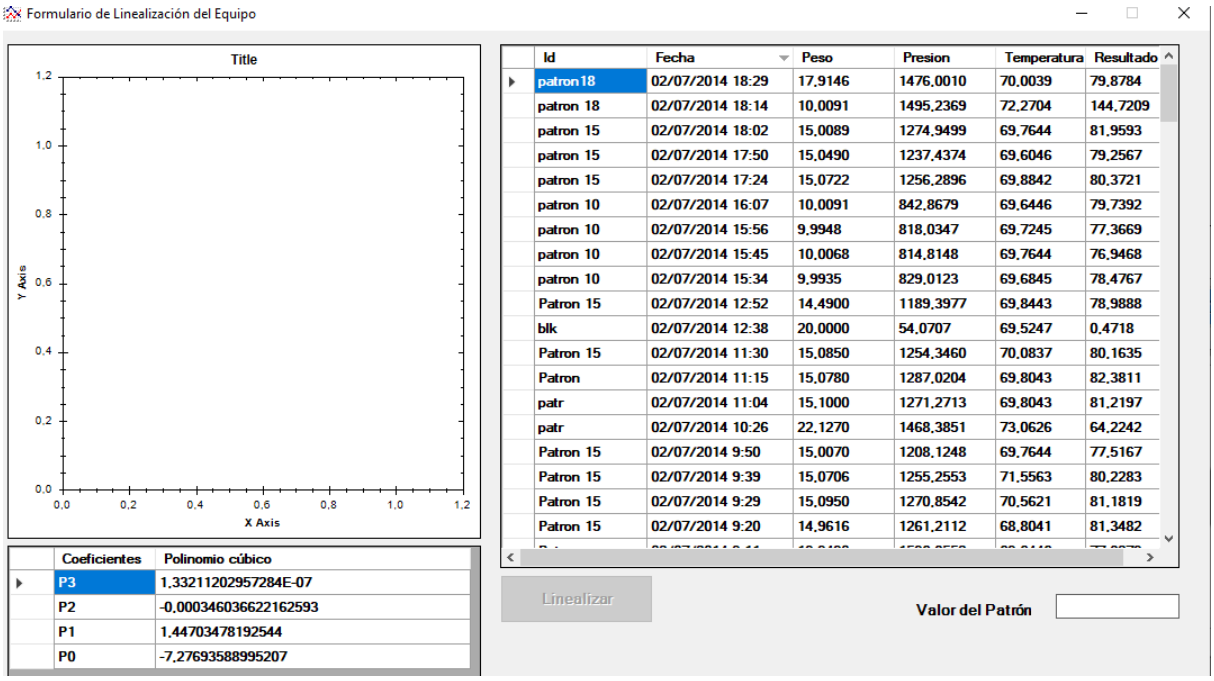


Figura 12. Ventana de linealización del equipo CaC-202.

5) Seleccionar los resultados deseados (con ayuda del ratón y la tecla CTRL)[8] e introducir el valor del patrón en el cuadro de texto "Valor de Patrón"

   El valor del patrón corresponde al valor equivalente a la pureza un carburo de calcio de 356% o volumen de 1356 L (una explicación detallada del proceso de análisis del patrón se recoge en el apartado 3.5.1).

6) Pulsar el botón "Linealizar" para llevar a cabo el cálculo de los coeficientes de la función de calibración. Una vez finalizado el proceso de ajuste a una ecuación polinómica de grado 3 en una ventana emergente se muestra el gráfico de la curva de calibración donde se representan los pares ordenados (presión,pureza) utilizados para el proceso

[8] Es posible obtener algún resultado que no es útil para la linealización "*outlier*" por lo que no será seleccionado para el proceso de linealización.

de linealización. Haciendo doble clic sobre la ventana gráfica ésta se cierra retornando a la ventana previa, en la que se muestran los nuevos coeficientes (abajo a la izquierda).

7) Para aceptar los nuevos coeficientes debemos pulsar en el botón “Aplicar”, o desecharlos pulsando sobre “Cancelar”. En cualquier caso, la ventana de linealización se cerrará y volviendo a la ventana principal de la interfaz de usuario.

4.1.4 Calibración.

Una vez se ha llevado a cabo la linealización del equipo, el cual es un proceso lento que requiere realizar un gran número de medidas para obtener un buen ajuste, el equipo puede calibrarse mediante un procedimiento sencillo y rápido empleando un solo valor de concentración de aluminio.

El proceso de calibración del equipo permite corregir las desviaciones instrumentales y / o ambientales de forma rápida y sencilla, ello se puede realizar empleando el modo manual o automático.

La calibración es un proceso más rápido que el de linealización, para ello puede utilizarse mediante el modo manual o automático.

- Calibración Manual:

El procedimiento manual de calibración consiste en modificar el “Factor de calibración” directamente en los parámetros del analizador. Para ello se accederá a la ventana de parámetros y se modifica el valor de los “Factores de calibración” según el siguiente procedimiento:

$$F\ calibración_{nuevo} = Fa\ calibración_{anterior} \times \frac{\%pureza\ teórica\ del\ patrón}{\%pureza\ de\ obtenida\ del\ patrón}$$

Donde el F calibración$_{nuevo}$ es el valor que debe introducirse en la lista de parámetros; F calibración$_{antiguo}$ es el parámetro actual del factor de calibración; %pureza teórica del patrón es de 356% o volumen de 1356 L (confirma en función de la pureza real del aluminio, una explicación detallada del proceso de análisis del patrón se recoge en el apartado 3.5.1) y %pureza obtenida del patrón es el resultado proporcionado por el equipo.

Una vez calculado el nuevo factor de calibración, éste sustituirá al factor anterior en la ventana de parámetros:

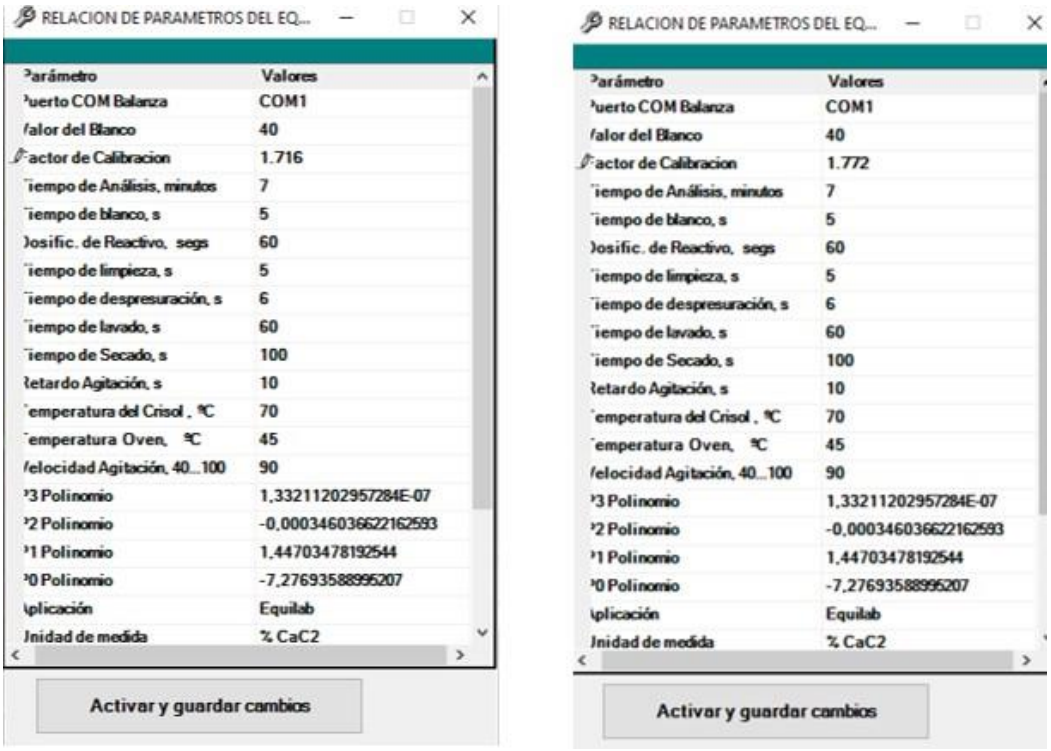


Figura 13. Tabla de parámetros de configuración antes de la calibración manual (izq.) y después (der.).

Presionando el botón de “Activar y guardar cambios” para validar y guardar los cambios. En caso de cerrar la ventana sin guardar los cambios el factor de calibración no se modificará.

Recuerde que cualquier cambio en estos parámetros solamente se hará efectivo presionando el botón de **“Activar y guardar cambios”**

- Calibración automática:

El procedimiento automático de calibración permite la modificación del factor de calibración mediante la función “calibración” botón (4) del menú de control. Para llevar a cabo el proceso de calibración debemos seguir los siguientes pasos:

1) Realizar al menos 3 réplicas de un patrón de aluminio con al menos el 99% de pureza de 2 g de patrón y 4 g de hidróxido sódico, siguiendo el procedimiento descrito en el apartado 3.5.1.
2) Pulsar el botón (4) del menú de control para abrir la ventana de calibración.

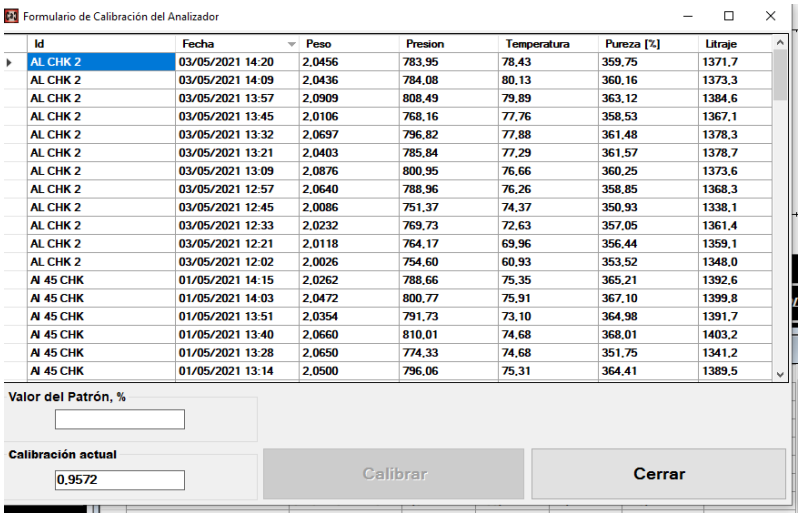


Figura 14. Tabla de resultados de los análisis realizados para llevar a cabo la calibración automática.

3) Seleccionar los resultados deseados (con ayuda del ratón y la tecla CTRL)[9] e introducir el valor del patrón en el cuadro de texto “Valor de Patrón”. Una vez seleccionados los patrones a emplear el botón “Calibrar” cambia su estado a disponible para proceder a la calibración.

   El valor del patrón corresponde al valor equivalente a la pureza un carburo de calcio de 356% o volumen de 1356 L (una explicación detallada del proceso de análisis del patrón se recoge en el apartado 3.5.1).

4) Pulsar el botón “Calibrar” para llevar a cabo el cálculo del “Factor de calibración”. Una vez finalizado el nuevo valor que se muestra en “Calibración actual” se actualiza automáticamente en la tabla de parámetros de configuración (ver apartado 4.1.2).

4.1.5 Chequeo de fugas.

Para acceder a esta ventana de configuración hay que presionar el botón (5). Esta opción nos permite comprobar la estanqueidad del sistema, comprobando el cierre hermético del crisol. Según se pulse el botón de “chequeo de fugas” instantáneamente aparecerá una ventana con un gráfico de la evolución de la presión a lo largo del tiempo.

[9] Es posible obtener algún resultado que no es útil para la linealización “*outlier*” por lo que no será seleccionado para el proceso de linealización.

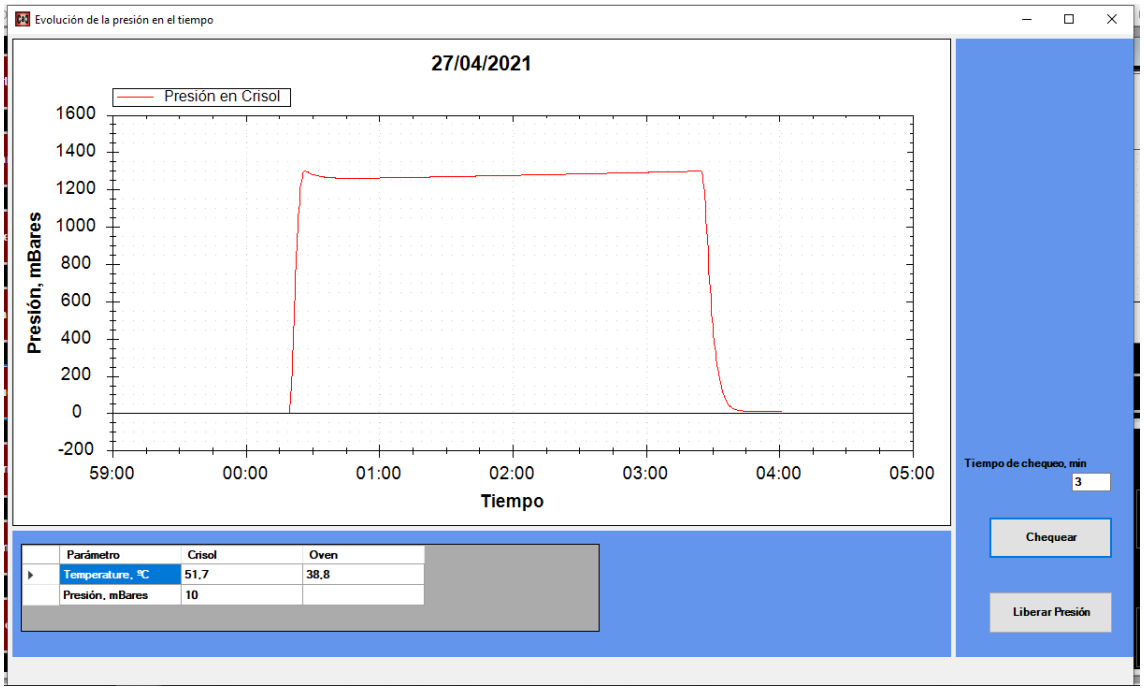


Figura 15. Gráfico de evolución de la presión con el tiempo y funciones del chequeo de fugas.

Para efectuar un chequeo de fugas, se deben dejar el crisol vacío y pulsar el botón “Chequear”. A continuación, el pistón cerrará la tapa del crisol y el sistema aplicará una presión neumática cercana 1500 mbar, durante ese proceso todas las válvulas permanecen cerradas manteniendo estanco el volumen de análisis durante el tiempo determinado a la izquierda de la pantalla “tiempo de chequeo”. Si durante este tiempo la presión desciende es síntoma de fugas y habrá que revisar el sistema hasta encontrar dichas fugas antes de continuar analizando.

4.1.6 Funciones manuales

Para acceder a esta ventana de configuración hay que presionar el botón (6). Esta ventana es de gran utilidad para el diagnóstico y manejo del analizador, ya que permite actuar de forma manual sobre todos los elementos integrantes del equipo. Esto a su vez requiere cuidado y atención por parte del operario, ya que **un estado inadecuado de la válvula** durante un largo tiempo puede causar daños en el analizador o en el personal al cargo.

El activación o desactivación manual de los elementos del sistema pueden ocasionar **un estado inadecuado de la válvula** durante un largo tiempo que a su vez puede causar daños en el analizador o en el personal al cargo.

Figura 16. Ventana de control manual de las funciones.

A continuación, se describen las funciones de cada uno de los botones presentes en la ventana de funciones manuales. La disposición y tarea de cada uno de los elementos se pueden ver en el diagrama neumático (ver apartado 2.1.1)

1. **Pistón.** Esta función permite liberar y sellar el crisol. El botón “Subir pistón” permite liberar el crisol y el botón “Bajar pistón” sella el crisol.

   El marcador “Detector del crisol” aparece activo si el sistema detecta que el pistón se ha cerrado correctamente, en caso contrario aparecerá desmarcado impidiendo la ejecución del análisis de la muestra.

2. **OutGas Pinch.** (PV1 Normalmente abierta) este control permite abrir y cerrar la válvula de desagüe del equipo. Los botones de “Cerrar” y “Abrir” controlan las funciones de la válvula de desagüe.

3. **Presión neumática.** (SV1 Normalmente cerrado) este control permite la entrada de aire comprimido al sistema a la presión de trabajo fijada con el manómetro del equipo. Los botones “ON” y “OFF” controlan las funciones de la válvula de entrada aire comprimido.

4. **Bomba de reactivo:** (B) El botón “FF” activa la bomba de reactivo (bomba peristáltica) introduciendo el agua de forma controlada en el sistema; el botón “RW” activa la bomba en sentido contrario y el botón “OFF” detiene la bomba.

Siempre que se pulse uno de estos botones, simultáneamente con la bomba se activará la electroválvula de seguridad (SV9).

5. **Válvula reactivo.** (PV2 Normalmente abierta) Este control permite control del paso de reactivo (agua) al crisol. Los botones de “Cerrar” y “Abrir” controlan las funciones de la válvula.

Si el usuario cierra manualmente la válvula pinch de reactivo al tiempo que la bomba peristáltica de reactivo se encuentra activa, se puede generar sobrepresiones internas e incluso reventar algún tubo ocasionando un vertido del reactivo en el interior del equipo.

6. **Agitador.** Los botones “ON” y “OFF” controlan las funciones del agitador magnético.
7. **Agitador setup (1…9).** Permite modificar la velocidad de la barra magnética entre el mínimo 1 y el máximo 9. El botón “Velocidad” fija la velocidad del agitador.
8. **Apertura crisol.** Este control que ejecuta la secuencia de apertura y cierre del crisol desde su posición de reposo. “Abrir crisol” sube el pistón y desplaza la mesa a la posición de reposo, en contraposición, “Cerrar crisol” desplaza la mesa para posicionar el pistón sobre el crisol y baja el pistón**.**
9. **Posición mesa.** Este control permite desplazar la mesa desde su posición de reposo a su posición sobre el crisol y viceversa. Los botones de “Cerrar” y “Abrir” activan los movimientos del actuador desplazando la mesa en sentido lineal.
10. **Válvula de lavado.** (SV2 Normalmente cerrada) Este control permite la entrada de agua desde la toma de agua del equipo directamente al crisol para llevar a cabo la secuencia de lavado. Los botones “ON” y “OFF” controlan las funciones de la válvula de entrada agua al crisol.
11. **Secado.** Este control activa la secuencia de secado del crisol. El botón “Iniciar” activa la válvula de presión neumática (SV1) y lleva la temperatura de consigna del crisol a la temperatura de secado (ver apartado 4.1.2); el botón “Terminar” desactiva la válvula de presión neumática (SV1) y lleva la temperatura de consigna del crisol a la temperatura de medida (ver apartado 4.1.2).
12. **Llenado de trampa**. Este control activa la secuencia de llenado de la trampa con agua. El botón “Iniciar” activa la bomba peristáltica (B), las válvulas (SV9, SV10 y PV2) llenando

el buffer (A7). El botón “Parar” desactiva la bomba peristáltica (B), las válvulas (SV9, SV10 y PV2).

> Un tiempo de llenado de trampa elevado puede llenar completamente el buffer y la trampa. Si hubiera alguna obstrucción el agua podría llegar al compensador a través el Kitasato dañándolo.

4.1.7 Temperaturas.

Para acceder a esta ventana hay que presionar el botón (7). Esta ventana nos permite visualizar un gráfico de las temperaturas del analizador del crisol y del compensador termodinámico en función del tiempo. Sirve para chequear posibles variaciones de temperatura en las diferentes partes el circuito y determinar su estabilidad y la influencia en los análisis.

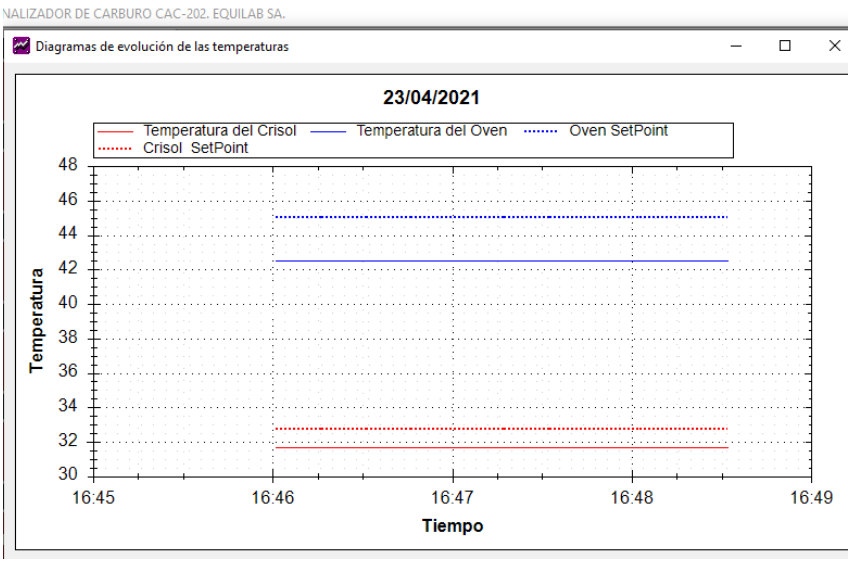


Figura 17. Representación gráfica de la temperatura monitorizada por los distintos sensores del sistema.

4.1.8 Base de datos.

Para acceder a esta ventana de hay que presionar el botón (8) del menú de control, muestra una tabla con los resultados de los análisis realizados por el equipo.

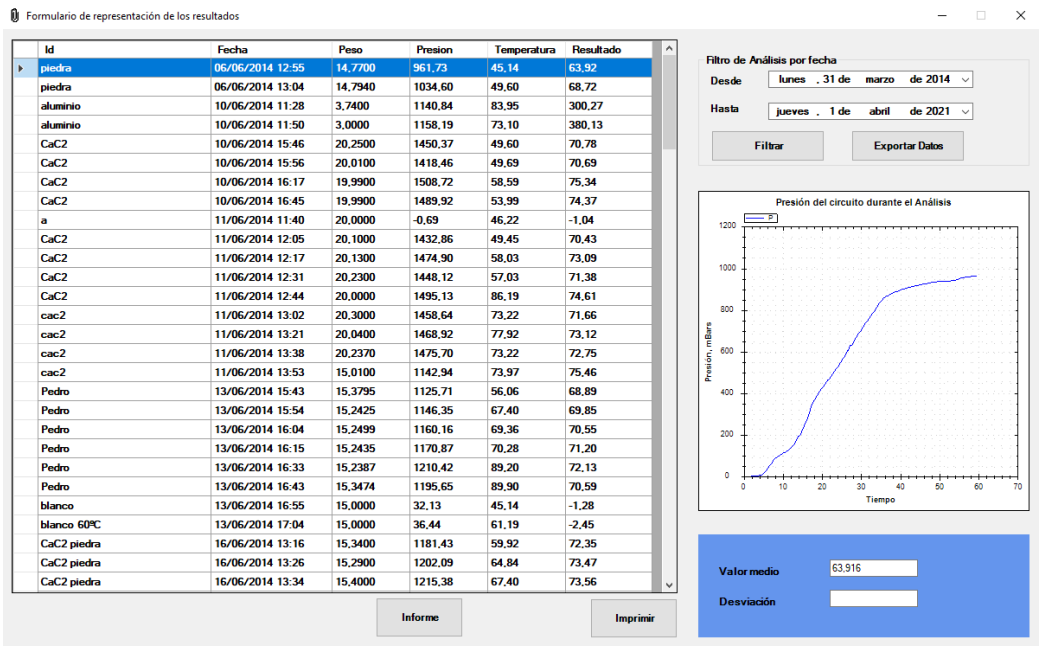


Figura 18. Base de datos de los análisis realizados por el analizar.

Estos datos se pueden filtrar por fecha y ordenarse por diferentes criterios adicionalmente todo el contenido de la tabla puede exportarse a una hoja de cálculo.

La selección de una fila permite visualizar la representación gráfica del análisis como variación de la presión generada durante el tiempo. Adicionalmente esta función permite el cálculo del promedio y desviación típica de varios resultados de los análisis previamente seleccionados, para seleccionar varios análisis se seleccionarán las correspondintes filas de la tabla mientras se presiona la tecla “CTRL”, este recurso puede ser útil como un histórico del equipo.

Existe la posibilidad de obtener un informe de un análisis individual, para ello sólo se tiene que seleccionar el análisis deseado y pulsar el botón “Informe” el informe resultante saldrá en una ventana emergente, el cual puede ser directamente impreso pulsando al botón de imprimir.

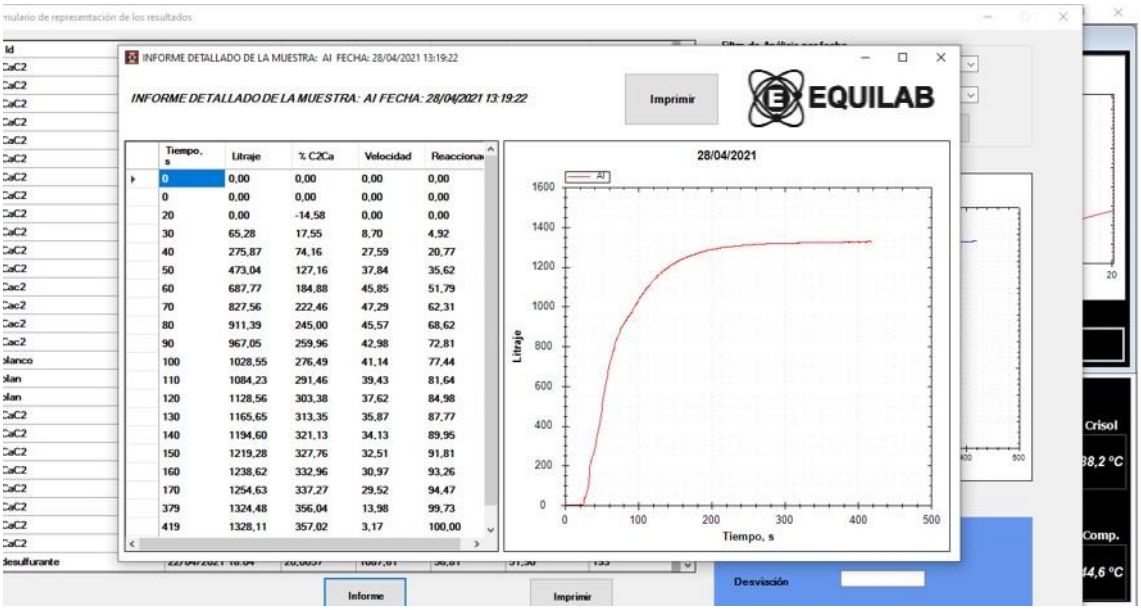


Figura 19. Informe de una muestra individual.

4.1.9 Modo Standby/nomal

Este modo permite desactivar el calentamiento del crisol mientras se mantiene activo el calentamiento del compensado termodinámico.

Si se va a detener el proceso de análisis del equipo durante un tiempo prolongado es recomendable utilizar el modo Stand by. En este modo, el crisol queda sin calentamiento, mientras que el compensador termodinámico continua con temperatura de trabajo permitiendo reiniciar los análisis sin necesidad de una larga espera de estabilización.

Posteriormente cuando se desee reiniciar los análisis se debe apretar de nuevo el botón (9) del menú de control activando el modo normal.

4.2 Introducción de datos de la muestra

La interfaz de usuario permite la incorporación del identificador de muestra y su correspondiente valor de masa de dos formas diferentes:

1. **Modo semi-automático.** Cuando una balanza está conectada al ordenador, únicamente se escribirá el nombre de la muestra. El valor de la pesada se transferirá a la tabla inferior al presionar el botón “Balanza”

2. **Modo manual.** En la opción manual tanto el nombre de la muestra como el valor de la pesada se escriben directamente en la tabla inferior.

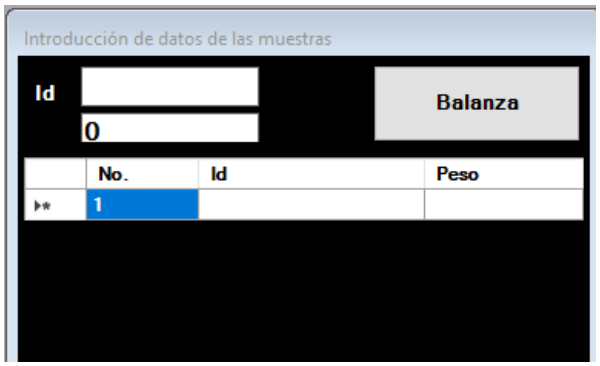


Figura 20. Ventana de introducción de datos de la muestra.

El nombre de la muestra puede contener hasta 20 caracteres alfanuméricos con o sin espacios entre ellos y evitando usar punto, comas y barras; para el peso puede usar punto o coma para los decimales. Se pueden analizar muestras con el mismo nombre repetido. El programa del analizador almacena estos datos junto con el resultado obtenido del análisis en la base de datos compatible con Excel y Access.

Cuando la muestra sea un patrón de aluminio debe seleccionarse el marcador "**Patrón de Aluminio**"

4.3 Representación del proceso de análisis

En la ventana principal de la interfaz de usuario se muestra la ventana "Proceso del análisis del crisol" donde se representa el perfil de respuesta del sensor en tiempo real durante la secuencia de análisis y se recogen el estado de evolución de dicha secuencia. En la siguiente figura se muestra una imagen de la ventana del proceso de análisis.

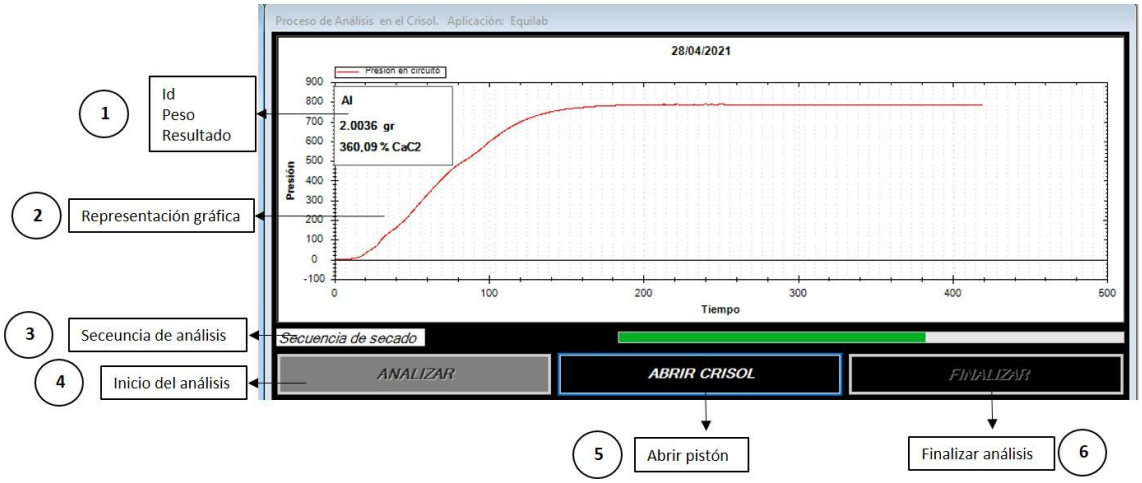


Figura 21. Ventana de representación gráfica de los resultados.

Dentro de este apartado se encuentran diferentes subapartados, que se enumeran en la figura anterior:

1. Este recuadro recoge los valores de referencia de la muestra, el Id (nombre de la muestra) y peso en g, finalmente el resultado instantáneo de pureza de la muestra en % o el volumen en L generados de gas por kg de muestra.

2. En el recuadro de la representación gráfica se muestra la cinética de reacción monitorizando el valor de presión frente al tiempo. Esta gráfica permite evaluar fácilmente el comportamiento de la muestra desde el inicio de la reacción hasta la finalización de la misma.

3. Secuencia de análisis, donde se describen las diferentes etapas de la secuencia en las que se encuentra el análisis, ver apartado 3.3.

4. El botón de “Analizar” activa la secuencia de análisis.

5. El botón de “Abrir” se abrirá el pistón. La apertura del crisol únicamente se podrá llevar a cabo cuando el análisis haya finalizado y la presión sea inferior a 20 mbar.

6. El botón “Finalizar” permite abortar el análisis en cualquier momento. Si el análisis se aborta durante los primeros 5 minutos el dato obtenido del % de pureza no se registra en la tabla de últimos análisis, ni se almacena en la base de datos. Si el análisis se aborta después de ese periodo el resultado queda registrado como muestra finalizada.

4.4 Últimos análisis

En la tabla últimos análisis realizados se recogen los datos más relevantes de las muestras realizadas durante el último día. En esta tabla se recogen los siguientes el Id de la muestra, la fecha y hora del análisis, masa analizada, la presión máxima, la temperatura, la pureza y el volumen de gas generado.

Últimos análisis realizados

Id	Fecha	Peso	Presión	Temperatura	Resultado
desulfurante	22/04/2021 14:10	5,0058	281,59	50,41	48,17
desulfurante	22/04/2021 13:58	5,0032	282,59	44,83	49,25
desulfurante	22/04/2021 13:35	5,0290	274,76	44,88	47,40
desulf.	22/04/2021 12:02	0,5006	257,59	50,37	432,74
desulf.	22/04/2021 11:48	3,0002	177,04	44,78	46,21
desulf.	22/04/2021 11:38	5,0252	285,87	48,08	49,20
CaC2	22/04/2021 11:09	20,1219	1282,54	59,75	61,12
CaC2	22/04/2021 10:53	20,0094	1369,34	53,03	65,90
CaC2	22/04/2021 9:49	29,9946	1590,24	59,02	50,88
blanco	22/04/2021 9:33	15,0000	25,80	32,59	-0,49
Al_1.5	21/04/2021 14:47	1,5066	570,22	57,81	350,29
blanco	21/04/2021 14:16	15,0000	26,12	45,35	-0,03
Al_2	21/04/2021 13:57	2,0014	745,75	58,81	354,32

Figura 22. Ventana de últimos análisis.

4.5 Manómetro

La representación gráfica del manómetro que se muestra en la pantalla principal de la interfaz de usuario presentan una escala de colores que indica la zona óptima de operación. En esta representación gráfica también se recogen los valores de temperatura del crisol y del compensador termodinámico.

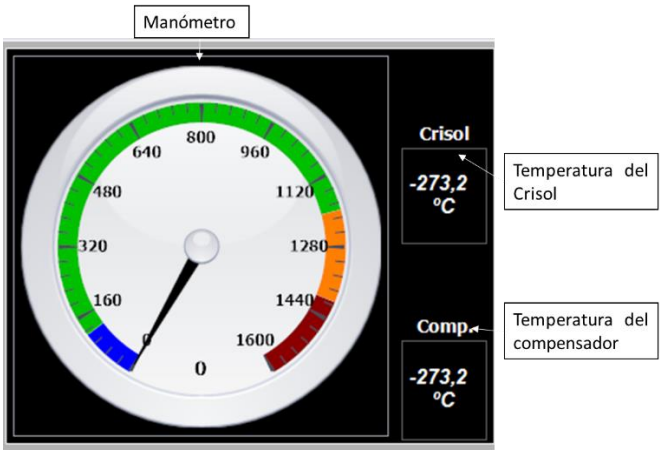


Figura 23. Representación gráfica de la presión instantánea del sistema, así como los valores temperatura del crisol y compensador térmico.

- **Zona azul**, desde 0 a 120 mbar. Es muy poca presión de trabajo, por lo que, si los resultados de presión se encuentran en esta zona, debe aumentarse la cantidad de muestra.
- **Zona verde**, desde 120 a 1200mbar, corresponde a la zona óptima de presiones para realizar el ensayo, presenta la máxima precisión en la medida.
- **Zona naranja**, desde 1200 hasta 1400 mbar, es la zona no óptima pero no limitante, trabajar en este intervalo significa estar trabajando al máximo de la capacidad, ya que si se aumenta la concentración llega a la presión límite.
- **Zona roja**, hasta 1600 mbar, la presión es límite y puede saturar el detector con lo que la medida puede ser errónea, se recomienda disminuir la masa de muestra.

Si la presión alcanza 1600 mbar la presión del sistema se libera y se detiene el análisis.

Tabla de contenidos Mantenimiento

5 Mantenimiento 57

5.1 Mantenimiento preventivo. 58

5.1.1 Mantenimiento diario. *59*

5.1.2 Mantenimiento semanal *59*

5.1.3 Mantenimiento mensual *59*

5.1.4 Mantenimiento semestral *59*

5.2 Ajustes, limpieza y procedimientos de mantenimiento 62

5.2.1 Ajuste de la presión neumática *62*

5.2.2 Ajuste de llenado del buffer *63*

5.2.3 Ajuste de la mesa de desplazamiento y pistón de cierre *65*

5.2.3.1 Limpieza de las guías y de la tapa del crisol *66*

5.2.3.2 Ajuste de posición de las guías *68*

5.2.3.3 Ajuste de la altura de la mesa de desplazamiento lineal *69*

5.2.3.1 Ajuste de los patines de desplazamiento *70*

5.2.4 Limpieza del crisol, trampa de agua y kitasato *71*

5.2.4.1 Limpieza química. *71*

5.2.4.2 Limpieza física. *73*

5.2.5 Mantenimiento de la bomba peristáltica *74*

5.2.6 Mantenimiento de la válvula pinch *75*

5.2.7 Procedimiento de desatasco *77*

5.2.7.1 Procedimiento de desatasco automático *78*

5.2.7.2 Procedimiento de desatasco manual *78*

5 Mantenimiento

Tabla 2. Tabla de los posibles fallos que puede tener el equipo.

Problema	Causa	Solución
No se detecta el crisol	Detector de posición del pistón fuera de posición	Ajustar (ver apartado 5.2.3)
Dificultad para abrir o cerrar la mesa	Suciedad o mala posición de los rieles	Limpiar y ajustar (ver apartado 5.2.3.1)
Fugas en circuito de análisis.	Presión neumática por debajo de 4 bar.	Revisar y corregir (ver apartado 5.2.1)
	Juntas de cierre en mal estado.	Revisar y corregir (ver apartado 5.2.3.1)
	Racores en mal estado o mal apretados.	Revisar y corregir o cambiar.
	Tubo de válvula pinch.	Revisar y corregir (ver apartado 5.2.6)
	Tubo de la bomba peristáltica.	Revisar y corregir (ver apartado 5.2.5)
Fallo en dosificación de Reactivo (Agua)	Problemas con la bomba peristáltica.	Revisar estado de la goma de Marprene. Sustituir en caso de rotura (ver apartado 5.2.5).
Mensaje de atasco en el equipo.	Ha fallado la secuencia de despresurización.	Ejecutar procedimiento de desatasco, tomando las precauciones pertinentes (ver apartado 5.2.7.2).
	El equipo no ha podido evacuar la presión, debido a la obturación de la salida de desagüe.	

La temperatura del crisol, o del compensador no alcanza el valor programado.	Fallo del calefactor correspondiente.	Revisar, sustituir o corregir parámetro.
	Fallo del sensor de temperatura.	
	Parámetros erróneos del regulador PID.	
Resultados irregulares, el equipo no repite.	Fugas en circuito de análisis.	Revisar y corregir.
	Parámetros de análisis erróneos.	
	Exceso de llenado de la trampa.	
	Agitación defectuosa.	
Agitación defectuosa	Mal estado de la barra magnética.	Sustituir barra de agitación.
	Velocidad de agitación demasiado alta.	Fijar una velocidad adecuada (ver apartado 4.1.6).
Pérdida de comunicación con el PC		Revisar estado del cable USB.
		Reiniciar la aplicación. En último caso reiniciar el PC.

5.1 Mantenimiento preventivo.

El analizador CaC-202 es realmente un equipo sencillo y robusto, pero debido a las características de las muestras que van a ser analizar, se tendrán que realizar unas series mantenimientos precisos para obtener del analizador el mejor rendimiento.

Aquí se exponen los diferentes tipos de mantenimientos generales que hay que realizar:

5.1.1 Mantenimiento diario.

Diariamente antes de comenzar a analizar, se chequeará únicamente el estado general del equipo:

1. Se chequeará de forma visual, el estado del crisol, trampa de agua y kitasato y si fuera necesario limpiar algún elemento (ver apartado 5.2.4).
2. Mantener limpias las guías de desplazamiento del pistón de cierre del crisol (ver apartado 5.2.3.1).
3. Realizar un chequeo de fugas, si existiera alguna duda sobre la estanquidad del equipo (ver apartado 4.1.5).
4. Después de cada análisis el equipo realiza un lavado de manera automática, incluido en la secuencia de análisis. Pero en caso necesario se puede realizar una limpieza manual ver apartado 5.2.4.

5.1.2 Mantenimiento semanal

1. Se debe hacer una limpieza del crisol, trampa de agua y kitasato (ver apartado 5.2.4).
2. Limpiar las guías de desplazamiento del pistón de cierre (ver apartado 5.2.3.1).
3. Chequear movimiento de la mesa de desplazamiento y cierre del pistón (si no funcionan bien ver apartado 5.2.3).

5.1.3 Mantenimiento mensual

1. Se debe hacer una limpieza del crisol (ver apartado 5.2.4).
2. Desmontar la trampa de agua y el kitasato, si fuera necesario para su limpieza total (ver apartado 5.2.4).
3. Desmontar la tapa de cierre del crisol, revisar las juntas tóricas de cierre y sustituirlas si fuera necesario. (revisar apartado 5.2.3.1).
4. Chequear movimiento de la mesa de desplazamiento y cierre del pistón (revisar apartado 5.2.3).

5.1.4 Mantenimiento semestral

Realizar un mantenimiento mensual.

1. Chequear el estado del tubo buffer. Es un tubo enrollado de volumen conocido que se llena de agua antes de comenzar un análisis, y que, por su situación en el circuito, también puede retener partículas de las que se desplazan con el gas durante los análisis y ensuciarse e incluso llegar a taponarse.

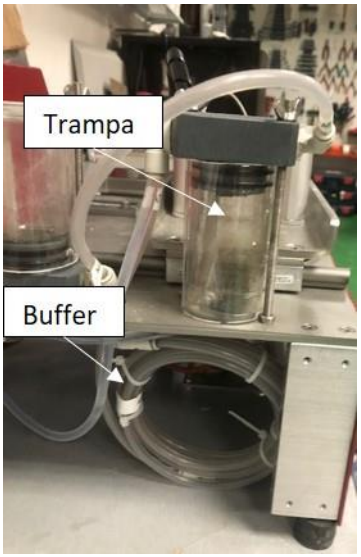


Figura 24. Vista general del lateral derecho del equipo

Para chequear este tubo, bastará con abrir el lateral izquierdo del equipo y bajo la trampa de agua, se localiza el tubo del buffer unido al sistema con dos racores de conexión rápida, que le unen por un lado al crisol y por el otro a trampa de agua. Se debe desmontar y limpiar, o simplemente sustituirlo por uno nuevo.

2. Chequear el estado general de todos los componentes del equipo, para ello se debe girar el equipo y desmontar la tapa inferior del equipo.
3. Chequear el estado del tubo de silicona rojo de la válvula pinch y sustituirlo en el caso de que estuviera deteriorado siguiendo las pautas marcadas en el apartado 5.2.6.

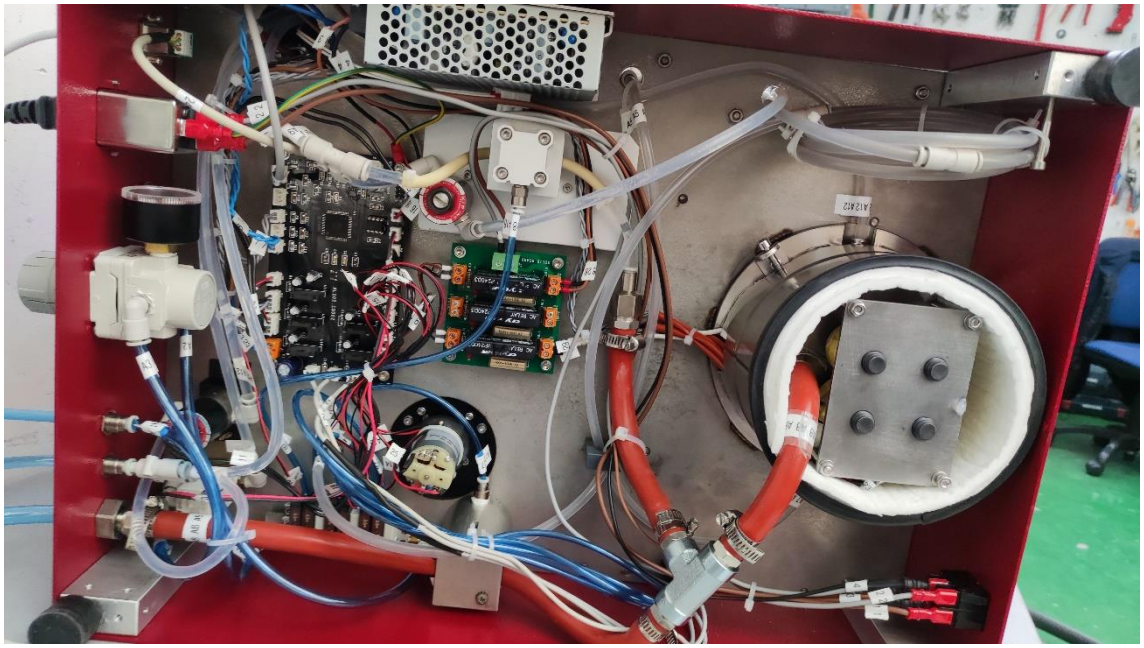


Figura 25. Vista general del inferior del equipo

4. Chequear el estado del tubo Marprene de la bomba peristáltica, para ello se tiene que desmontar la carcasa superior del equipo y si fuera necesario sustituirlo siguiendo las pautas marcadas en el apartado 5.2.5.

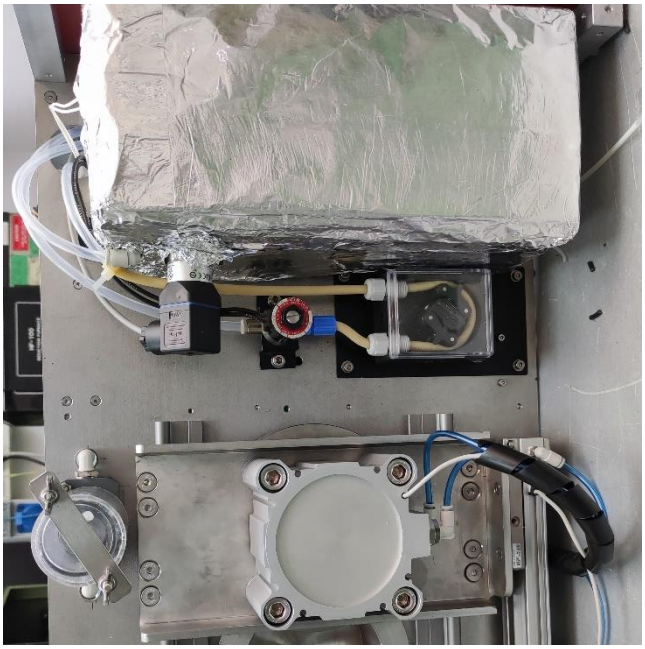


Figura 26. Vista general superior del equipo sin la carcasa superior.

5.2 Ajustes, limpieza y procedimientos de mantenimiento

5.2.1 Ajuste de la presión neumática

El ajuste de la presión neumática se realiza antes de que el equipo salga de fábrica, a través de un el manorreductor que permite el ajuste de presión hasta la presión de trabajo inferior a 1500 mbar, el cual se encuentra en la parte posterior y dispone de un manómetro para la visualización de la presión, normalmente no es necesario volver a realizarlo. Sin embargo, es fácilmente ajustable mediante la interfaz de usuario.

El procedimiento es el siguiente:

1. Abrir las funciones manuales, botón (6) del menú de control (ver **Figura 16**).
2. Cerrar el crisol.
3. Cerrar la válvula de desagüe.
4. Abrir la presión neumática.

Una vez equilibrada la presión en el interior des sistema el manómetro digital que se muestra en la interfaz de usuario (ver **Figura 23**) debe recoger una presión alrededor de **1400 – 1500 mbar**. Si no fuera así, se tiene que ajustar la presión por medio del regulador que se encuentra en la parte posterior del equipo.

Para reducir la presión, se gira la cabeza del manorreductor en sentido contrario a las agujas del reloj y para aumentar la presión en el sentido de las agujas del reloj.

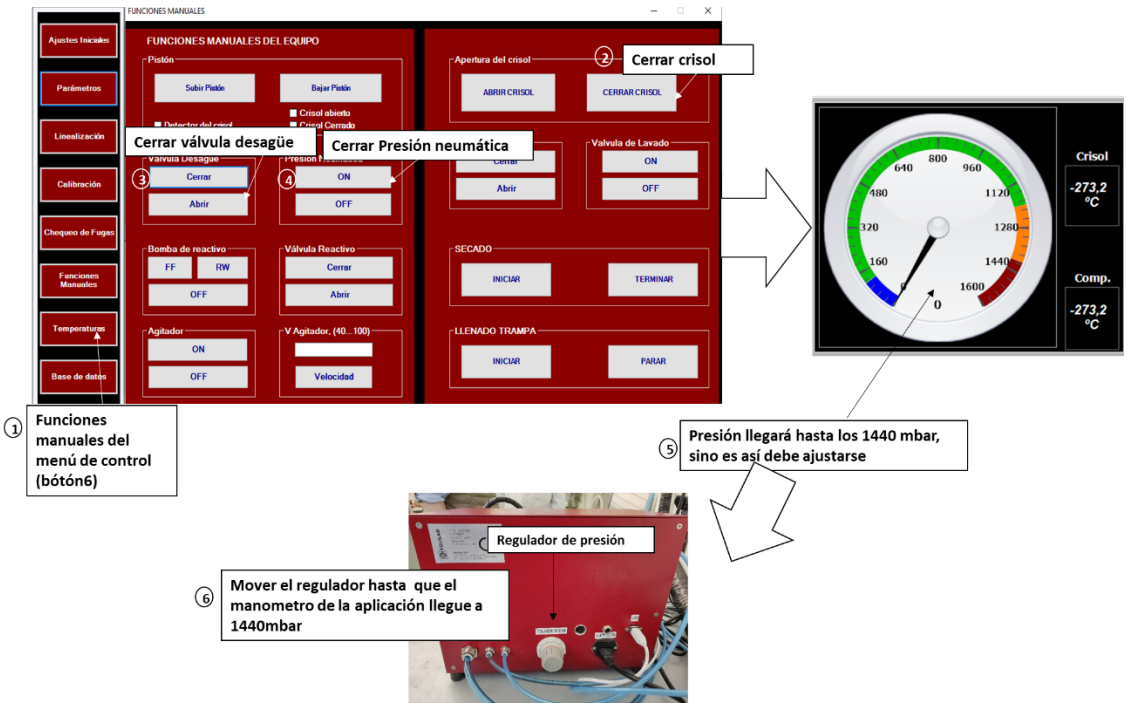


Figura 27. Procedimiento para el ajuste de presión neumática.

Si la presión supera los **1600 mbar,** nos aparecerá una alarma y la válvula de desagüe se abrirá automáticamente, por lo que se tendrá que reducir la presión con el regulador neumático y volver a repetir el procedimiento que se acaba de exponer.

Una vez la presión del **manómetro en la pantalla sea inferior** a la presión de ajuste, muy suavemente se incrementará la presión con el manorreductor hasta que en el manómetro de la pantalla nos muestre una presión entre **1400 y 1500 mbar**.

> El manorreductor, dispone de un sistema de bloqueo, para evitar que la presión ajustada pueda modificarse por error. Para desbloquearlo, será necesario tirar hacia afuera de la cabeza del mismo, hasta que nos permita girarla hacia ambos lados.

5.2.2 Ajuste de llenado del buffer

La primera operación que realizará el equipo una vez colocada la muestra ya pesada en el interior del crisol, será la de dosificar una cantidad de agua al buffer, con el crisol aún abierto.

El buffer es una bobina de tubo de PTFE con un diámetro exterior de 6 mm e interior de 4 mm con una longitud de 2,25 m y un volumen aproximado 28 mL.

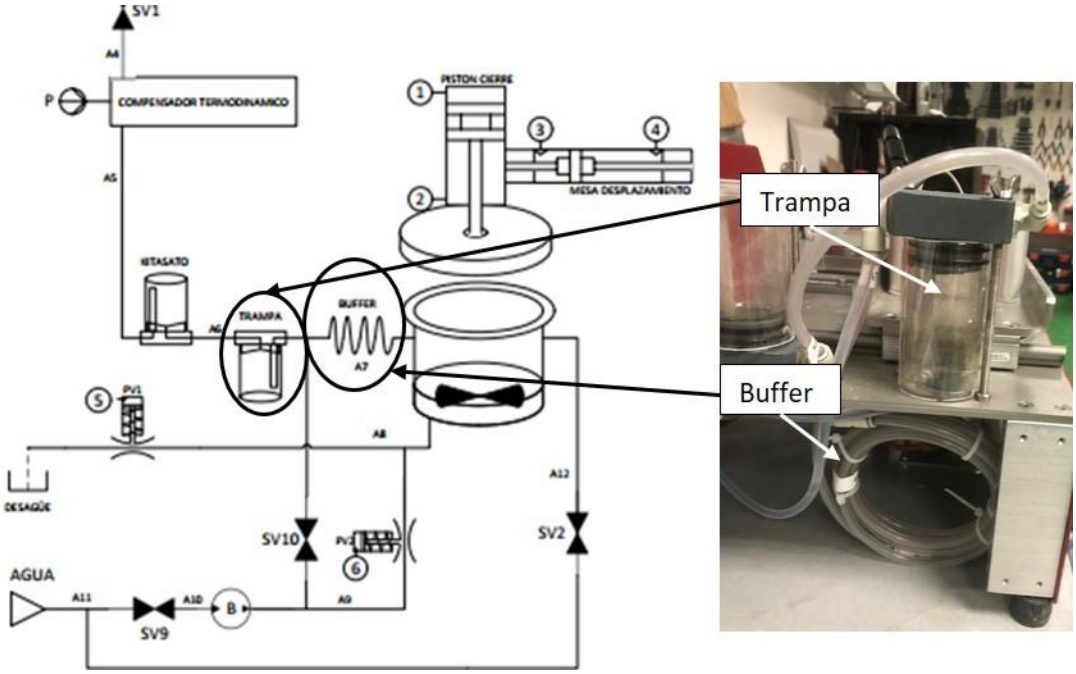


Figura 28. Diagrama neumático del equipo (der.); imagen del equipo (izq.).

Descripción del proceso:

1. Una vez pulsado el botón de analizar, el equipo abrirá las electroválvulas SV9 y SV10 y activará la bomba peristáltica dosificando una cantidad de agua en el interior del buffer, una vez la reacción haya comenzado el aumento de presión en el crisol desplazará el contenido del buffer a la trampa donde quedará almacenada durante todo el análisis. En algunas ocasiones si a lo largo del análisis la presión del crisol baja debido a una estabilización térmica podremos observar como el agua de la trampa retorna hacia el crisol y esta puede llegar a quedar vacía.
2. El agua que dosifica la bomba peristáltica se ira principalmente hacia el buffer, pero también es posible que parte de esta llegue a la trampa.
3. Si el tiempo de llenado de la trampa es muy elevado puede llenar todo el buffer y verter algo de agua en el interior del crisol, esto provocaría el inicio de la reacción de descomposición del carburo antes del sellado del sistema, con el consiguiente error en la medida de la pureza de la muestra.

Si se observa la entrada de agua al crisol durante el llenado de la trampa, debemos revisar el tiempo de llenado de la trampa probablemente es demasiado grande.

Si esto ocurre se deberá reducir el tiempo de dosificación de llenado de trampa ajustable en parámetros ver apartado 4.1.2.

El tiempo de llenado de la trampa no debe ser superior a 20 s.

5.2.3 Ajuste de la mesa de desplazamiento y pistón de cierre

El sistema de cierre del crisol está compuesto por la mesa de desplazamiento y el pistón de cierre; la mesa de desplazamiento cuenta con una mesa con patines, que se desliza sobre unas guías atornilladas en la base de montaje y es sujeta a un actuador neumático que controla su desplazamiento mediante unos tornillos de mariposa. Debido al gran tamaño del crisol (diámetro interior 100 mm) y la fuerza que ejercerá la presión del acetileno (hasta 1600 mbar) en la tapa, obliga a utilizar un pistón con un diámetro lo suficientemente grande para contrarrestar esta fuerza y evitar fugas de gas durante el análisis.

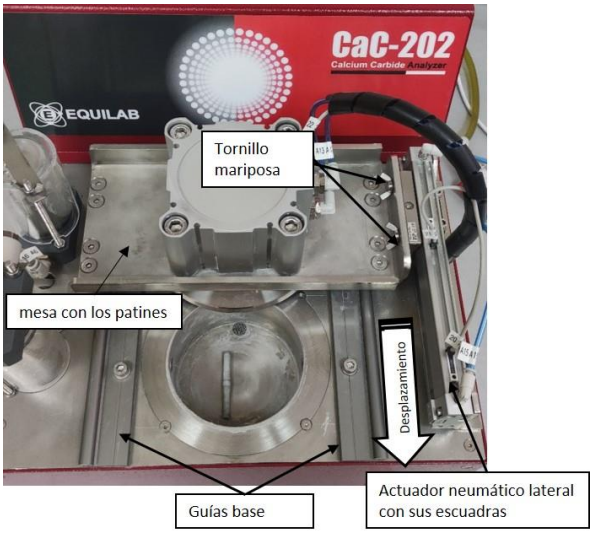


Figura 29. Componentes del sistema del desplazamiento de la mesa y cierre del crisol.

Con cada análisis la mesa se posicionará sobre el crisol, y al final el análisis, volverá a su posición inicial. A lo largo del tiempo, debido a la realización de múltiples análisis, con el tiempo se irán acumulando suciedades que obstaculizarán el movimiento, llegando a desajustarse y, consecuente, podrá dejar de funcionar con suavidad en alguna de sus dos posiciones

Por ello, el conocimiento de los componentes del sistema, así como su mecanismo de ajuste es necesario para su correcto funcionamiento a lo largo del tiempo.

Antes de comenzar con el reajuste del sistema **apague el equipo y desconecte el cable de alimentación**.

5.2.3.1 Limpieza de las guías y de la tapa del crisol

Si durante alguno de los mantenimientos observa una gran suciedad en el crisol o en las guías de desplazamiento, o una vez cada 6 meses, se procederá a desmontar la mesa de desplazamiento para una limpieza exhaustiva de estos elementos.

Para ello, se seguirá el siguiente procedimiento:

1. Retirar los dos tornillos mariposa que sujetan la mesa de desplazamiento del actuador neumático.

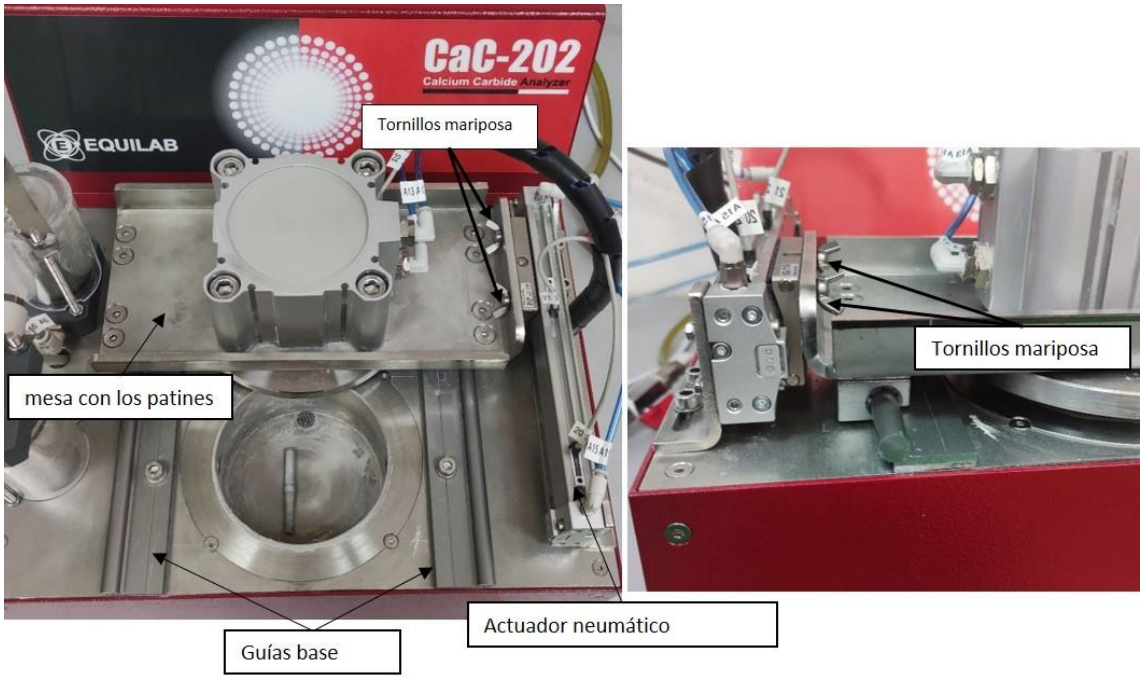


Figura 30. Imagen de la mesa de desplazamiento y cierre del pistón.

2. Una vez sueltos los dos tornillos de mariposa, se arrastrará la mesa hacia delante, hasta que esta quede fuera de las guias, como se indica en la siguiente figura.

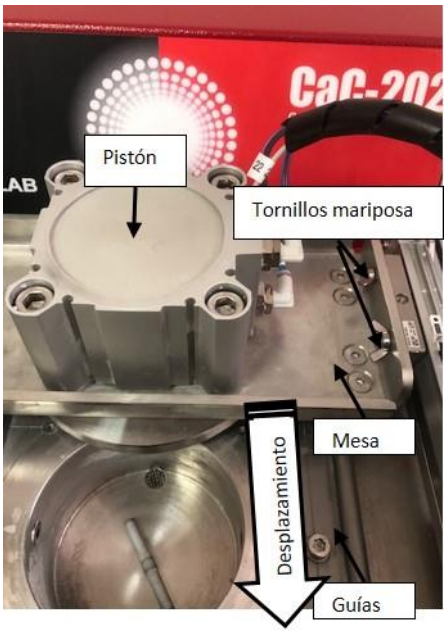


Figura 31. Movimiento para liberar la mesa de desplazamiento.

3. Posteriormente, se colocará la mesa en un lateral y se procederá a limpiar las guias. Las guias están fabricadas en aluminio duro anodizado, por lo que se debe **evitar la utilización de produtos fuertemente alcalinos** para llevar a cabo la limpieza, por lo que se empleará una una disolución jabonosa para arrastrar los posibles depositos sólidos que dificulten la movilidad de los patines.
4. Al mismo tiempo se chequearán las juntas tóricas que hacen el cierre sustituyendolas si fuera necesario y el estado de la tapa del crisol limpiandola.

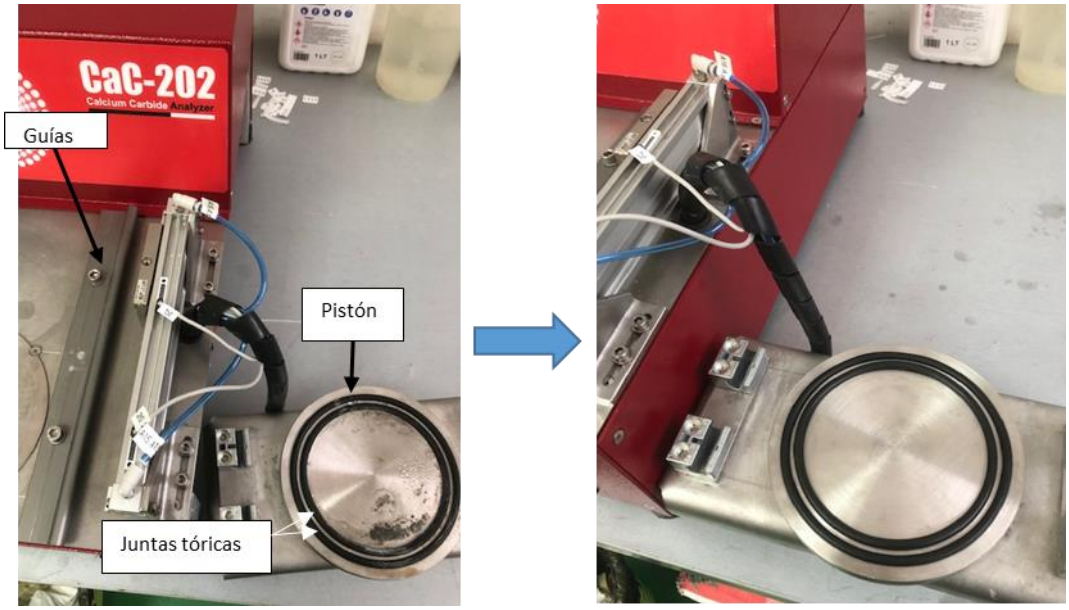


Figura 32. Juntas tóricas y tapa del crisol.

5. Una vez limpios las guías y la tapa del crisol, se procederá de forma inversa para su instalación.

5.2.3.2 Ajuste de posición de las guías

Si la limpieza de las guías no fuera suficiente para que la mesa se mueva con suavidad a través, **se ajustará la posición de las guías**:

Se aflojarán los tornillos que fijan las guías sobre el panel de montaje y colocando la mesa en la mitad de su recorrido y se apretaran los tornillos de las guías.

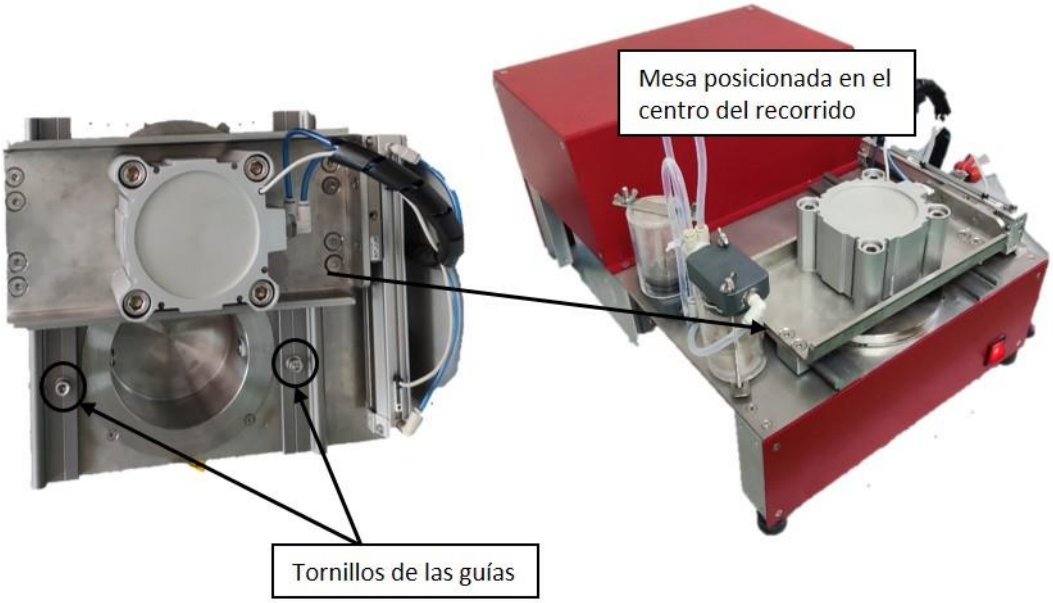


Figura 33. Ajuste de las guías.

5.2.3.3 Ajuste de la altura de la mesa de desplazamiento lineal

Si el ajuste de las guías no resolviera el problema de desplazamiento de la mesa se realizará el **ajuste de la altura de la mesa de desplazamiento**. Para llevar a cabo este procedimiento se seguirán las siguientes etapas:

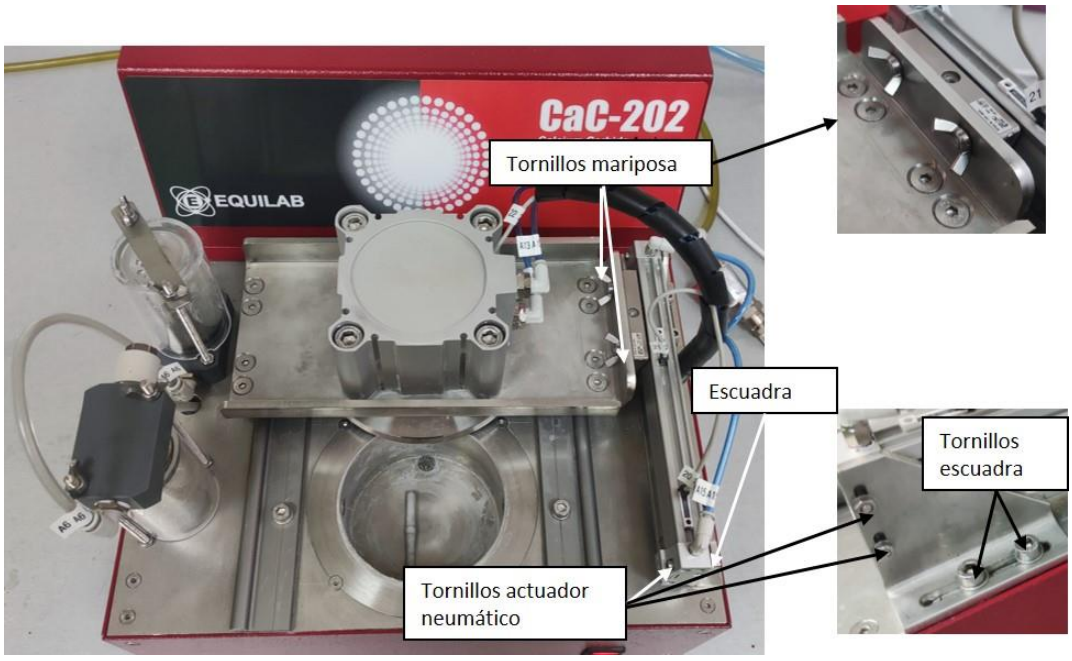


Figura 34. Mecanismo de desplazamiento de la mesa.

a) Aflojar los tornillos (**no** quitarlos) que fijan el actuador neumático a las escuadras y los 2 tornillos de mariposa que fijan el actuador a la mesa de desplazamiento.

b) Una vez los tornillos han sido aflojados, la mesa se desplazará libremente sobre las guías, en caso contrario, se seguirá el procedimiento de ajuste de los patines (ver apartado 5.2.3.1) antes de continuar con el ajuste de la mesa lineal.

c) La mesa se dispondrá en el centro del recorrido y se apretarán los 2 tornillos de mariposa. La mesa debe seguir desplazándose libremente sin restricciones.

d) Finalmente, el actuador neumático se fijará a las escuadras de soporte mediante los 4 tornillos destinados a ese propósito.

En algunos casos, las escuadras laterales de sujeción del actuador neumático estarán calzadas por una galga (7.5x50x0.2) para ajustar el ángulo de la escuadra. Si se retiran estas galgas el movimiento se puede ver dificultado.

5.2.3.1 Ajuste de los patines de desplazamiento

Los patines permiten el movimiento de la mesa sobre las guías con un rozamiento muy bajo, sin embargo, una mala colocación o un desplazamiento accidental de los mismos puede ocasionar una mala o nula movilidad de la mesa de desplazamiento. Para el ajuste de los patines seguiremos el siguiente procedimiento.

a) Se aflojarán los 8 tornillos que fijan los patines de las guías a la mesa.

b) Se llevará la mesa a la mitad de su recorrido.

c) Se apretarán los tornillos de los patines sin la holgura (guía derecha, ver figura).

e) El movimiento de la mesa debe ser fluido. A continuación, se apretarán los tonillos de los patines con holgura. En caso de que no se obtenga un movimiento fluido una vez apretados los tornillos, se seguirá el procedimiento de ajuste de las guías (ver apartado 5.2.3.2) antes de continuar con el ajuste de los patines.

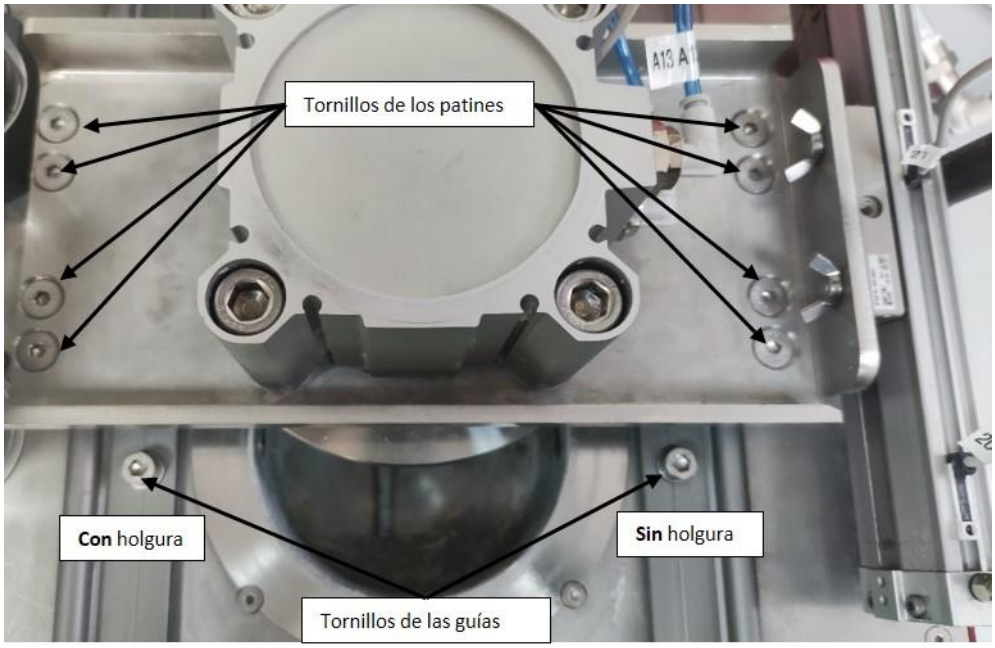


Figura 35. Ajuste de los patines de desplazamiento.

5.2.4 Limpieza del crisol, trampa de agua y kitasato

Para limpiar el crisol, la trampa y el kitasato, se pueden utilizar dos métodos en función del estado de los mismos.

5.2.4.1 Limpieza química.

Para realizar este tipo de limpieza se usarán 50 g de ácido cítrico en polvo. Siguiendo el procedimiento descrito a continuación:

> Leer cuidadosamente las instrucciones antes de realizar el proceso.

a) Depositar los 50 g de ácido en el interior del crisol.

b) Ir a la interfaz de usuario a funciones manuales, botón (6) del menú de control.

c) Cerrar el crisol.

d) Cerrar la válvula de desagüe (PV1).

e) Abrir la válvula de lavado (SV2).

f) Conectar la agitación, para ayudar a la disolución del ácido cítrico.

g) Tan pronto como **aparezca agua en la trampa, cerrar la válvula de lavado (SV2),** para evitar que el agua llegue al kitasato y al compensador.

> En ningún caso debemos permitir que el agua llene el kitasato, ya que podría llegar alcanzar el compensador termodinámico y este debe permanecer limpio y seco para obtener medidas reproducibles.

h) Abrir la válvula de reactivo (SV10)

i) Dosificar usando la bomba de reactivo, pulsando sobre “FF” de la bomba de reactivo al para seguir llenando la trampa y el kitasato hasta la altura que consideremos segura.

j) Se mantendrá el crisol, la trampa y el kitasato, llenos con la disolución de ácido cítrico durante 10-15 min y posteriormente se vaciará el circuito.

k) El vaciado del circuito se realizará abriendo la válvula de desagüe (PV1) y abriendo la válvula de presión neumática (SV1).

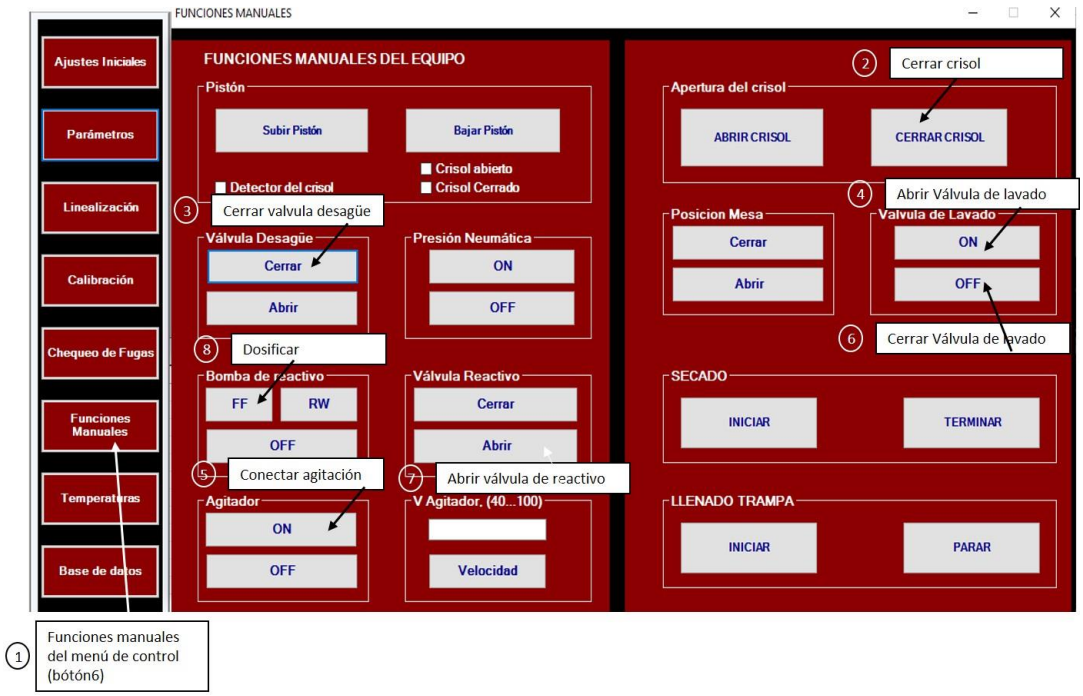


Figura 36. Procedimiento de limpieza del crisol, trampa y kitasato.

5.2.4.2 Limpieza física.

Para realizar esta limpieza, se debe desmotar tanto la trampa de agua como el kitasato y limpiar con un paño o incluso con un estropajo hasta que queden limpios.

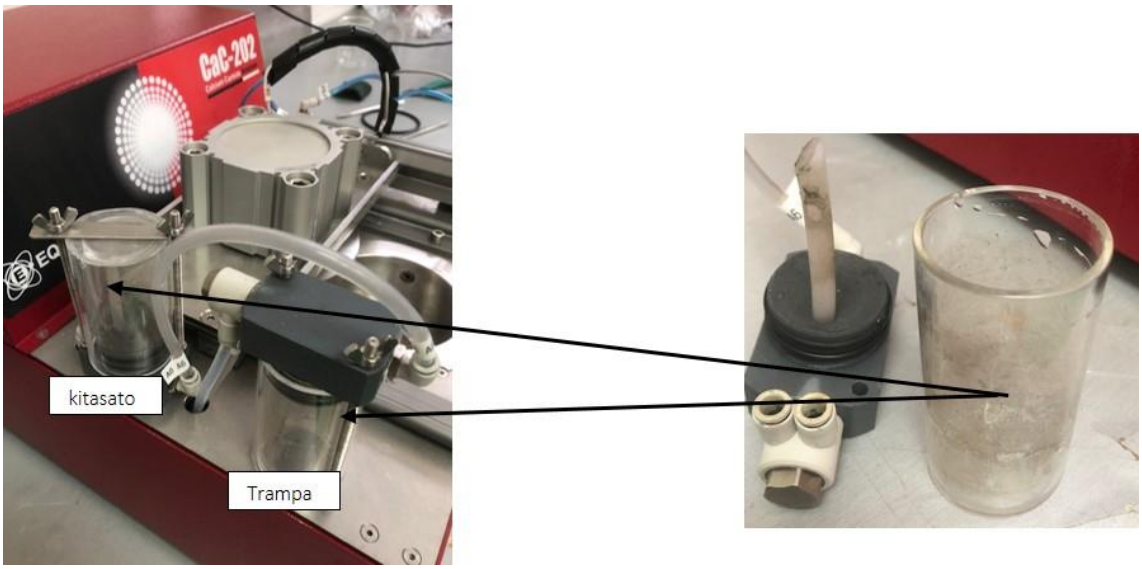


Figura 37. Procedimiento de limpieza del crisol, trampa y kitasato.

Tanto la trampa como el kitasato, se desmontan, soltando las tuercas de mariposa que los sujetan a la estructura del equipo.

Ambos, están protegidos con un tubo exterior de metacrilato, para evitar que una sobrepresión en el circuito pudiera reventar los vasos de vidrio y dañar al usuario.

No olvidar instalar estos protectores después de limpiar la trampa y kitasato

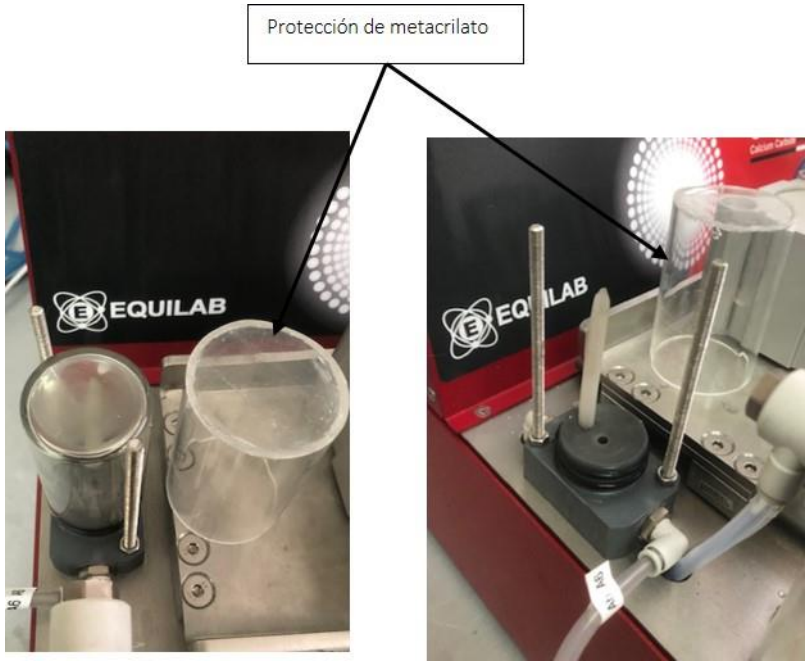


Figura 38. Protección de metacrilato.

Se aconseja **chequear el estado de las juntas tóricas** de cierre antes de volver a montar.

Finalmente, el crisol se limpiará también con la ayuda de un estropajo y si fuera necesario.

5.2.5 Mantenimiento de la bomba peristáltica

Debido a la fricción que los rodillos de la bomba peristáltica ejercen sobre el tubo de Marprene, con el tiempo, tiende a deformarse e incluso deteriorarse hasta el punto de romper. Este tubo, deberá ser chequeado cada 6 meses y sustituirse como mínimo una vez al año.

Para acceder al tubo, será necesario desmontar la carcasa superior del equipo y bajo esta, localizaremos la bomba peristáltica justo al lado del depósito (compensador termodinámico).

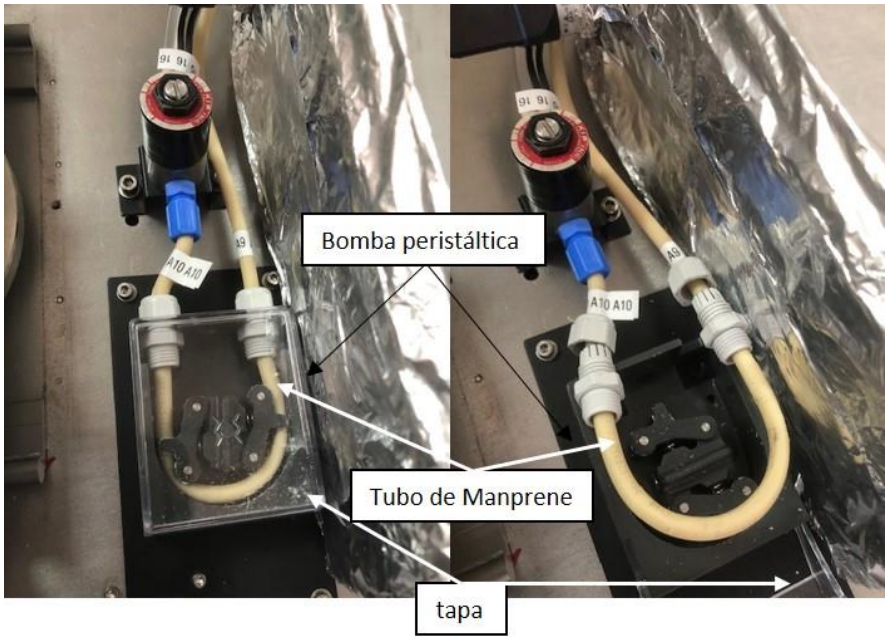


Figura 39. Bomba peristáltica.

Una vez localizada la bomba, se tiene que seguir el siguiente procedimiento:

1. Abrir la tapa de plástico transparente.
2. Girar con la mano el eje de la bomba para extraer el tubo de Marprene fuera de los rodillos.
3. Soltar los dos pasamuros que sujetan el tubo a la bomba, para liberar el tubo.
4. Sustituir el tubo.
5. Una vez sustituido, montar de forma inversa.

5.2.6 Mantenimiento de la válvula pinch

El equipo, dispone de dos válvulas tipo pinch (aplastamiento) PV1 y PV2, funcionan aplastando el tubo para realizar el cierre de la válvula por el que circula el fluido con un pistón neumático. El efecto de aplastar el tubo, termina produciendo deformaciones en los tubos e incluso roturas de los mismos.

Estas válvulas se revisarán cada 6 meses y se les sustituirá el tubo como mínimo una vez al año.

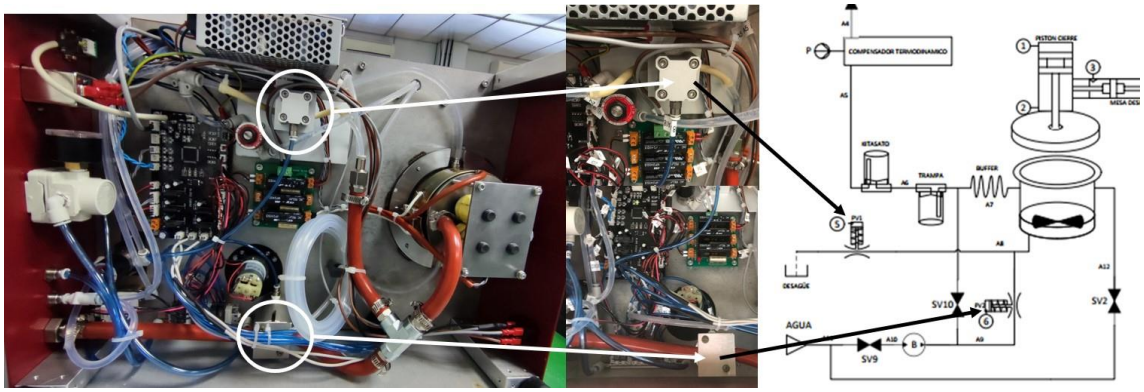


Figura 40. Disposición de las válvulas Pinch en el analizador.

La válvula PV1 dispone de un tubo de Marprene que pasa a través de un dado de aluminio con un pistón neumático.

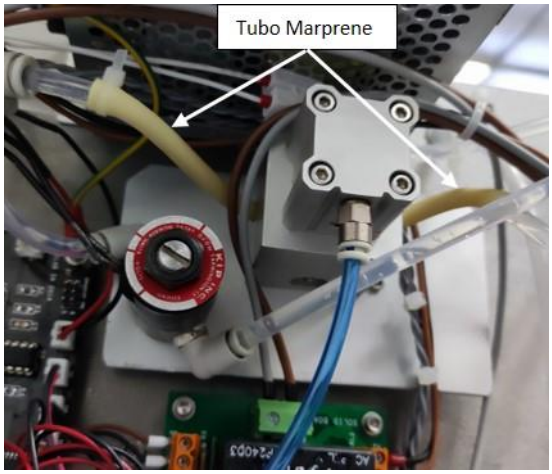


Figura 41. Disposición de los tubos Manprene.

Para retirar el tubo de Marprene de la válvula:

1. Desconectar el equipo de la presión neumática, para asegurar que el tubo está completamente liberado.
2. Cortar las bridas que unen el tubo de Marprene con los tubos de PTFE
3. Una vez separados, tirar de uno de los extremos, para que el tubo pase por el agujero del dado de aluminio.

4. Ya extraído el tubo de Marprene, instalar otro nuevo y volver a realizar las conexiones con los tubos de PTFE mediante bridas.

La Válvula PV2, dispone de un tubo de silicona roja con un diámetro mucho mayor, ya que permitir el paso de las partículas no solubles de la muestra sin atascarse hacia el desagüe.

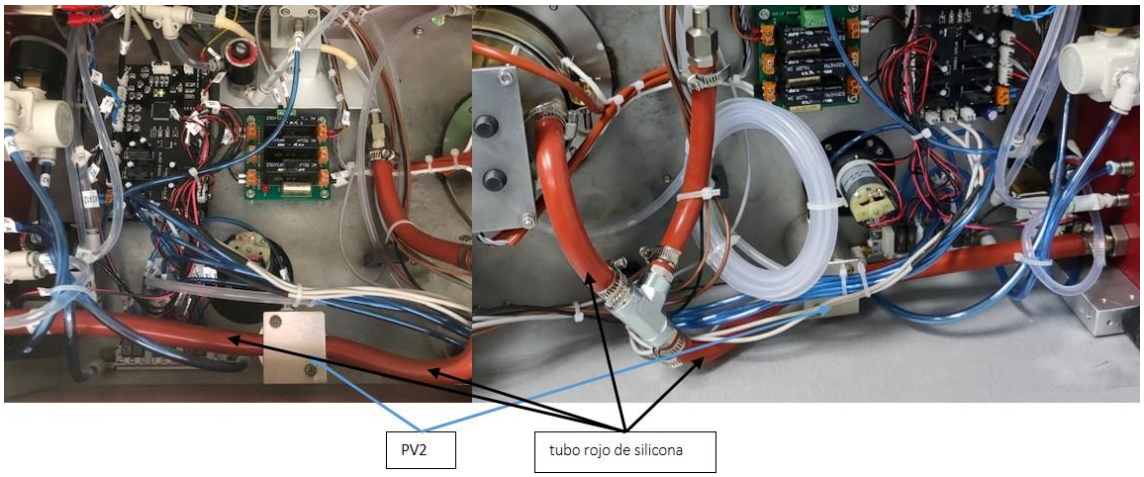


Figura 42. Disposición de las válvulas Pinch PV2.

Para retirar el tubo de silicona de la válvula:

1. Desconectar el equipo de la presión neumática, para asegurar que el tubo está completamente liberado.
2. Desconectar el tubo del racor en T que lo une con el crisol y del racor del desagüe
3. Soltar los dos tornillos de la válvula para liberarlo completamente.
4. Si fuera necesario sustituirlo, cortar otro tubo de silicona del mismo tamaño y proceder de forma inversa.

5.2.7 Procedimiento de desatasco

Los restos insolubles que producen las muestras de permanecen inertes durante la reacción y pueden obstruir el filtro en el desagüe del crisol impidiendo el correcto funcionamiento del equipo.

5.2.7.1 Procedimiento de desatasco automático

El equipo dispone de un **procedimiento automático** que elimina los posibles atascos, este sistema está diseñado para evitar que una obstrucción provocada por los restos sin reaccionar deje presurizado el sistema provocando una parada de emergencia del mismo. Esta rutina de limpieza se activa cuando la despresurización del sistema no ocurre dentro de los parámetros deseados (ver tiempo de despresurización en parámetro apartado 4.1.2).

Una vez terminado el tiempo de análisis se toma el valor de pureza del carburo de calcio (o volumen) y se abre la válvula de desagüe para evacuar la presión del crisol, en este momento las partículas sólidas no reaccionadas pueden obstruir el filtro del crisol impidiendo la despresurización del sistema, si pasado un tiempo de espera la presión supera 50 mbar la rutina automática de desatasco se activa:

- La bomba peristáltica comienza a introducir agua durante 10 s, como la entrada de agua se produce a través del filtro, las partículas retenidas en él se desprenden liberando la salida hacia el desagüe.
- Cuando la bomba peristáltica se detiene, se abre de nuevo la válvula de desagüe retomando de la secuencia de análisis.
- Si la presión se reduce normalmente, se activarán las secuencias de lavado y seguidamente la de secado, finalizando el análisis. Si, por el contrario, la presión no se reduce durante el tiempo de despresurización se activará nuevamente, y por última vez, la secuencia de desatasco.
- Si durante ésta segunda secuencia tampoco se elimina el atasco, el programa mostrará un aviso de secuencia detenida debida al atasco del desagüe.

5.2.7.2 Procedimiento de desatasco manual

En el improbable caso de que el atasco del tubo de desagüe no se libere de forma automática se procederá según el siguiente protocolo de actuación para liberar la presión y limpiar el crisol manualmente antes de realizar una nueva muestra.

1. Una vez aparece el mensaje “Atasco en el desagüe” se podrá liberar la presión del crisol abriendo manualmente la válvula que se muestra en la imagen.

Figura 43. Válvula manual.

2. Esta válvula, situada entre la trampa y el kitasato, es una válvula de 3 vías / 2 posiciones, en su posición normal (abierta) permite el pasado del gas desde el crisol al compensador donde se encuentre el sensor de presión. Si, por el contrario, la llave se cierra bloquea la presión en el interior del compensador liberando, al mismo tiempo, la presión en el crisol.
3. Una vez la presión del crisol se ha liberado al abrir la válvula, desde funciones manuales (ver apartado 4.1.6), se procederá a abrir el crisol subiendo el pistón. Subir el pistón que deja la tapa del crisol sobre el mismo para evitar que el agua retenida en la trampa y kitasato salpique cuando se libere la presión del compensador.

Figura 44. Funciones manuales del pistón.

4. Una vez el crisol está abierto, se abrirá lentamente la válvula para liberar la presión del compensador, el agua contenida en la trampa y el kitasato retornará al crisol dejado todo el sistema a presión atmosférica.

Al retornar al crisol el agua contenida en la trampa puede generar alguna salpicadura.

5. Una vez completamente liberada la presión del sistema, se continua con la limpieza y secado del crisol. Para ello se realizarán manualmente los siguientes pasos.
    a. Abrir crisol y limpiar manualmente el filtro.
    b. Cerrar crisol.
    c. Abrir válvula de desagüe (PV1), presión neumática (ON) y válvula de lavado (ON) durante 60 s.
    d. Cerrar presión neumática (OFF) y válvula de lavado (OFF) e iniciar secado durante 100 s.
    e. Finalmente terminar secado, abrir crisol y con la ayuda del aspirador manual retirar los restos de solidos no disueltos antes de comenzar un nuevo análisis.

6 Devolución para el mantenimiento del equipo

Se recomienda la **conservación del embalaje** con el que se envía el equipo, para que, en caso de ser necesario volverlo a transportar, se hiciera de la forma más segura posible.

En caso de **no disponer del embalaje original**, habría que intentar que el equipo viajara sobre un palé, y que se anclara a este con una cinta o cuerda, para que no pueda moverse durante el viaje y golpearse.

Asimismo, se debería cubrir el equipo, sobre el palé, con algún tipo de protección (caja de cartón, plástico) para evitar daños durante su transporte.

Debe informarse a la compañía de transportes de que se trata de “mercancía no remontable”.

7 Reciclaje

Para correcta eliminación del equipo, se deberán cumplir las normas legales correspondientes del país en el que se encuentren.

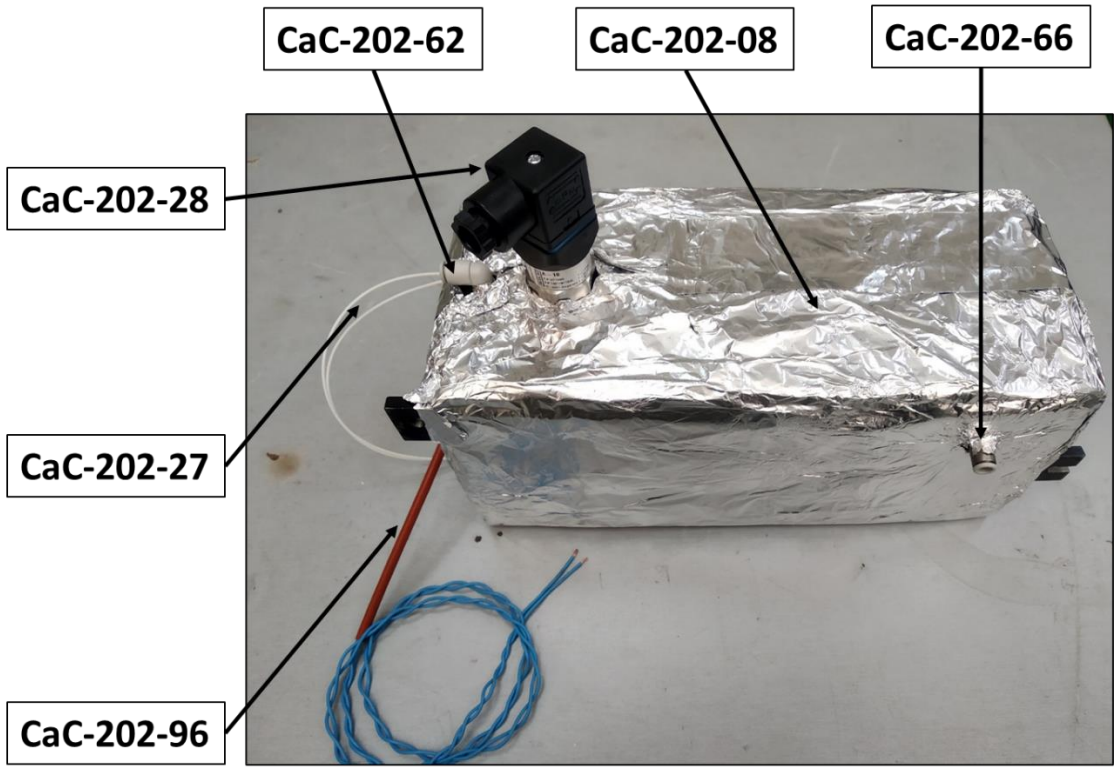
Dentro de la Unión Europea, la normativa para la eliminación de estos equipos viene regulada en la directiva UE 2002/96/EC.

8 Certificado CE

Anexo I. Soporte de servicio

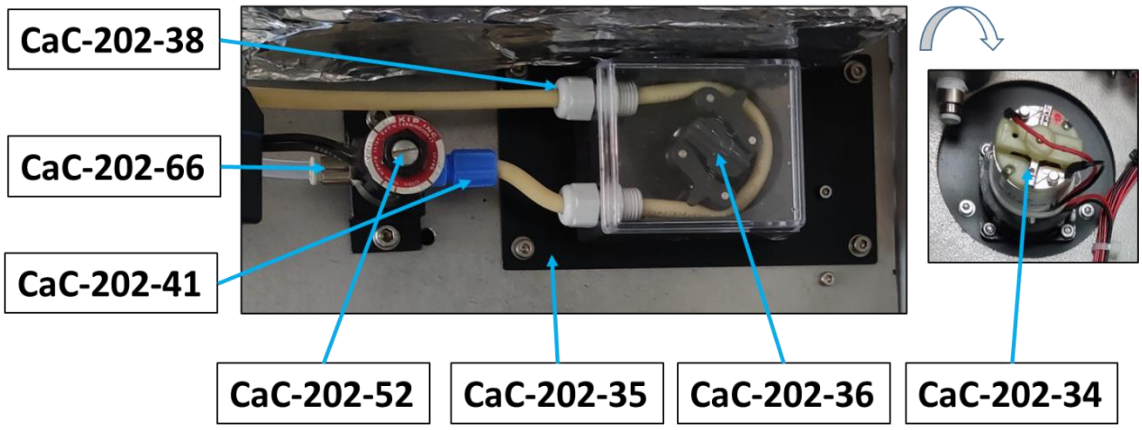
En este anexo se recogen los componentes más relevantes del equipo, así como sus correspondientes referencias.

1. Compensador termodinámico.



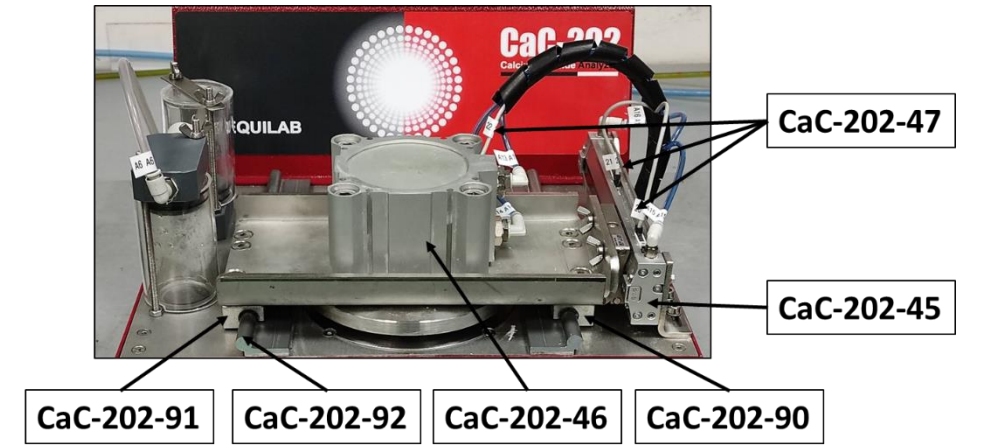
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
CaC-202-28	Sensor de presión 0-1,6 BAR 4-20 mA
CaC-202-27	Sensor de Temperatura NTC Resistencia 10kΩ
CaC-202-96	Resistencia de Silicona 76,2x254 240V 150W
CaC-202-08	Volumen
CaC-202-62	Racor 1/8” – tubo 6
CaC-202-66	Racor recto 1/8” – tubo 6

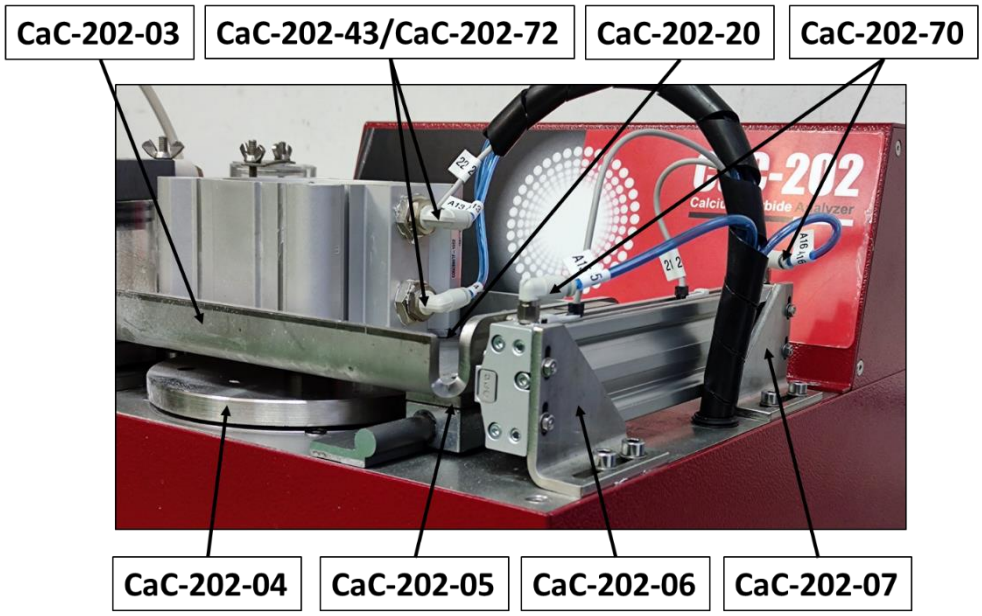
2. Conjunto bomba peristáltica



REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
CaC-202-34	Bomba peristáltica 102R (Motor 70rpm 24Vdc 4W)
CaC-202-35	Bomba peristáltica 102R (panel montaje)
CaC-202-36	Bomba peristáltica 102R (cabezal)
CaC-202-52	Electroválvula 2 vías 2 posiciones
CaC-202-38	Pasamuros PG7
CaC-202-41	Racor poliacetal recto 1/8” - Tubo 6
CaC-202-66	Racor recto 1/8” - tubo 6

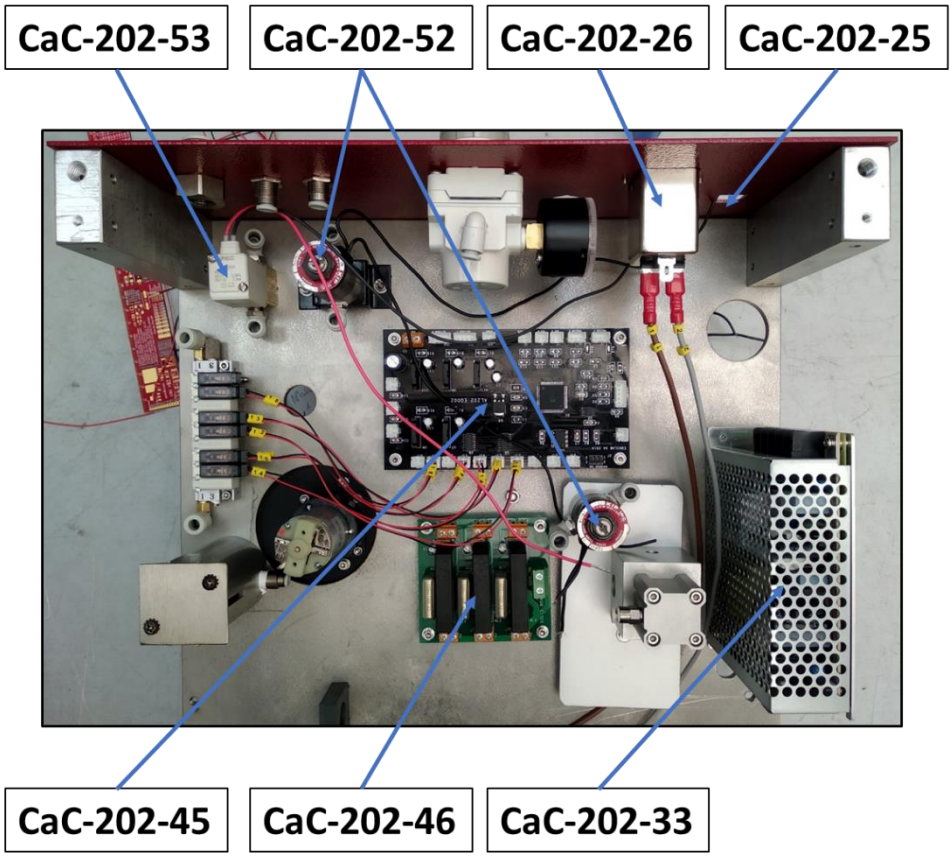
3. Pistón y mesa





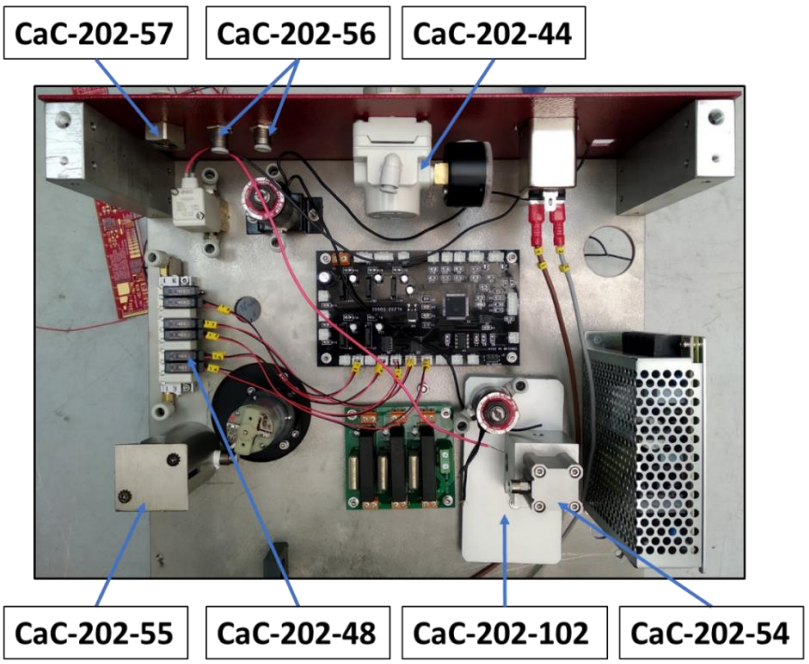
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
CaC-202-45	Actuador sin vástago
CaC-202-46	Pistón cierre
CaC-202-90	Rodamiento sin holgura
CaC-202-91	Rodamiento con holgura
CaC-202-92	Guía aluminio D.10 250 mm
CaC-202-03	Soporte cierre
CaC-202-04	Cierre vaso
CaC-202-05	Separador soporte cierre
CaC-202-06	Soporte actuador A
CaC-202-07	Soporte actuador B
CaC-202-20	Separador pistón
CaC-202-43	Racor Reductor 3/8” – 1/4” Hembra
CaC-202-47	Detector magnético para cilindro y actuador
CaC-202-70	Racor codo M5 - Tubo 4
CaC-202-72	Racor codo 1/4” - Tubo 4

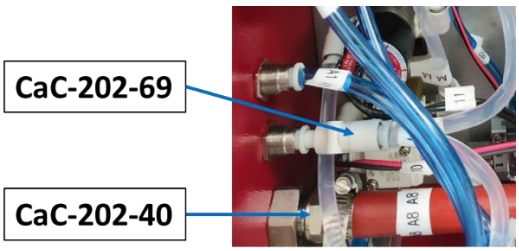
4. Electrónica y electroválvulas



REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
CaC-202-45	Placa Electrónica PCB
CaC-202-46	Placa SSR
CaC-202-25	Conector USB
CaC-202-26	Filtro IEC
CaC-202-33	Fuente alimentación
CaC-202-53	Electroválvula 2 vías 2 posiciones (con racores CaC-202-62)
CaC-202-52	Electroválvula 2 vías 2 posiciones (con racores CaC-202-62)
CaC-202-62	Racor codo 1/8” - tubo 6

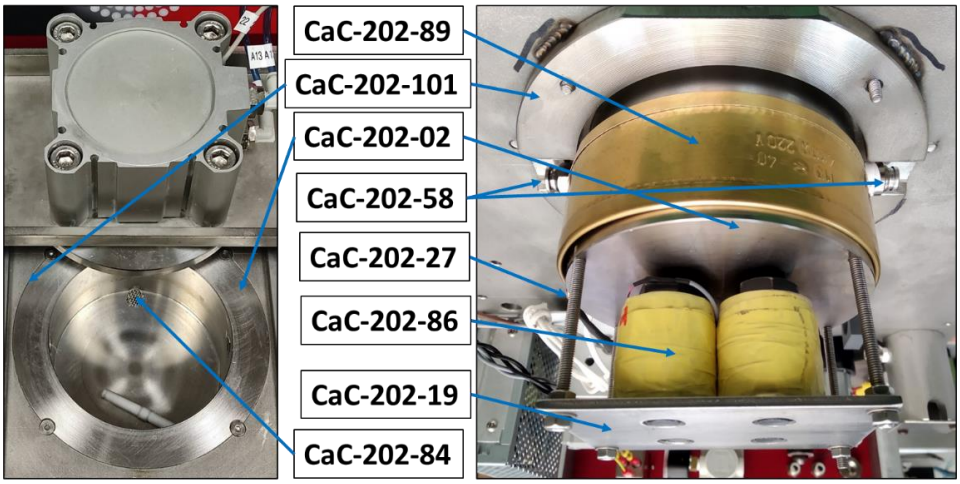
5. Neumática y válvulas pinch.

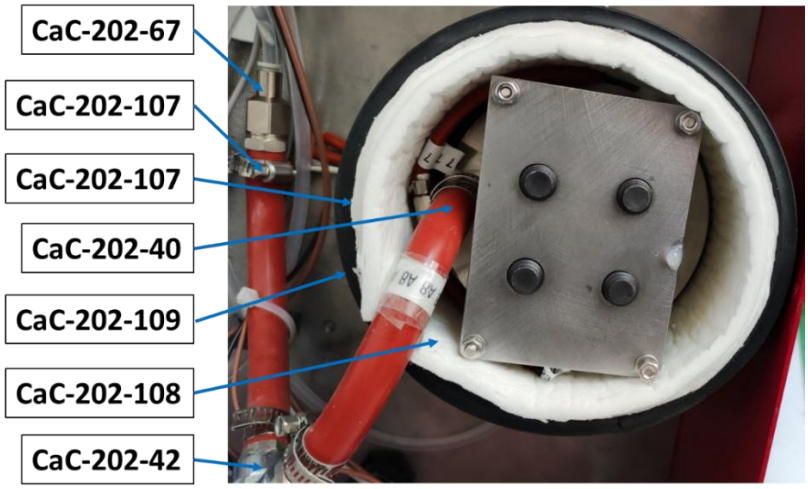




REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
CaC-202-44	Manorreductor (con racores CAC-202-62)
Isla de válvulas	
CaC-202-48	Isla de válvulas
CaC-202-49	Electroválvula 3 vías
CaC-202-51	Placa ciega
CaC-202-59	Racor silenciador M5
CaC-202-60	Racor espiga tubo 4 - M3
CaC-202-61	Racor codo M5 - tubo 6
CaC-202-54	Válvula pinch Pequeña (con racor CAC-202-71)
CaC-202-55	Válvula pinch Grande (con racor CAC-202-71)
CaC-202-56	Pasamuros tubo 6 mm - tubo 6 mm
CaC-202-57	Pasamuros tubo 10 mm - 1/4" GAS
CaC-202-62	Racor codo 1/8” - tubo 6
CaC-202-69	Racor en Y instantáneo - Tubo 6 Doble
CaC-202-71	Racor Recto M5 - Tubo 4
CaC-202-102	Placa aluminio para pinch y válvula
CaC-202-40	Racor Espiga 10mm - 1/4" con tórica

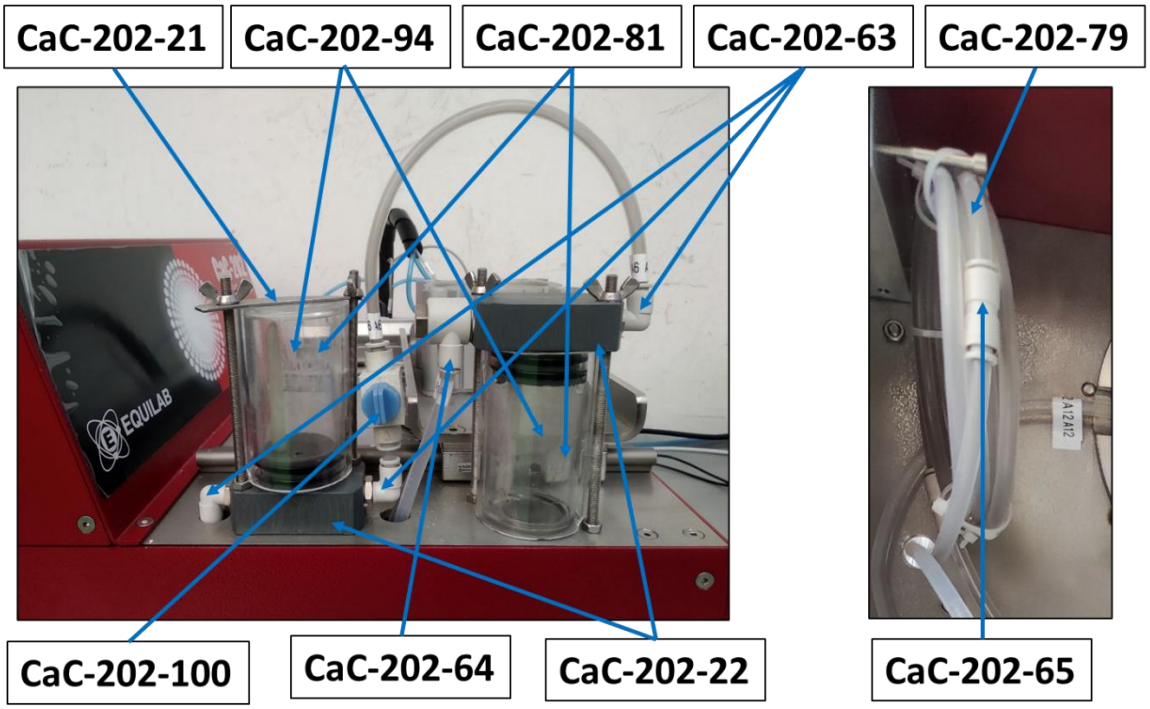
6. Crisol





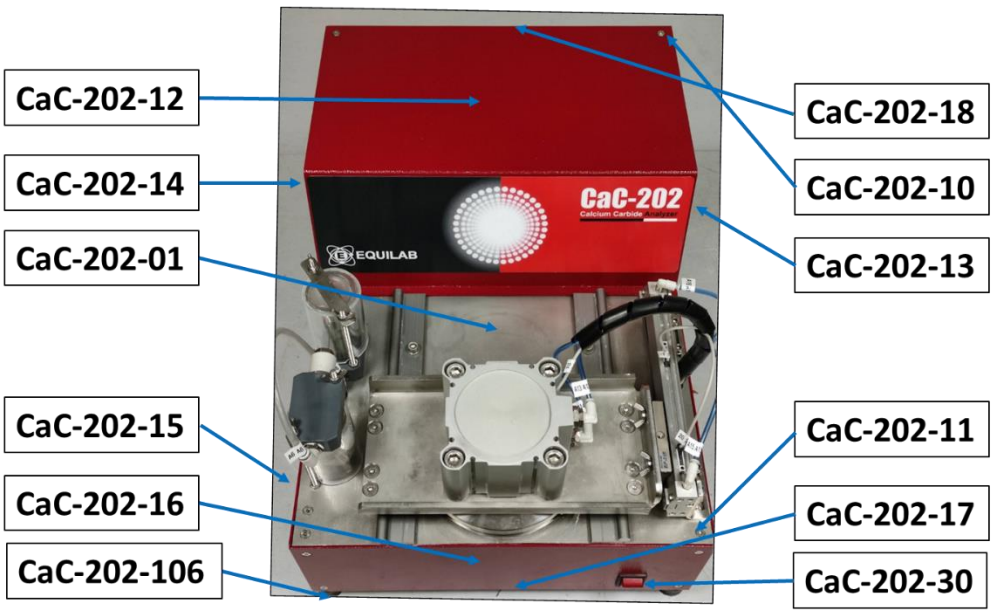
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
CaC-202-02	Vaso (racores superiores CaC-202-58 + Arandela M12; racor inferior CaC-202-40)
CaC-202-101	Junta plana 140x110x1mm
CaC-202-84	Filtro de vaso 2 mm
CaC-202-19	Placa agitador
CaC-202-86	Bobinas del agitador magnético
CaC-202-89	Resistencia
CaC-202-27	Sensor temperatura
CaC-202-58	Racor Recto macho cilíndrico inox. tubo 6 - 1/4" Gas
CaC-202-40	Espiga 10mm - 1/4" con junta tórica
CaC-202-107	tubo aluminio protector
CaC-202-108	fibra térmica 5mm
CaC-202-109	perfil protector de borde
CaC-202-42	Racor en T 1/4" Hembra
CaC-202-67	Racor Recto Hembra 1/4" - Tubo 6

7. Kitasato y trampa



REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
CaC-202-22	Soporte trampa kitasato
CaC-202-21	Fijación kitasato
CaC-202-81	Vaso vidrio
CaC-202-94	Protector metacrilato
CaC-202-100	Válvula VHK3
CaC-202-79	Tubo serpentín 225cm
CaC-202-63	Racor codo 1/4" - tubo 6 mm
CaC-202-64	Racor codo 1/4" - tubo 6 mm Doble
CaC-202-65	Racor recto tubo 6 mm - tubo 6 mm

8. Mecánica



REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
CaC-202-01	Panel de montaje
CaC-202-10	Pie A
CaC-202-11	Pie C
CaC-202-12	Tapa superior
CaC-202-13	Tapa superior lateral derecha
CaC-202-14	Tapa superior lateral izquierda
CaC-202-15	Tapa inferior lateral
CaC-202-16	Tapa frontal
CaC-202-17	Tapa suelo
CaC-202-18	Tapa trasera
CaC-202-30	Interruptor
CaC-202-106	Soporte de goma

9. Tuberías

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
CaC-202-78	MARPRENE #16 Tubo de bomba peristáltica ID 3.2 mm OD 6.4 mm
CaC-202-78	MARPRENE #16 Válvulas pinch PV1; Tubo ID 3.2 mm OD 6.4 mm
CaC-202-77	Válvulas pinch PV2; Tubo de silicona ID 9 mm OD 15 mm
CaC-202-74	TU0604BU Circuito análisis, aire, Tubo poliuretano OD 6mm
CaC-202-75	TU0425BU Circuito análisis, aire, Tubo poliuretano OD 4mm
CaC-202-73	TH0604N - Circuito análisis, agua, PTFE OD 6mm
CaC-202-77	Tubo desagüe; Tubo de silicona ID 9 mm OD 15 mm
CaC-202-76	TU1065BU Tubo desagüe, Tubo poliuretano OD 10 mm

10. Fungibles y racores

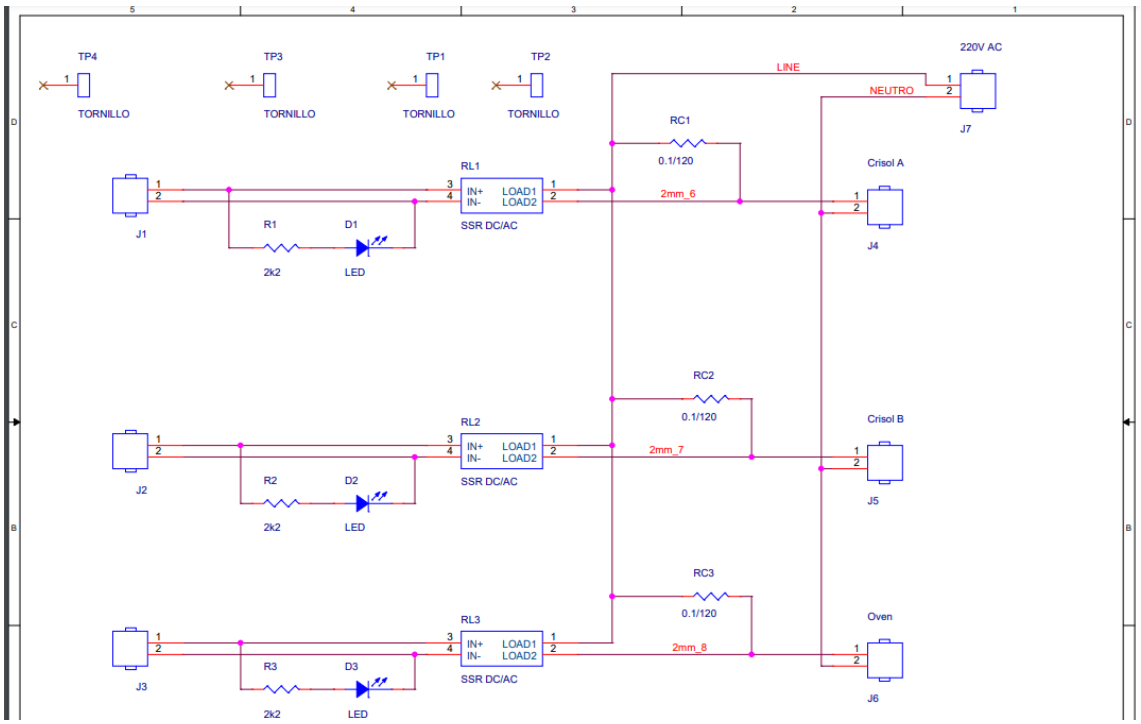
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
CaC-202-97	Patrón de calibración Aluminio 99.5% en polvo
CaC-202-98	Reactivo calibración NaOH
CaC-202-99	Fusible 5 x 20 mm 3.1 A
CaC-202-80	O-rings 30 x 3 mm. Trampa/ Kitasatos
CaC-202-82	O-rings 113,6 x 5,3 mm. Cierre pistón grande
CaC-202-83	O-ring 100 x 5,34 mm. Cierre Pistón pequeño
CaC-202-85	Barra Agitadora 50 x 8 mm

11. Juego de racores

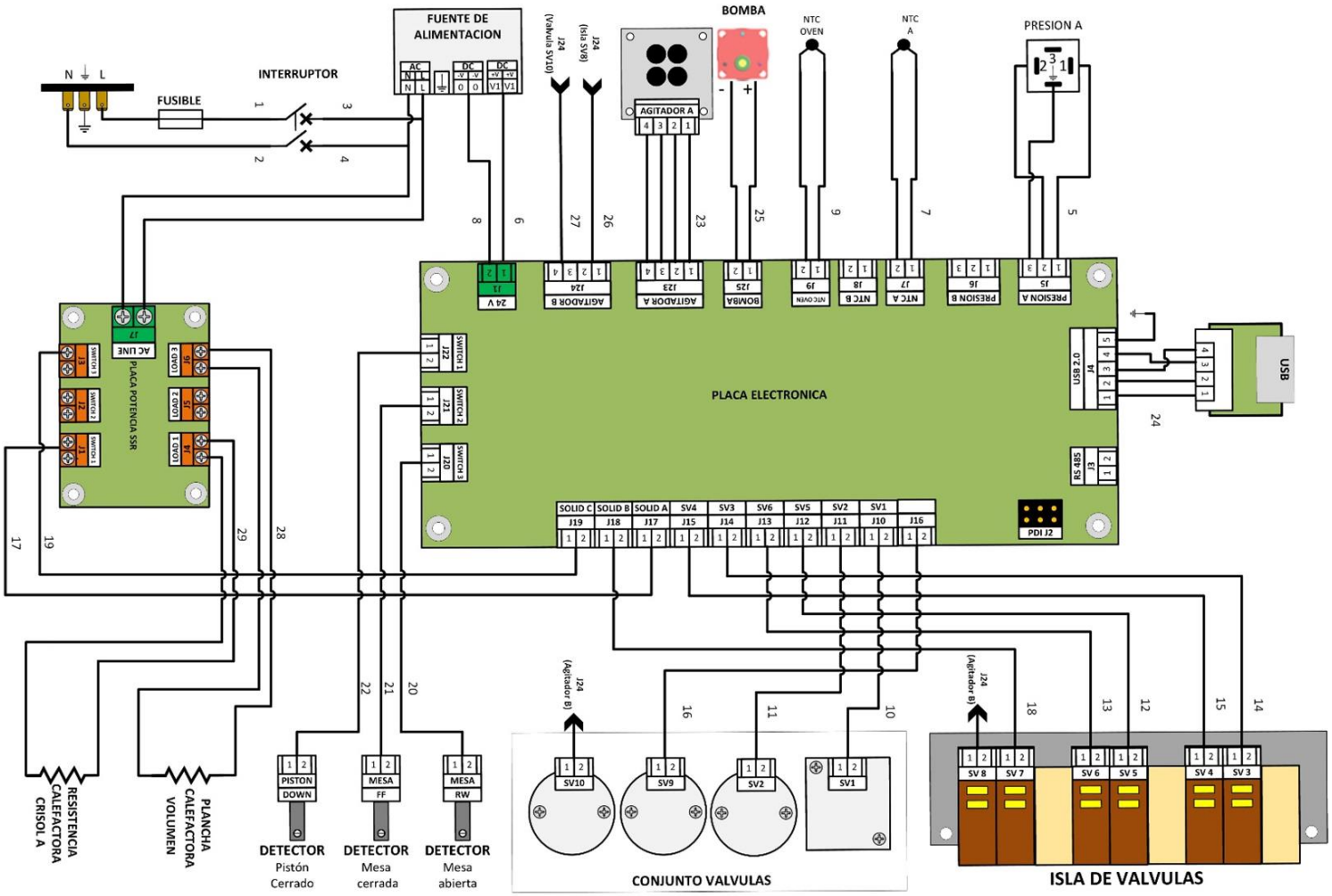
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
CaC-202-40	Espiga 10 mm – 1/4"con tórica
CaC-202-41	Racor poliacetal recto 1/8” a tubo de 6 mm
CaC-202-43	Racor Reductor hembra 3/8” – 1/4"
CaC-202-58	Racor Recto macho cilíndrico inox. tubo 6 a 1/4” Gas
CaC-202-61	Racor codo M5 - tubo 6 mm
CaC-202-62	Racor codo 1/8” - tubo 6 mm
CaC-202-63	Racor codo 1/4" - tubo 6 mm
CaC-202-69	Racor en Y instantáneo - Tubo 6 mm
CaC-202-70	Racor codo M5 - Tubo 4 mm
CaC-202-72	Racor codo 1/4" - Tubo 4 mm

Anexo II. Esquemas electrónicos del analizador

I. Circuito de control SSRs

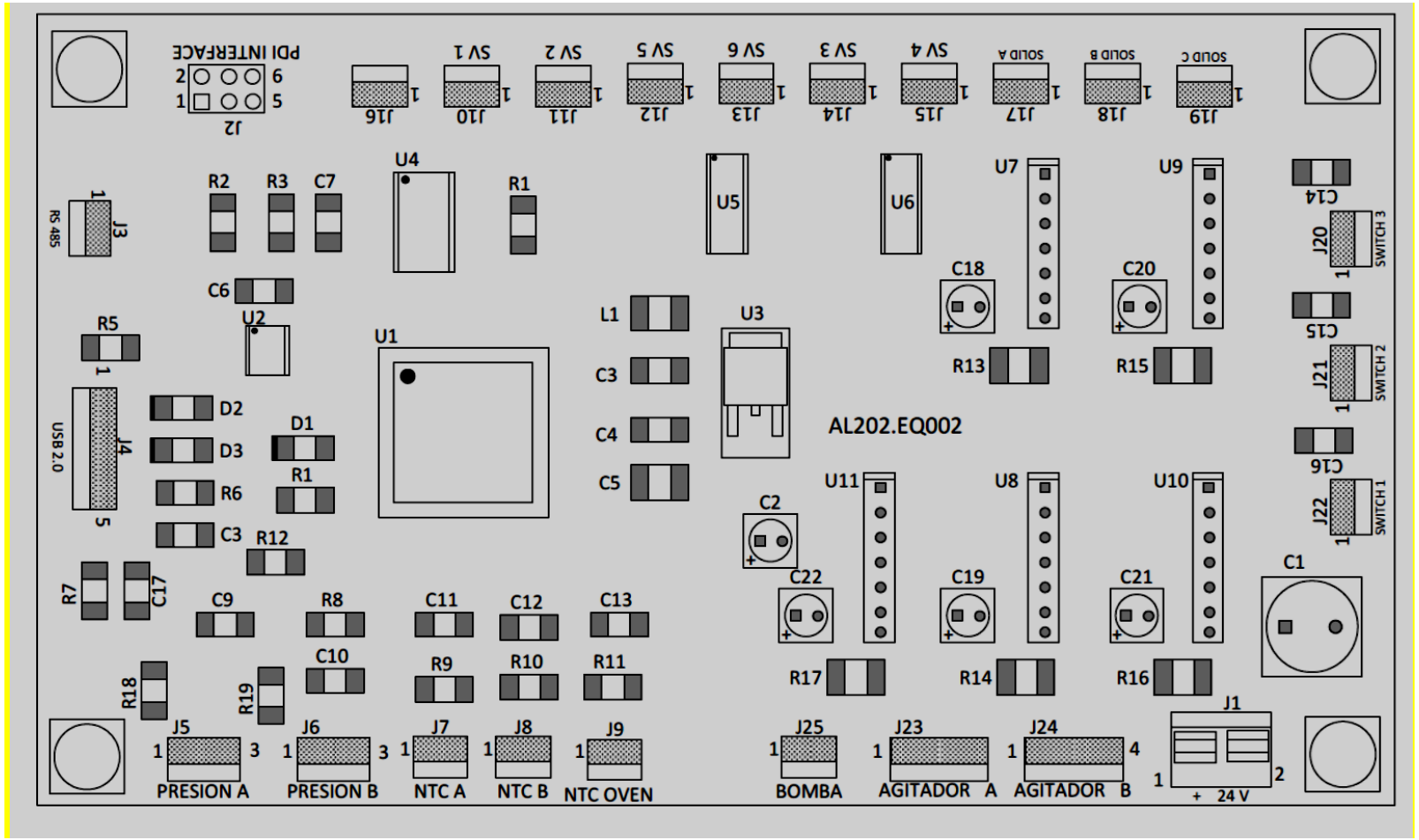


II. Placa control



EQUILAB

III. Posicionamiento de los componentes



EQUILAB