

Csjp: 213714

**INFORME FINAL
PROYECTO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
204-4015**

**“INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
DE UN BANCO DE PRUEBAS DE
FILTROS RESPIRATORIOS”**

**EMPRESA BENEFICIARIA
ENTIDAD EJECUTORA
NÚMERO DE INFORME
FECHA**

**INSESA S.A.
INSESA S.A.
INFORME FINAL
31 DE ENERO DEL 2006**

INFORME FINAL
PROYECTO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
203-3722 204-4015

**"INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE
FILTROS RESPIRATORIOS"**

EMPRESA INSESA S.A.

INICIO NOVIEMBRE 2004

TÉRMINO DICIEMBRE 2005

A) RESUMEN EJECUTIVO

Antecedentes de la Empresa

INSESA S.A nace el año de 1986 como distribuidor de productos de seguridad industrial, dedicada a la manufactura y comercialización de implementos de seguridad industrial. Actualmente, es uno de los principales fabricante de artículos para Protección Personal y Seguridad Industrial del mercado chileno.

En la actualidad, la empresa se encuentra organizada para atender principalmente empresas de los rubros minería, agrícola y forestal. Para ello, la compañía cuenta con oficinas de venta y sucursales en Calama, Rancagua, Concepción y Santiago, lo que le permite tener un contacto fluido y constante con sus clientes. La casa matriz se encuentra ubicada en la Calle Tres N° 3010 Parque Buenaventura, Comuna de Quilicura, Santiago y cuenta con una planta productiva de 2.000 m²

Como abastecedores del mercado nacional y exportadores, es reconocida por la calidad de sus productos, por la permanente innovación y desarrollo de nuevos artículos, un excelente servicio pre y post venta y la flexibilidad para acondicionar su esquema productivo a las necesidades y requerimientos específicos de sus clientes.

Bajo la marca de fabricación Safeman®, los productos están presentes en empresas de los más variados rubros, entre los que se destacan: Minería, Forestal, Alimentos, Pesca e Industrial y también en importantes distribuidores del sector. Actualmente, la empresa comercializa los siguientes productos: cascos de seguridad, guantes, trajes de seguridad, protectores de ojos, máscaras de protección, etc.

Síntesis del Proyecto de Investigación

A través de esta propuesta de innovación tecnológica la empresa logró desarrollar un prototipo de banco de prueba de filtros contra gases (FCG) y filtros mixtos (FM), con certificación de conformidad.

Los objetivos específicos de la iniciativa son los siguientes:

- Conceptualizar y desarrollar hasta un nivel de prototipo acabado, un banco de pruebas de filtros contra gases, filtros contra partículas y filtros mixtos; para efectuar ensayos de capacidad de protección de acuerdo a las exigencias de la normativa chilena.
- Efectuar una campaña de evaluación y caracterización del prototipo con filtros de producción propia y filtros certificados internacionalmente.
- Conseguir una certificación de trazabilidad internacional para las capacidades del prototipo.

La metodología de investigación y desarrollo propuesta incluye:

- A. Investigación de los aspectos regulatorios aplicables para el desarrollo de bancos de prueba de filtros y equipos de protección respiratoria.
- B. Diseño detallado del banco de pruebas
- C. Producción y evaluación del banco de pruebas de filtros y equipos de protección

Principales Resultados del Proyecto y Conclusiones

Los principales resultados de proyecto son los siguientes:

- El proyecto permitió adaptar y desarrollar tecnologías para la medición de eficiencia de filtros respiratorios. Para ello, se emplean componentes para distintas aplicaciones, los cuales se integraron mediante sistemas de control logrando un eficiente sistema de evaluación de filtros respiratorios que cumple con la normativa establecida.
- El diseño y fabricación del banco de filtros respiratorios, basado en las normas chilenas NCh 1285/1 y la NCh 1285/2, permitió ensayar los distintos tipos de filtros bajo dichas normas, generando una base de datos normalizados que cuantifican la calidad de los filtros ensayados.
- Utilizando los datos de eficiencia obtenidos de los ensayos, se estableció una metodología para el control de calidad de los filtros respiratorios. Esto permitió implementar un sistema de calidad total y desarrollo integral del proceso productivo de filtros.
- El proyecto permitió la certificación de conformidad para el banco de pruebas de filtros respiratorios, certificación otorgada por CESMEC. Para lograr esta acreditación, se cumplieron todos los requerimientos exigidos por Cesmec,

fundamentalmente contar con un banco de prueba instalado satisfactoriamente y un protocolo de procedimientos adecuado para el control de calidad de los filtros.

En Chile no se entrega la certificación de calidad para filtros respiratorios, ya que el organismo oficial, Instituto de Salud Pública (ISP), no autoriza la certificación por parte de centros de medición y certificación, debido a que éstos no cuentan con laboratorios propios, capaces de realizar los ensayos estipulados en las normas pertinentes. Sin embargo, el prestigio y reconocimiento nacional e internacional con que cuenta CESMEC, permiten que con la obtención de la certificación de conformidad se cumplan los objetivos de acreditación de calidad propuestos en el proyecto

La principal conclusión del proyecto es:

Desarrollar e implementar un banco de pruebas para filtros respiratorios que permite acreditar y conservar en el tiempo una certificación de conformidad. De esta forma, la compañía visualiza importantes beneficios que hacen atractiva la inversión en esta área productiva, puesto que le permiten posicionarse fuertemente en el mercado de artículos de protecciones personales.

Impacto del Proyecto

Los principales impactos del proyecto se centran en los dos siguientes aspectos:

- a) La certificación de conformidad y la conservación de ésta en el tiempo, genera una mejora permanente en la calidad de los productos de la compañía, optimizando los procesos productivos y permitiendo mayores niveles de producción.
- b) Al contar con tecnología que permite evaluar y parametrizar la eficiencia de los filtros respiratorios, la empresa cuenta con la capacidad para evaluar la calidad de sus materias primas y de esta forma optimizar los recursos disponibles.
- c) Contar con certificación de conformidad, permite el acceso a un mercado no explotado por la industria nacional, generando nuevas posibilidades de negocios y la introducción de productos relacionados. También permite un posicionamiento a nivel nacional al cumplir las normativas vigentes, ya que una gran cantidad de clientes exigen certificación de los productos.

B) EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA

Los filtros contra gases (FCG) y filtros mixtos (FM) son elementos integrantes de equipos de protección respiratoria (EPR), cuya finalidad es captar y retener los contaminantes del aire en un ambiente riesgoso, para proteger al individuo o trabajador. Los EPR son equipos de protección individual de las vías respiratorias en los que la protección contra los contaminantes aerotransportados se obtiene reduciendo la concentración de éstos en la zona de inhalación por debajo de los niveles de exposición recomendados. Los EPR se configuran con elementos filtrantes contra partículas, contra gases y vapores, y contra partículas, gases y vapores (los llamados filtros mixtos).

Particularmente, la capacidad de protección de los elementos filtrantes viene dada por el desempeño del elemento en cuanto a retención de gases, partículas y tiempo de saturación del elemento. Para evaluar el desempeño de un elemento filtrante para EPR, la normativa NCh 1285/1 y la NCh 1285/2 establece que es necesario efectuar los siguientes ensayos: Ensayo de vibración, Resistencia a la respiración, Capacidad de protección y Eficiencia del filtro.

Actualmente, la empresa produce anualmente unos 120.000 filtros y debe evaluar entre 600 y 1.200 elementos de acuerdo a la estadística de control de calidad impuesta. Como no se dispone de las capacidades tecnológicas para efectuar estas evaluaciones al interior de la empresa, es necesario contratar tales servicios en centros tecnológicos. Sin embargo, la experiencia de la empresa no es buena al operar de esta manera ya que el proceso no es expedito, debido a la ausencia de capacidades nacionales probadas para efectuar estos ensayos.

En consecuencia, el desarrollo de un banco de pruebas de capacidad respiratoria permite a la empresa generar capacidades tecnológicas internas para evaluar sus productos, reducir costos de producción y mejorar la imagen de sus productos filtrantes, con el consiguiente aumento de las ventas nacionales e internacionales. Por otro lado, la generación de estas capacidades permitirá a la empresa involucrarse en otros aspectos de desarrollo tecnológico para sus productos filtrantes y equipos de protección respiratoria.

Los objetivos técnicos planteados para este proyecto son los siguientes:

- Conceptualizar y desarrollar hasta un nivel de prototipo acabado, un banco de pruebas de filtros contra gases, filtros contra partículas y filtros mixtos; para efectuar ensayos de capacidad de protección de acuerdo a las exigencias de la normativa chilena.
- Efectuar una campaña de evaluación y caracterización del prototipo con filtros de producción propia y filtros certificados internacionalmente.
- Conseguir una certificación de trazabilidad internacional para las capacidades del prototipo.

Los principales resultados de este desarrollo son:

- Lograr un desarrollo tecnológicamente actualizado, de bajo costo, muy versátil y de alta flexibilidad para las aplicaciones nacionales.
- Obtener un perfil de prestaciones, que permita evaluar el costo de operación, la eficiencia y la productividad del prototipo en condiciones de producción a escala real.
- Obtener de un acuerdo internacional de calibración del prototipo, por parte de un organismo internacional acreditado, a intervalos regulares.

El tipo de innovación que se desarrolló en este proyecto se enmarca dentro de la categoría de "Desarrollo de nuevos productos o servicios, no existentes a lo menos en el mercado nacional y para los cuales se establecerán capacidades nacionales de producción"

C) METODOLOGIA Y PLAN DE TRABAJO

La metodología seleccionada para la ejecución de este proyecto contempla 3 etapas de desarrollo, como se indica a continuación:

A. Investigación de los aspectos regulatorios aplicables para el desarrollo de bancos de prueba de filtros y equipos de protección respiratoria.

El objeto de esta fase de la metodología es desarrollar el diseño de un banco de pruebas de filtros y equipos de protección respiratoria, que cumpla las exigencias de las normativas vigentes, de un nivel tecnológico adecuado a la realidad nacional, trazable internacionalmente y de bajo costo.

Comprende el estudio y análisis detallado de la normativa nacional e internacional que regula la ejecución de ensayos de filtros y equipos de protección respiratoria, de acuerdo a las más recientes directrices de las instituciones líderes del área. Específicamente se espera conocer y aplicar al diseño de este banco, el estándar 42 CFR 84 de NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) de reciente data. Asimismo, esta fase de la metodología pretende evaluar las tecnologías de medición a emplear para la determinación de los parámetros de desempeño de los elementos filtrantes, particularmente aquellas tecnologías para evaluación de composición de aerosoles y software para tratamiento de la información obtenida en los ensayos.

El desempeño, la funcionalidad, la trazabilidad y las capacidades de bancos de prueba desarrollados en otras partes del mundo, principalmente en USA se investigarán mediante contactos con instituciones del ámbito. A partir de estos contactos se definirá una visita técnica a un centro de clase mundial con experiencia en desarrollo y operación de equipamientos similares, con la finalidad de generar un diseño con atributos de bajo costo y alta eficiencia para el equipo. Las instituciones candidatas para efectuar esta gira son ATI (Air Technologies International) y TSI Incorporated ambas ubicadas en USA.

B. Diseño detallado del banco de pruebas

Los objetivos principales de esta fase son preparar el diseño detallado del banco de pruebas, seleccionar las tecnologías y equipamientos a integrar, buscar y seleccionar los proveedores de los elementos y equipamientos, y proceder al armado de la unidad.

Sobre la base del diseño básico de la unidad se procede a desarrollar los diseños de las sub-unidades para ejecutar los ensayos de: vibración, resistencia a la respiración, capacidad de protección y eficiencia. Con estos diseños se procede a la integración y generación de un modulo funcional, que permita trabajar de una manera expedita en términos operacionales y de recogida de datos. Como base razonable de criterio, se espera generar un banco de prueba con capacidad para procesar entre 2 a 5 filtros por minuto. Para desarrollar estos estudios, se emplean básicamente los métodos de calculo de estructuras, dinámica de fluidos y las técnicas de análisis de interferencia con herramientas Autocad 2D y 3D.

La expectativa de diseño es lograr un banco de alta automatización en cuanto al hardware (montaje y desmontaje rápido del elemento filtrante) con un nivel muy avanzado de instrumentación y automatización para capturar y procesar datos de desempeño. Idealmente se busca un desarrollo que visualice y reporte en pantalla y en papel los parámetros de desempeño, a través de un software para integrar los resultados y calcular los índices pertinentes.

C. Producción y evaluación del banco de pruebas de filtros y equipos de protección

Los objetivos de esta fase de la metodología son: producir el banco de pruebas a nivel de prototipo avanzado y evaluar su desempeño incluyendo una posible certificación internacional.

Esta fase comprende la fabricación y adquisición de componentes en plaza y de importación directa, el armado del equipo y su evaluación inicial incluyendo el desarrollo y perfeccionamiento del sistema de adquisición de datos y evaluación de parámetros de desempeño de los filtros. Implica proceder al montaje de la maquina, corregir los defectos propios de la fabricación y armado, incluyendo el funcionamiento de los subsistemas de flujo, generador de aerosol y sistemas de medición de concentración. Una vez superada esta fase de puesta a punto del hardware, se procede a la puesta a punto del sistema de adquisición de datos y evaluación de desempeño. Para ello es necesario evaluar el proceso de recogida de datos desde los diversos instrumentos, verificar que las señales son correctas y dentro de los límites permitidos, y que son correctamente leídas por el software de adquisición. Junto con esto se debe evaluar el proceso de cálculo de parámetros de desempeño del filtro y la entrega de los reportes de ensayo.

Una vez que el sistema se considera operativo, se procede a evaluar el desempeño de filtros contra gases, filtros contra partículas y filtros mixtos, para generar una base de datos razonable y para evaluar el desempeño del banco de pruebas. Una campaña típica de evaluación del banco de comprende los siguientes ensayos:

- **Funcionalidad de los subsistemas:** Dispositivo de toma de filtro, generador de aerosol, instrumentación, software de adquisición y análisis de datos. Comprende la revisión de los subsistemas y la verificación de funcionamiento en diversos regímenes de operación de la unidad. Las variables controladas son el tipo de filtro, el caudal de aire y la composición del aerosol. Las variables respuesta son la funcionalidad de los sistemas, la velocidad de respuesta de la instrumentación y la estabilidad de las señales.
- **Ensayos de desempeño de la unidad:** Para filtros contra gases, filtros contra partículas y filtros mixtos, comprende la evaluación del sistema de análisis de composición y capacidad de protección, la evaluación de repetibilidad de los fenómenos y de las respuestas de desempeño de los filtros y la evaluación de la eliminación del aerosol.

Los resultados de esta fase de evaluaciones permiten configurar un programa de correcciones y puesta en servicio de la unidad probadora de filtros, a desarrollarse de manera inmediata.

Una vez desarrollada la puesta en servicio, un conjunto de filtros testigos, producidos en la empresa, será evaluado oficialmente como parte de un programa de certificación de la maquina. A continuación, otro conjunto idéntico se enviará a control a un laboratorio internacional con la finalidad de comparar los índices de desempeño evaluados en ambas instancias. Sobre esta base se definirá y ejecutará una certificación internacional para el banco de pruebas desarrollado en el proyecto.

El plan de trabajo inicial de este proyecto se compone de cinco actividades a desarrollarse en 11 meses. Sin embargo y por motivos técnicos explicados oportunamente, se extendió por 14 meses.

Las actividades realizadas en el desarrollo del proyecto fueron las siguientes:

Actividad 1	Diseño del banco de pruebas de filtros y equipos de protección respiratoria
Duración	1, 5 meses
Lugar	Gabinete y terreno
Personal involucrado	Jefe de Proyecto, Asesor Químico, Ing. De Diseño, Ing. de Producto, Ing. Instrumentación, Dibujante Proyectista, Asistente general, Mecánico Armador, Secretaria
Recursos requeridos	Instalaciones de oficina, acceso a Internet, acceso a bibliotecas, fotocopias, libros de especialidad y artículos especialistas, pasajes y viáticos internacionales.

Descripción de la actividad

Estudio de requisitos y antecedentes generales para ensayo de filtros y equipos respiratorios, selección de tecnologías para medición de variables de desempeño de filtros, análisis de bancos de pruebas existentes en otras partes del mundo, visita técnica a TSI o a ATI en USA e inspección de equipos y tecnologías aplicables. Análisis de desempeño, trazabilidad y operaciones de equipos existentes. Generación de un perfil de diseño del banco de pruebas, compatible con los requisitos nacionales e internacionales aplicables.

Actividad 2	Diseño detallado del banco de pruebas
Duración	3 meses
Lugar	Gabinete y terreno
Personal involucrado	Jefe de Proyecto, Asesor Químico, Ing. De Diseño, Ing. de Producto, Ing. Instrumentación, Dibujante Proyectista, Asistente general, Mecánico Armador, Coordinador general, Secretaria
Recursos requeridos	Instalaciones de oficina, acceso a Internet, acceso a bibliotecas, fotocopias, libros de especialidad y artículos especialistas, ploteo de planos, uso de vehículos y movilización.

Descripción de la actividad

Incluye el diseño detallado del banco de pruebas, considerando las unidades integrantes: ensayo de vibraciones, ensayo de resistencia a la respiración, ensayo de capacidad contra gases, ensayo de retención de partículas. Para cada caso comprende la fijación de requisitos de la normativa, la definición del equipamiento y componentes requeridos, y el desarrollo de planos de diseño. A continuación procede la integración de los planos de diseño, para generar el diseño de la unidad. Luego procede la producción de los planos de fabricación y el desarrollo de especificaciones de compra de equipos y componentes, con su respectivo programa de fabricación y pruebas de la unidad integrada.

Actividad 3

Fabricación del banco de pruebas y ensayos previos

Duración	6 ½ meses
Lugar	Taller
Personal involucrado	Jefe de Proyecto, Asesor Químico, Ing. De Diseño, Ing. de Producto, Ing. Instrumentación, Dibujante Proyectista, Asistente general, Mecánico Armador, Coordinador general, Secretaria
Recursos requeridos	Acceso a Internet, instalaciones de oficina, Instalaciones de taller, ploteo de planos, uso de vehículos y movilización, servicios de fabricación, equipos y componentes.

Descripción de la actividad

Fabricación de piezas y componentes nacionales, compra e importación de equipos. Armado del banco y pruebas iniciales de componentes, pruebas de funcionamiento del conjunto. Ejecución de pruebas de desempeño con filtros varios y preparación de una base de datos inicial de desempeño de filtros. Evaluación de resultados de desempeño del banco, ejecución de correcciones y ajustes. Puesta en servicio del banco.

Actividad 4

Certificación del banco de prueba de filtros y aparatos respiratorios

Duración	2 meses
Lugar	Instalaciones de la empresa y/o Laboratorio internacional
Personal involucrado	Jefe de Proyecto, Asesor Químico, Ing. De Diseño, Ing. de Producto, Ing. Instrumentación, Dibujante Proyectista, Asistente general, Mecánico Armador, Coordinador general, Secretaria
Recursos requeridos	Acceso a Internet, instalaciones de oficina, Instalaciones de taller, servicios de certificación internacional

Descripción de la actividad

Contacto con ente certificador, definición de los servicios a desarrollar y cotización de ellos. Definición del método de certificación, preparación de la actividad y ejecución de la certificación.

Actividad 5**Síntesis y correcciones**

Duración

1 mes

Lugar

Gabinete

Personal involucrado

Jefe de Proyecto, Asesor Químico, Ing. De Diseño, Ing. de Producto, Ing. Instrumentación, Dibujante Proyectista, Asistente general, Coordinador general, Secretaria

Recursos requeridos

Acceso a Internet, instalaciones de oficina, Instalaciones de taller, servicios de certificación internacional

Descripción de la actividad

Preparación de una metodología de ejecución de ensayos de filtros y equipos de protección respiratoria. Elaboración de una metodología de certificación a intervalos regulares. Preparación de manuales de operación y mantenimiento del banco de pruebas.

A continuación se presenta la Carta Gantt que indica el trabajo realizado en un plazo de 14 meses.

ACTIVIDAD	TIEMPO (meses)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Diseño del Banco de Pruebas contra Gases y Filtros Mixtos														
Diseño Detallado del Banco de Pruebas de Filtros														
Fabricación del Banco de Pruebas y Ensayos Previos														
Certificación del Banco														
Síntesis y Correcciones														
Informe Final														

D) RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados del proyecto se informan en el anexo Informe Técnico.

E) IMPACTOS DEL PROYECTO

Los principales impactos del proyecto se centran en los dos siguientes aspectos:

- a) La certificación de conformidad y la conservación de ésta en el tiempo, genera una mejora permanente en la calidad de los productos de la compañía, optimizando los procesos productivos y permitiendo mayores niveles de producción.
- b) Al contar con tecnología que permite evaluar y parametrizar la eficiencia de los filtros respiratorios, la empresa cuenta con la capacidad para evaluar la calidad de sus materias primas y de esta forma optimizar los recursos disponibles.
- c) Contar con certificación de conformidad, permite el acceso a un mercado no explotado por la industria nacional, generando nuevas posibilidades de negocios y la introducción de productos relacionados. También permite un posicionamiento a nivel nacional al cumplir las normativas vigentes, ya que una gran cantidad de clientes exigen certificación de los productos.

**INFORME TÉCNICO FINAL
PROYECTO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
204-4016**

**“INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
DE UN BANCO DE PRUEBAS DE
FILTROS RESPIRATORIOS”**

**EMPRESA BENEFICIARIA
ENTIDAD EJECUTORA
NÚMERO DE INFORME
FECHA**

**INSESA S.A.
INSESA S.A.
INFORME FINAL
31 DE ENERO DEL 2006**

INFORME TÉCNICO DE RESULTADOS.
PROYECTO FONTEC
204-4015

**“INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE
FILTROS RESPIRATORIOS”**

1. DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS CONTRA GASES Y FILTROS MIXTOS

Para evaluar el desempeño de filtros respiratorios la normativa chilena especifica la realización de tres pruebas, según se describe a continuación:

- Resistencia a la respiración.
- Capacidad de retención (filtros contra partículas).
- Capacidad de protección.

Un diseño preliminar del banco permitió efectuar las siguientes selecciones tecnológicas para configurar los ensayos:

1.1 Resistencia a la respiración.

Para poder medir la resistencia a la respiración, o en otras palabras, la caída de presión que el filtro produce al hacer pasar aire, se seleccionó un transductor de presión diferencial ultra baja marca HONEYWELL CONTROL SYSTEMS; de 0-127 mm H₂O, cuyo aspecto se muestra en la figura 1.1.

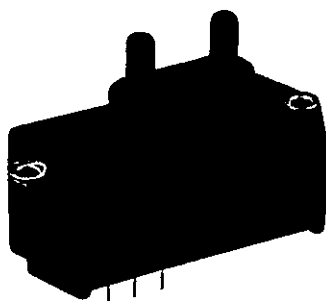


Figura 1.1: Sensor de presión diferencial.

La norma especifica que para los filtros ensayados y según el tipo, la resistencia máxima a la respiración debe estar entre 0,6 y 10,8 mbar. En consecuencia, este componente cumple con las exigencias de la norma.

1.2 Capacidad de retención.

Para cuantificar la capacidad de retención de partículas sólidas o líquidas, se mide la concentración de partículas antes y después del filtro.

En cuanto a la generación del chorro de aire con material particulado, la norma pide tener un caudal de aire con las siguientes características:

Flujo de aerosol de ensayo	95 L/min.
Concentración de aerosol (NaCl)	$8 \pm 4 \mu\text{g/L}$.
Concentración de aerosol (Aceite de parafina)	$20 \pm 5 \mu\text{g/L}$.

1.2.1 Generación de partículas sólidas y líquidas.

Para la generación de partículas necesarias en la prueba de retención, se optó por un equipo de alto rendimiento, marca TSI modelo 9306, ver figura 1.3, con las siguientes características:

Flujo de aerosol	1 a 12, L/min.
Concentración de aerosol	10^8 partículas/cm ³ .
Nº de boquillas	6 (cada una con flujo independiente del otro)

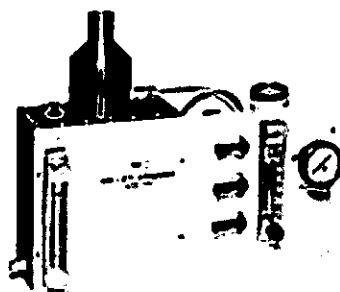


Figura 1.2: Generador de aerosol TSI 9306.

Con este equipo, se puede lograr un mejor control del caudal y de la concentración del aerosol.

1.2.2 Medición de concentración:

Se optó por un fotómetro digital marca ATI, modelo 2H, con capacidad de lectura entre 0,0001 y 125 microgramos por litro. Las exigencias de la norma traducidas a concentraciones son las siguientes:

Código	Clase de filtro	Penetración máxima, $\mu\text{g/L}$	
		NaCl	Aceite de parafina
P-1	Baja eficiencia	1,6	*
P-2	Mediana eficiencia	0,48	0,4
P-3	Alta eficiencia	0,004	0,002

De la tabla superior se ve que el fotómetro seleccionado cubre el intervalo de medición requerido, ver figura 1.3.

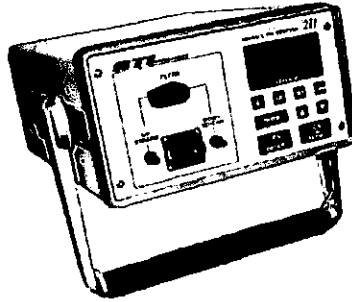


Figura 1.3: Fotómetro digital ATI 2H.

1.3 Capacidad de protección.

Para la prueba de capacidad de protección es necesario contar con una fuente del gas a probar y un equipo que mida su concentración.

1.3.1 Generación del gas

Se tenían 2 alternativas para generar gas:

- Gas presurizado a concentración baja y 50 litros de volumen (antes de comprimir).
- Gas presurizado lo más puro posible y 50 litros (comprimido).

1.3.2 Medición de la concentración de gas

Acá se trabajó con las siguientes alternativas:

- Medición por detector de cada gas, en concentraciones entre 1 y 100 PPM.
- Medición por flujómetro de placa-orificio

Un detector de gas con un sensor electroquímico o catalítico entrega la concentración del gas para el cual fue diseñado.

Por medio de una placa orificio de una sección dada, menor que la sección del ducto, se puede leer la caída de presión del flujo mediante un sensor de presión diferencial, la que está relacionada con el caudal que atraviesa la sección.

1.3.3 Medición por flujómetro de efecto Coriolis.

Un flujómetro, basado en el efecto Coriolis, entrega el flujo másico que pasa a través de él al medir las frecuencias de las vibraciones que produce el flujo al pasar por una tubería en forma de Ω .

1.3.4 Medición por medidor de deformación.

Con el medidor de deformación se puede medir la variación de masa del cilindro por donde sale el gas.

1.3.5 Medición por presiones parciales.

La presión total de un recipiente con una mezcla de gases es la suma de las presiones parciales que ejercería cada uno de los gases, como si cada gas ocupara todo el volumen.

En principio, se trabajó con un diseño que emplea sensores de gas para controlar la concentración del gas de prueba. Los análisis dieron como resultado que el sistema sería bastante engorroso en cuanto a la separación y dilución de los caudales, pues cada sensor puede aceptar sólo un gas y a concentraciones bastante menores que la requerida a la entrada del filtro, la que es de 1.000 a 10.000 PPM, muy por encima de lo que cada sensor es capaz de leer. Esto, junto con la necesidad de poner válvulas especiales (recubiertas de un material capaz de resistir la acción corrosiva de los gases) impulsó la opción de buscar otra alternativa.

Se evaluó la posibilidad de usar un flujómetro de placa-orificio, pero el análisis mostró que la caída de presión de un caudal que pasa por una placa-orificio es cuadrática con el flujo, es decir, para un cambio de x veces en el flujo, el cambio de la caída de presión es x^2 veces la caída de presión inicial. La norma exige una concentración de entrada entre 1.000 y 10.000 PPM, lo que en gas se traduce en flujo entre 30 ml/min y 300 ml/min. Esto implicaría un cambio de 100 veces la caída de presión entre el caudal mínimo y máximo a medir, la que, de por sí es muy baja, lo que hace inaplicable esta opción.

Luego se evaluó la alternativa del flujómetro de Coriolis, la que por su exactitud e independencia de los elementos constituyentes del fluido, la hacían la más atractiva de las alternativas. Se encontró flujómetros capaces de leer desde 1 g/min, lo que para controlar el caudal de entrada estaría bien, pero para el caudal después del filtro, dada la bajísima concentración que pide la norma (entre 0,5 y 25 PPM) éste método no sirve. Se investigaron distintas marcas de flujómetros: Rheonik, AW, Quantum, encontrando en todos el mismo resultado.

Luego, se probó el medir la concentración midiendo el cambio másico del cilindro a medida que se libera gas, pero para el tamaño de los cilindros (entre 40 y 80 kilos) y el caudal másico que salía (del orden de 0,5 gramos por minuto), la variación de la deformación de una placa con una fuerza inicial de 80 kilos y que iría disminuyendo 0,5 gramos cada minuto es imperceptible.

La última de las alternativas era la de medir el caudal de entrada con presiones parciales, tomando un volumen definido de aire limpio y el mismo volumen de mezcla, se mediría la diferencia de presión entre estos volúmenes ocupados por diferentes gases, pero los resultados mostraron que la diferencia de presión sería del orden de 0,1 mbar, lo cual es muy bajo para medir con ese método.

Finalmente, se optó por medir la concentración de los gases, tanto a la entrada como a la salida con los sensores de gases electroquímicos o catalíticos, asumiendo lo engorroso del sistema, el cual a pesar de su complejidad es el más factible, obligando a diluir la mezcla tanto antes como después del filtro, para llevar la mezcla a las concentraciones que los sensores puedan leer.

2. Diseño Detallado del Banco de Pruebas de Filtros

El diseño conceptual, conjugando en el banco las unidades de ensayo de resistencia a la respiración, de capacidad de retención y capacidad de protección, se muestra en la figura 2.1. Los componentes más importantes se muestran en la tabla 2.1.

Destaca además, el uso de válvulas de bola para la apertura o cierre al paso del flujo, así como el uso de válvulas proporcionales, las que controlarán los caudales por los distintos ramales del circuito.

Tabla 2.1. Componentes principales de Banco de Pruebas para Filtros Respiratorios.

Nº	ITEM
1	UNIDAD FRL
2	ELECTRO VÁLVULA 5/3
3	CILINDRO NEUMÁTICO
4	ADAPTADOR FILTRO
5	MANÓMETRO DIFERENCIAL
6	EYECTOR DE VACÍO
7	FILTRO HEPA
8	VÁLVULA CONTROLADORA AIRE
9	BATERÍA CILINDROS DE GASES
10	VÁLVULA CONTROLADORA GASES
11	SENSORES GASES
12	ATOMIZADOR DE PARTÍCULAS
13	FOTÓMETRO DIGITAL

2.1 Descripción de componentes.

1.- Unidad FRL.

Unidad compuesta por un Filtro, un Lubricador y un Regulador. Su capacidad es de 2.000 L/min y la presión va desde 1 a 10 bar. Se agregó además una brida separadora para sacar aire sin lubricar hacia el circuito de pruebas.

2.- Electro válvula 5/3.

Válvula accionada eléctricamente para controlar la apertura, posicionamiento intermedio y cierre del cilindro neumático.

3.- Cilindro neumático.

Cilindro de diámetro 40 mm y 100 mm de carrera. Tiene características magnéticas para utilizar sensores de posición.

4.- Adaptador de filtro.

Conjunto de dos piezas en donde se coloca el filtro a probar. Está sellado herméticamente una vez cerrado el sistema. Antes y después del filtro se tienen un conjunto de tomas para el sensor de presión diferencial y el fotómetro.

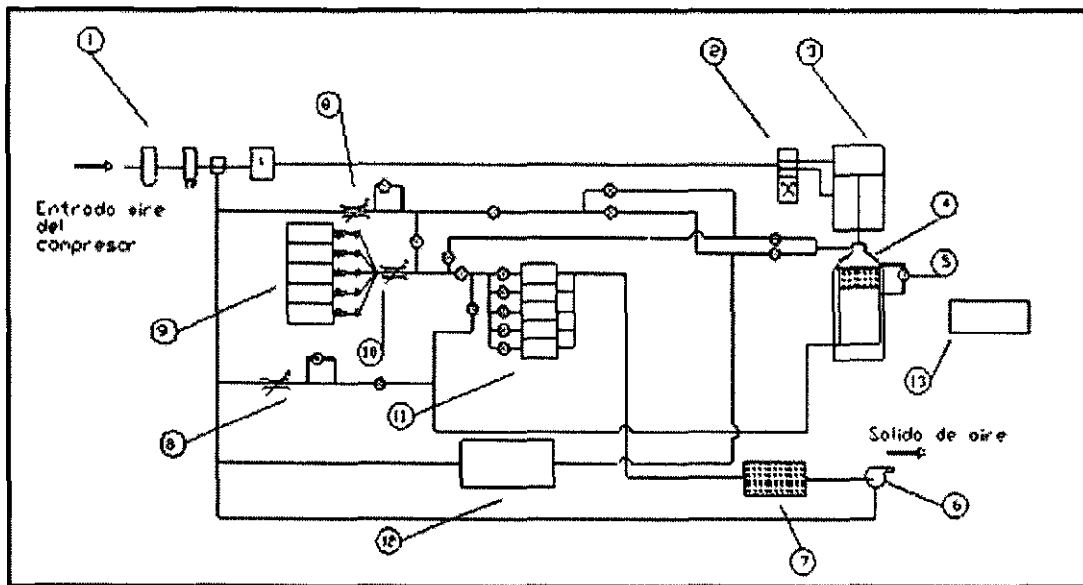


Figura 2.1: Diseño conceptual del banco de prueba.

5.- Manómetro diferencial.

Descrito en **1.1 Resistencia a la respiración.**

6.- Eyector de vacío.

Eyector de vacío por efecto Venturi. Ayuda a producir el paso de la mezcla de aire a través del adaptador de filtro, pues justo antes de pasar por el filtro, el aire debe ir a presión atmosférica.

7.- Filtro HEPA.

Filtro contra partículas de alta eficiencia que evita que el aire contaminado salga al recinto donde se ubica la unidad, protegiendo al operario.

8.- Válvula controladora de aire.

Controla el aire según la prueba a realizar, el gas o material particulado a utilizar y la etapa de la prueba en la que se encuentra. Los flujos de aire van desde 30 L/min hasta 600 L/min.

9.- Batería cilindros de gases.

Conjunto de cilindros donde en cada uno está contenido un gas. Los cilindros tendrán gases desde concentraciones al 10% hasta la mayor concentración posible, dependiendo de cada gas.

10.- Válvula controladora de gases.

Válvula proporcional con recubrimiento de teflón o de algún material resistente a los gases, que se usa para controlar caudales muy pequeños, desde 30 a 300 cc/min.

11.- Sensores de gases.

Sensores individuales para cada gas. Vienen calibrados de fábrica para leer concentraciones de 0 a 10 PPM o de 0 a 100 PPM según el gas a detectar.

12.- Atomizador de partículas.

Descrito en **1.2.1 Generación de partículas sólidas y líquidas.**

13.- Fotómetro digital.

Descrito en 1.2.2 *Medición de concentración.*

Todo este conjunto va montado en una estación de trabajo, salvo los cilindros de gases que por su tamaño y peligrosidad estarán en el lugar más cercano a la estación, pero a la intemperie. La estación de trabajo es un mesón como el que se muestra en la figura 2.2.

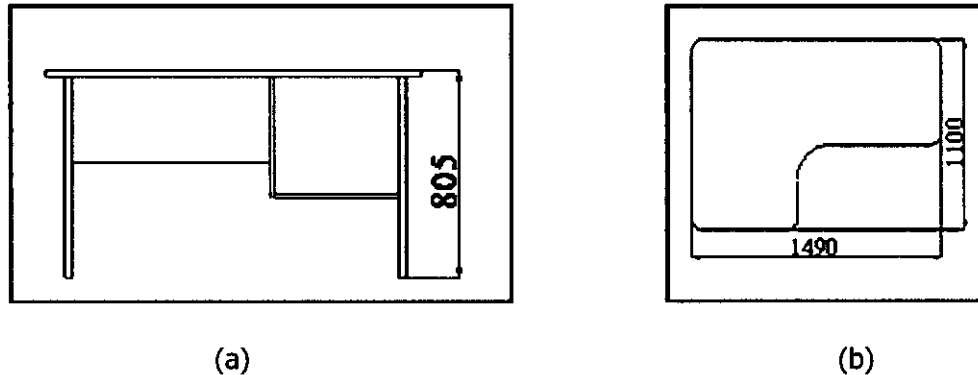


Figura 2.2: Estación de trabajo banco de pruebas. (a) Vista superior. (b) Vista frontal.

2.2 Unidad de control.

El sistema de control, está compuesto por:

- PLC: Marca Siemens, familia S7-200, CPU 224.
- Módulo de entrada analógica marca Siemens.
- Módulo de salida analógica marca Siemens.
- Módulo de expansión, salidas discretas.

La unidad de control contempló la programación de PLC, a través de simulación de señales de proceso, sintonización de variables de control y sintonización con sensores, entre otros. Ver figura 2.3.

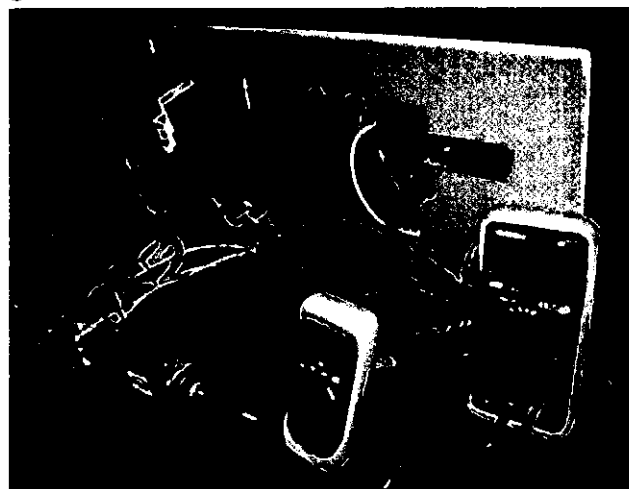


Figura 2.3: Simulación y control de señales en PLC.

2.3 Interfaz HMI (Human Machine Interphase).

La interfaz HMI fue diseñada definiendo parámetros de interacción con el usuario, según se indica a continuación, ver figuras 2.4 y 2.5.

- Definición de parámetros: Busca preguntas y respuestas disponibles que tendrá el usuario, su incidencia en el programa de control y en las etapas de prueba.
- Interacción con el usuario: Ubicación y tamaño de botones, apertura y/o cierre de ventanas, etc.

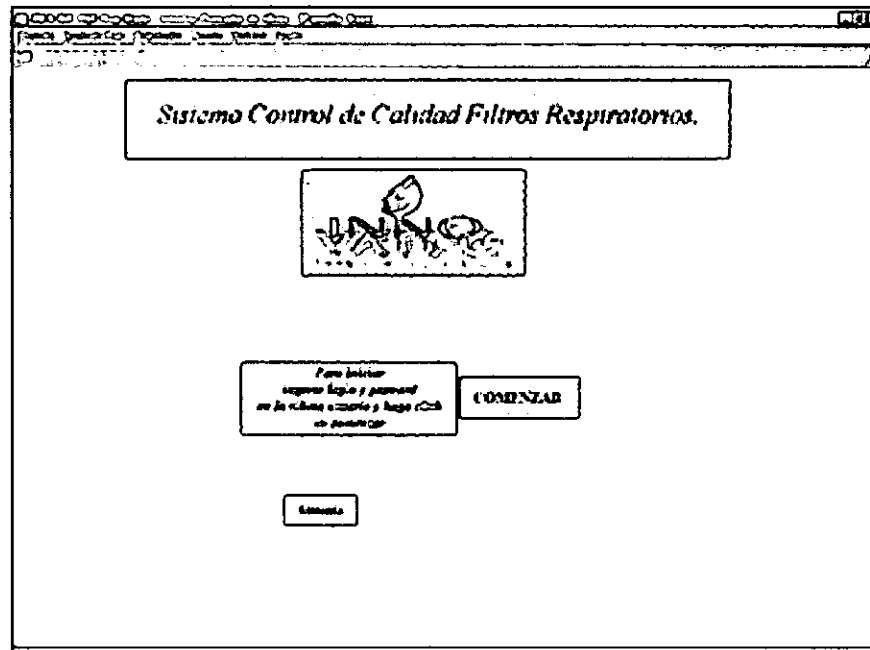


Figura 2.4: Pantalla principal HMI.

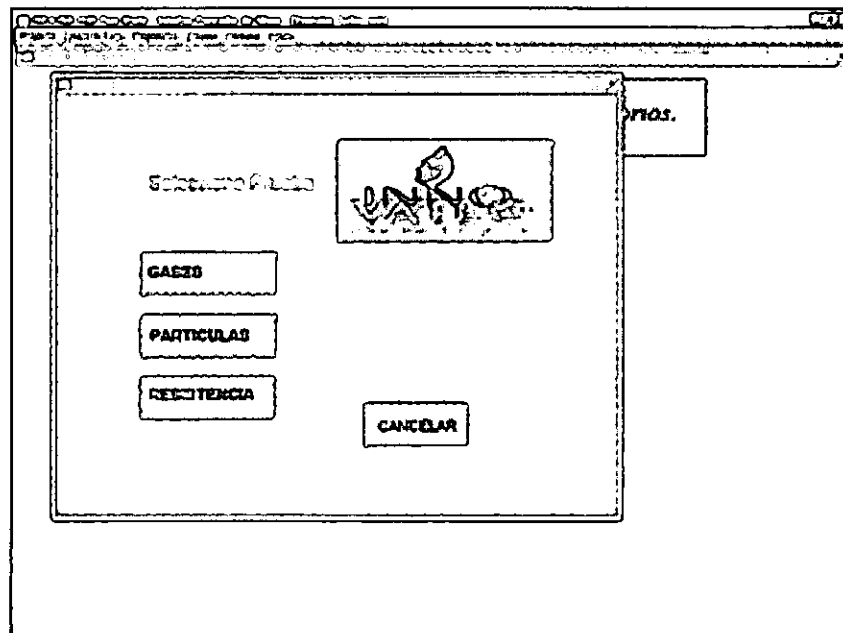


Figura 2.5: Sub-menú del programa.

3. Fabricación del banco de pruebas y ensayos previos.

La fabricación y puesta en servicio del banco de pruebas de filtros respiratorios se dividió en 7 etapas consecutivas.

- Adquisición de componentes.
- Revisión de modelos y diseños detallados de partes y componentes.
- Ensamble y ajuste de partes y piezas.
- Integración del sistema operativo.
- Ajuste operacional.
- Pruebas de desempeño de filtros respiratorios.
- Evaluación de desempeño del banco de pruebas

3.1 Adquisición de componentes.

La adquisición de componentes y equipos se realizó, en forma directa por Insesa y utilizando como intermediaria a la empresa Innovatec Ltda., empresa que prestó la asesoría técnica necesaria para la realización del proyecto.

En la tabla 3.1 se enlistan los principales componentes adquiridos por parte de Insesa en el mercado nacional y de importación directa. En la tabla 3.2 se enlistan los principales equipos y componentes adquiridos por Innovatec para el desarrollo del proyecto.

Tabla 3.1: Componentes adquiridos por Insesa.

Equipo	Descripción	Proveedor
PLC Siemens	Modulo de control programable	Benkel & Dummer Ltda.
Modulo Siemens 231	Modulo expansión	Benkel & Dummer Ltda.
Modulo Siemens 232	Modulo expansión	Benkel & Dummer Ltda.
Modulo Siemens 222	Modulo expansión	Benkel & Dummer Ltda.
Calibrador lazo 707	Generador señal análoga	Tecnología y control Ltda.
Licencia Infilink	Licencia software programación PLC	Fabelec Ltda.
Sensor CCL ₄		Importación directa
Sensor Cl ₂		Importación directa
Sensor NH ₃		Importación directa
Sensor SO ₂		Importación directa

Tabla 3.2: Principales equipos y componentes adquiridos por Innovatec.

Equipo	Descripción	Proveedor
Cilindro neumático	Cilindro de cierre	microtec
Válvulas	Válvulas solenoide	SMC
FRL	Acondicionador aire	Microtec
Motor 24V	Motoreductor	Casa Royal
Eyector vacío	Generador de vacío en línea	SMC
Bomba	Bomba de pulso	
Atomizador	Atomizador con flujo de aire	Sprying Sistem

3.2 Revisión de modelos y diseños detallados de partes y componentes.

Dada la complejidad en el desarrollo del banco de pruebas, se tuvo que realizar una revisión exhaustiva de los sistemas y subsistemas de medición y control. En tal instancia, se detectó la falta de tecnología disponible para algunos procesos claves en la operación del banco. En efecto, la dosificación del gas de prueba, dado su bajo caudal, impedía utilizar válvulas reguladoras, ya que el error de éstas sobrepasaba el caudal establecido. A raíz de ello, se tuvo que diseñar y construir una bomba rotatoria de expansión, específica para la aplicación, situación que generó un atraso significativo en el plan de desarrollo del banco.

Con este nuevo elemento (bomba dosificadora), se reconfiguró el sistema de alimentación y medición de gas de prueba, utilizando medidores de caudal másico, que controlan la rotación de la bomba para establecer el caudal especificado. El circuito de gases y partículas, con sus principales componentes se muestra en la figura 3.1

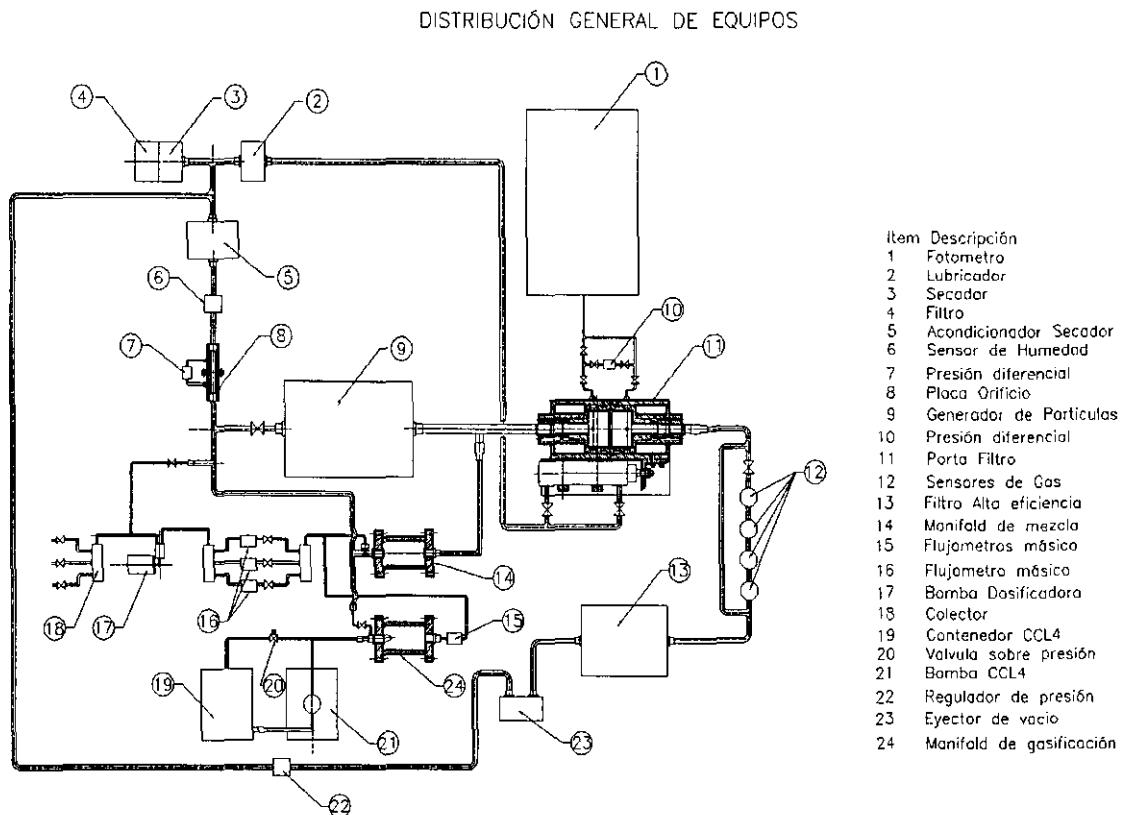


Figura 3.1: Circuito de gases y partículas.

La unidad principal de porta filtros, se rediseñó para permitir introducir medidas de seguridad y la posibilidad de acomodar los distintos formatos de filtros, el esquema de esta unidad se muestra en la figura 3.2.

UNIDAD PORTA FILTRO
ESCALA 1 : 1.5

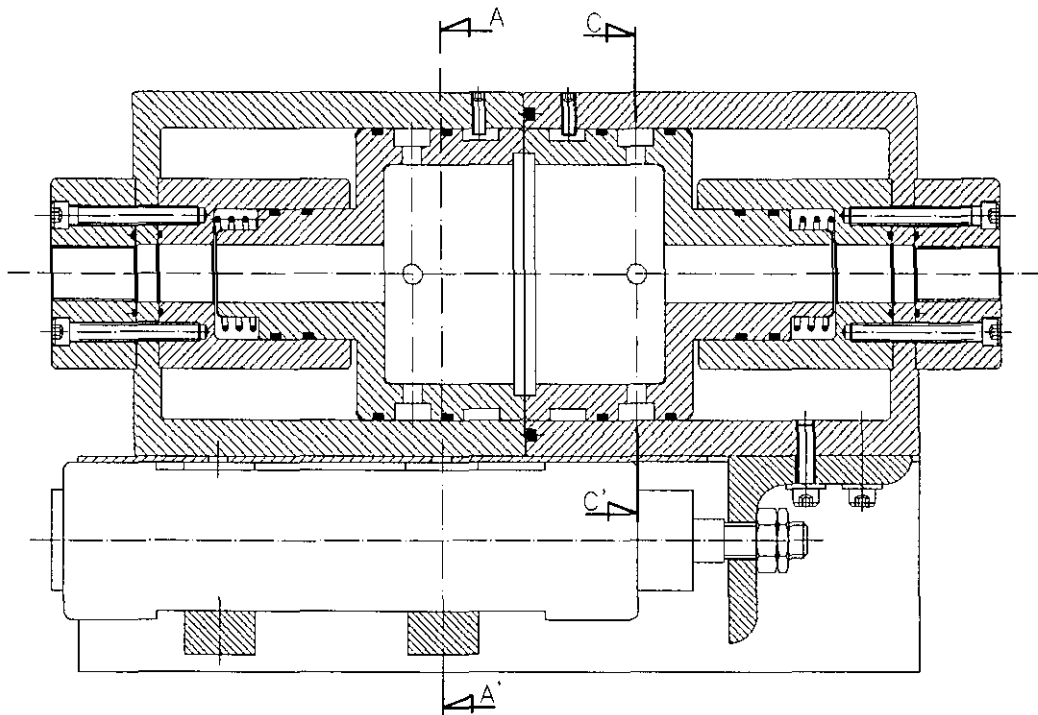


Figura 3.2: Esquema unidad porta Filtros

La revisión del diseño de los distintos elementos constituyentes del banco de pruebas se basó fundamentalmente en la funcionalidad y seguridad de éstos, generando pequeñas alteraciones que modificaron el plan de trabajo establecido.

3.3 Ensamble y ajuste de partes y piezas.

Con todos los componentes y piezas reunidas, se procedió al ensamble del banco de pruebas. La distribución general se muestra en la figura 3.3.

BANCO DE PRUEBA

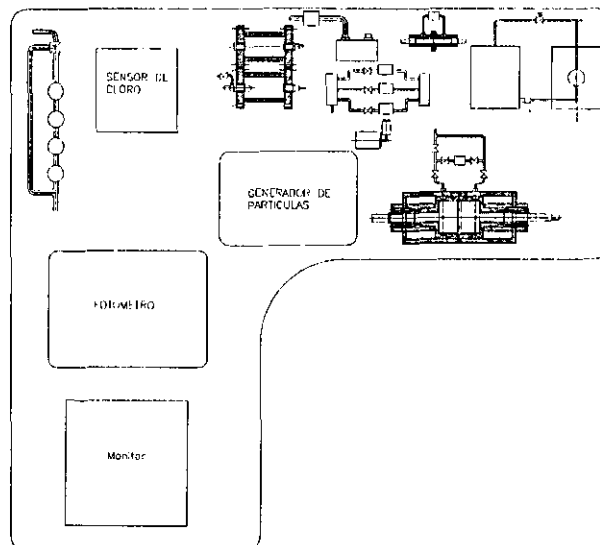


Figura 3.3: Distribución general de equipos en banco de pruebas.

La figura 3.4 muestra el banco de filtros respiratorios con sus principales elementos en su conjunto.

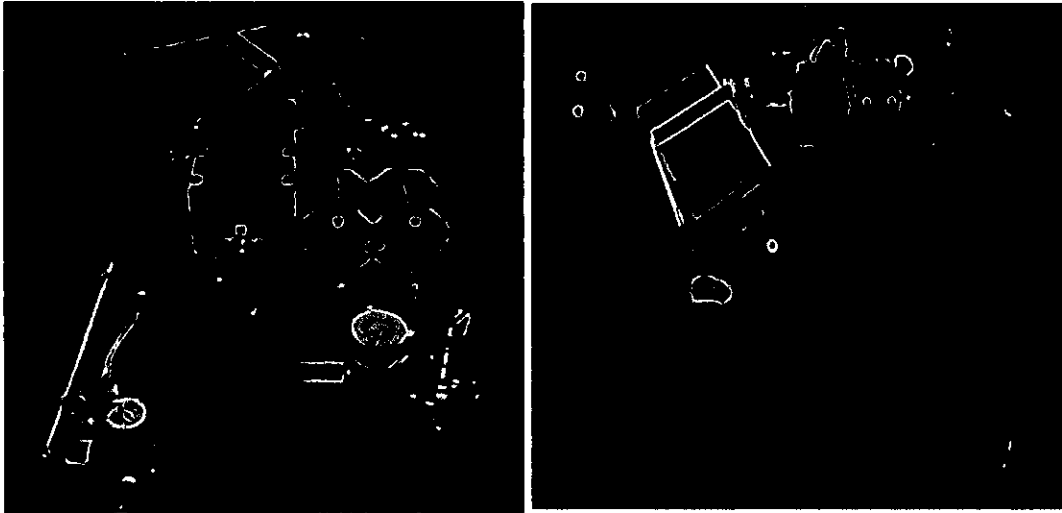


Figura 3.4: Banco filtros respiratorios.

La figura 3.5 muestra el manifold de mezcla, el manifold gasificador y la bomba de expansión rotatoria.

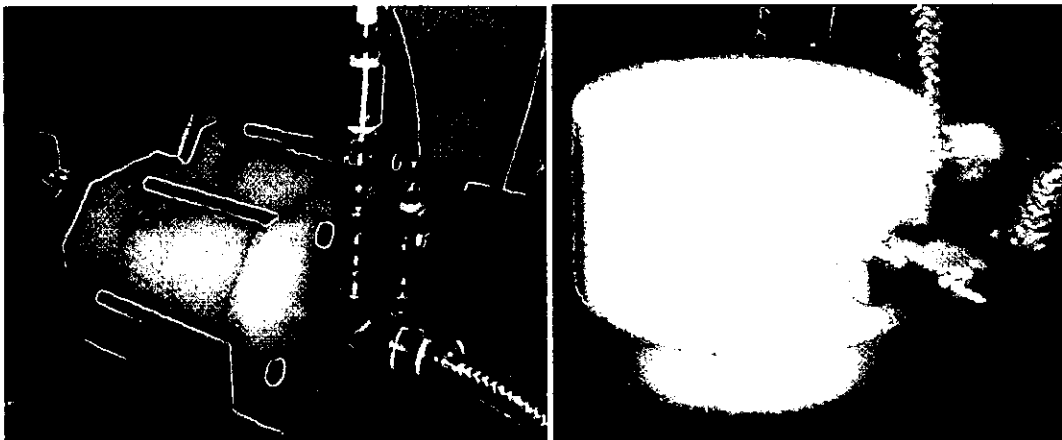


Figura 3.5: Elementos de mezcla, gasificación y dosificado de gases.

En la figura 3.6 se presentan los circuitos de distribución de aire y gas, donde se puede apreciar las válvulas y elementos de medición de cada uno de los circuitos. También, se muestra el tablero de control y los sensores de gases, figura 3.7 y algunos elementos de medición en la figura 3.8.

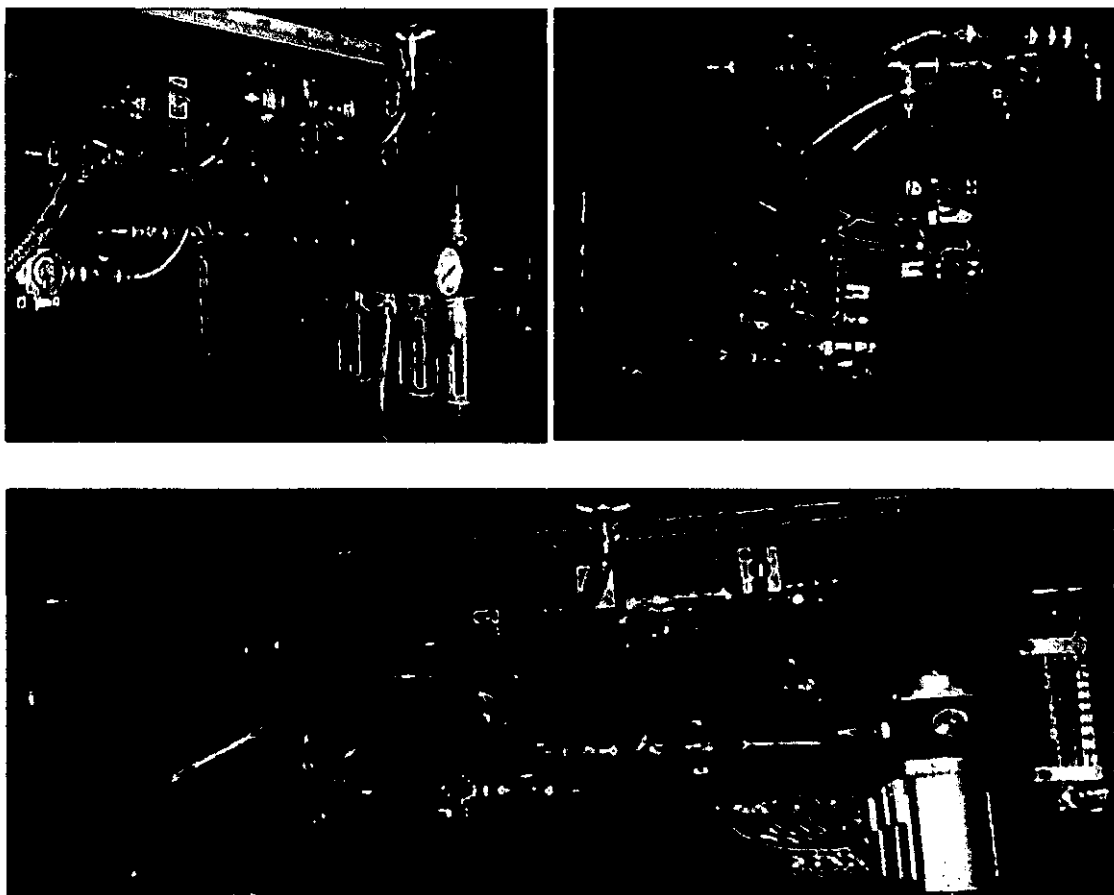


Figura 3.6: Circuito de distribución de aire y gas.

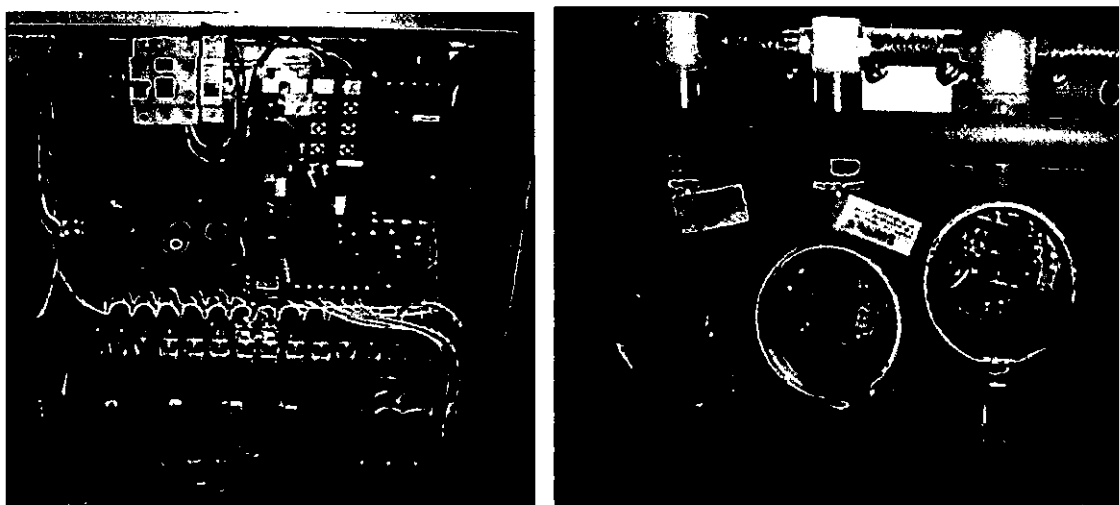


Figura 3.7: Tablero de control y sensores de gas.



Figura 3.8: Elementos de medición

3.4 Integración del sistema operativo

Con el banco ensamblado completam control, definiendo la secuencia de medición de caudal, flujo másico y pres

*Este sistema fue
adquirido, o qué?*

La ejecución del programa que activa pruebas de los filtros respiratorios, con de ejecución, que condiciona, como r a personal autorizado. Para ello, se re de acceso, tal como se muestra en la l

IS
al
lo
re

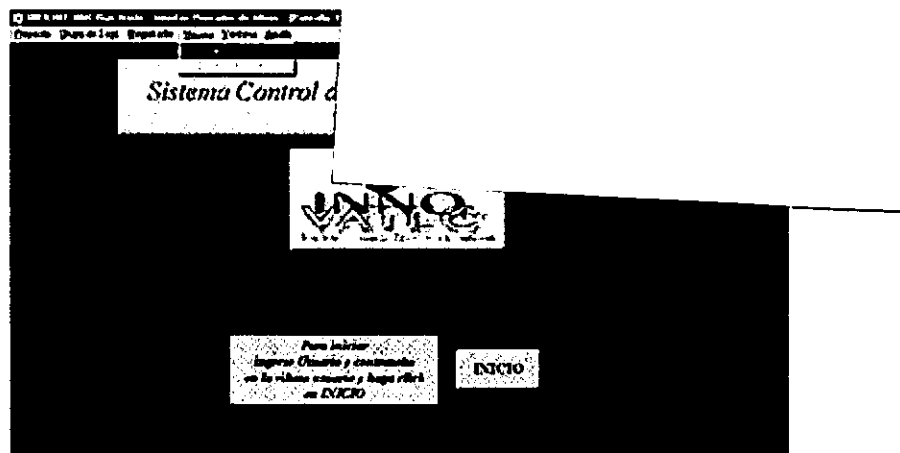


Figura 3.9: Pantalla principal, que da inicio a la interfaz de monitoreo y control del banco de pruebas.

En este punto, se solicita que el operario ingrese su nombre de usuario y contraseña, de lo contrario, aparecerá un aviso de alerta y no podrá acceder al programa, eliminando la posibilidad del uso por personal no autorizado, como se muestra en la figura 3.10.

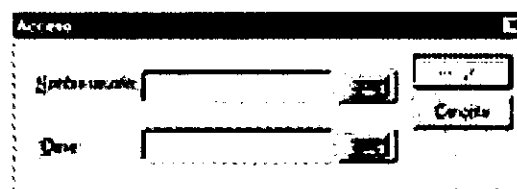


Figura 3.10: Pantalla de control de acceso autorizado.

Una vez realizada la confirmación de usuario autorizado, el programa de control permite la selección de las distintas pruebas estipuladas en las normas, desplegadas en una pantalla de menú, como se muestra en la figura 3.11. Las pruebas que se pueden realizar son:

- Prueba de Gases
- Prueba de Partículas.
- Resistencia a la respiración.

Cada una de estas pruebas genera una secuencia de activación de válvulas, sensores y equipos propios para cada una de ellas. La secuencia determinada para la prueba de respiración está inserta en las pruebas restantes.

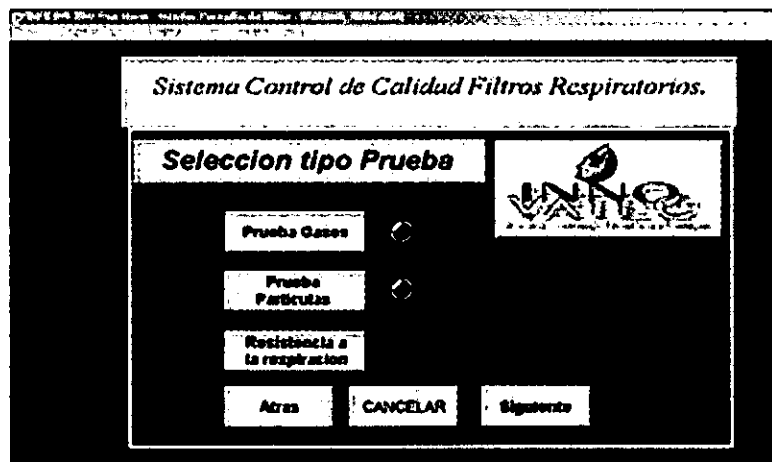


Figura 3.11: Menú de selección de pruebas a realizar.

Una vez que se selecciona la prueba que se desea realizar, se deben ingresar las características del filtro. Esto se realiza por medio de la selección en las ventanas de menú de filtros, tal como se muestra en las figuras 3.12 3.13.

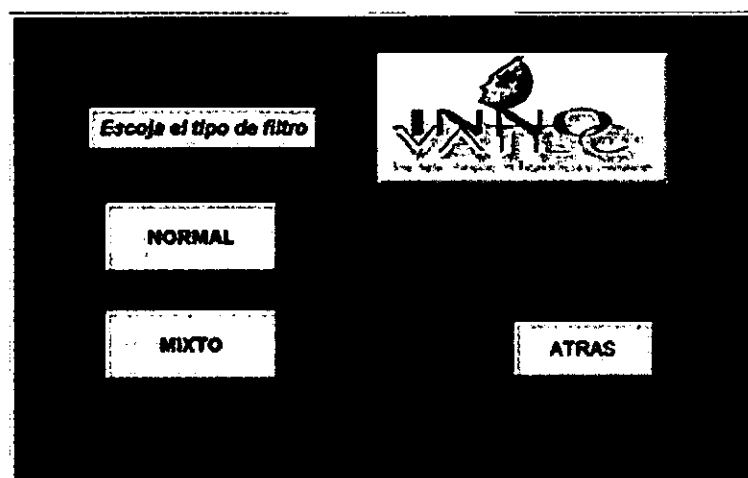


Figura 3.12: Ventana de menú tipo de filtro.

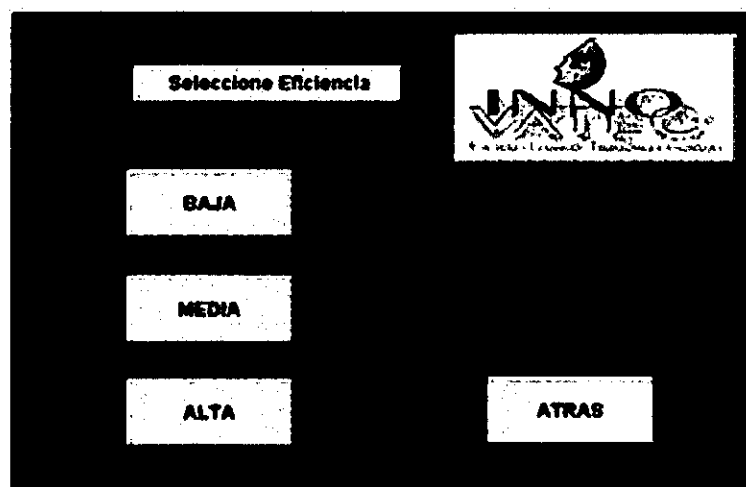


Figura 3.13: Ventana de selección de eficiencia del filtro.

Para las pruebas de gases, si es que esta es seleccionada previamente, se despliega una ventana de selección del tipo de gas con el cual se prueba el filtro, como se muestra en la figura 3.14. En el caso que se seleccione la prueba de partículas, el menú de configuración se iría directamente a la pantalla resumen, sin pasar por la selección de gas

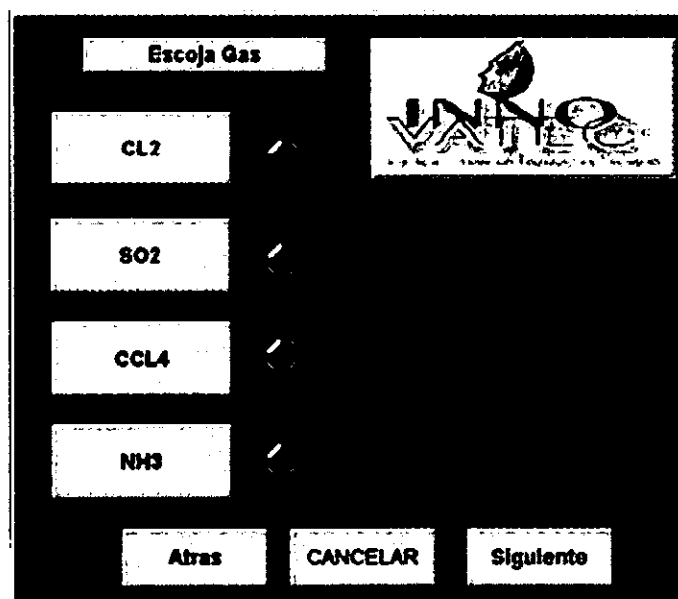


Figura 3.14: venta de selección de tipo de gas.

En la pantalla resumen se muestra en detalle la selección previa, pudiendo cancelar completamente y retomar a la pantalla inicial, de lo contrario se continúa con la prueba, esto se muestra en la figura 3.15.

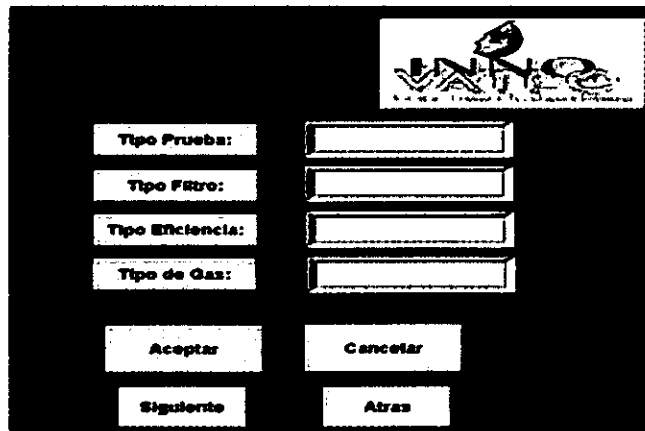


Figura 3.15: Pantalla resumen de configuración de prueba.

Finalizada la configuración de selección de prueba y tipo de filtros, se da inicio a las pruebas seleccionadas, como se muestra en la figura 3.16

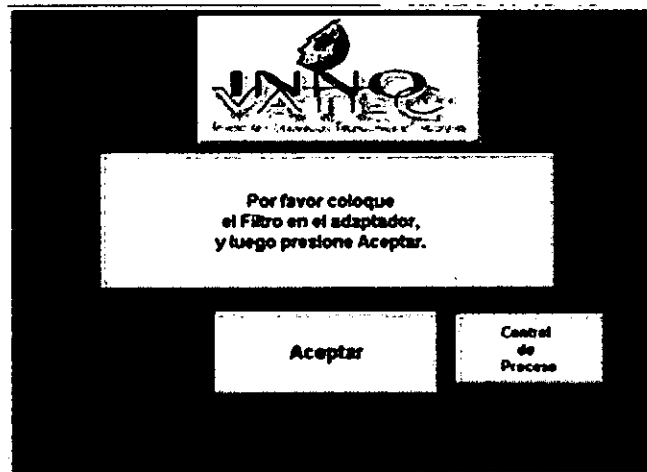


Figura 3.16: Pantalla de inicio de ejecución de la prueba

En este punto, el portafiltros se esta abriendo para colocar el filtro a probar. Una vez ubicado el filtro, se da inicio al proceso haciendo clic en aceptar. La prueba puede ser monitoreada haciendo clic en el botón control de proceso, como se muestra el la figura 3.17

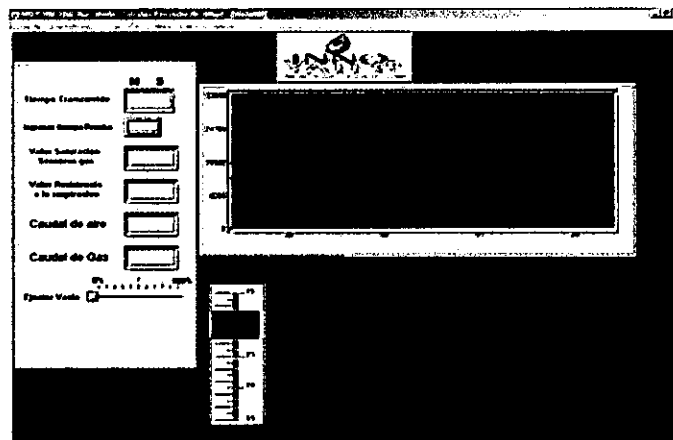


Figura 3.17: Pantalla de control de proceso.

Desde esta pantalla, se pueden observar los valores de caudal de aire, caudal de gas, valor de saturación del filtro contra gases, la resistencia a la respiración y el tiempo transcurrido desde el inicio de la prueba. Además, se puede modificar la succión y el tiempo de la prueba. En el gráfico incluido en la figura 3.17, se muestra el grado de saturación del filtro en función del tiempo transcurrido.

3.5 Ajuste operacional.

Con el banco en completa operación, se realizaron ensayos para la calibración de los sistemas de medición. Esto corresponde al escalamiento de los factores de corrección para los distintos transductores. En general, el procedimiento empleado fue el siguiente:

- En función de la presión diferencial se calibra la placa orificio para medir el caudal de aire de entrada, utilizando un rotámetro de comparación.
- Se establece el cero para el medidor de presión diferencial que mide la pérdida de carga en el porta filtro.
- Se efectúa el mismo procedimiento anterior para: caudal másico y todos los sensores de gas.
- Se ajusta el transductor I/P para regular la succión del eyector de vacío.
- Calibración de rotación de bomba dosificadora de expansión.
- Calibración de Bomba dosificadora de pulso.

3.6 Pruebas de desempeño.

Una vez que el sistema se considera operativo, se procedió a evaluar el desempeño de filtros contra gases, filtros contra partículas y filtros mixtos, para generar una base de datos razonable y para evaluar el desempeño del banco de pruebas. Una campaña típica de evaluación del banco de pruebas considera efectuar unos 180 ensayos, empleando unos 60 filtros de cada especie. Las pruebas a realizar comprenden los siguientes ensayos:

- Funcionalidad de los subsistemas que componen el banco de pruebas: Dispositivo de toma de filtro, generador de aerosol, instrumentación, software de adquisición y análisis de datos.

Esta actividad comprende la revisión de los subsistemas y la verificación de funcionamiento en diversos regímenes de operación de la unidad. Las variables controladas son el tipo de filtro, el caudal de aire y la composición del aerosol. Las variables respuesta son la funcionalidad de los sistemas, la velocidad de respuesta de la instrumentación y la estabilidad de las señales.

- Ensayos de desempeño de la unidad: Para filtros contra gases, filtros contra partículas y filtros mixtos.

Esta actividad comprende la evaluación del sistema de análisis de composición y capacidad de protección, la evaluación de repetibilidad de los fenómenos y de las respuestas de desempeño de los filtros y la evaluación de la eliminación del aerosol.

Los resultados de esta fase de evaluaciones permitieron configurar un programa de correcciones y puesta en servicio de la unidad probadora de filtros, que se desarrolló de manera inmediata.

Las pruebas de desempeño se realizaron modificando el caudal de gas, con la finalidad de estimar la capacidad del banco de pruebas para operar con distintas concentraciones de gas en los caudales de prueba. De esta forma, se obtienen distintas curvas de saturación de los filtros, como se muestra en las figuras 3.18 y 3.19

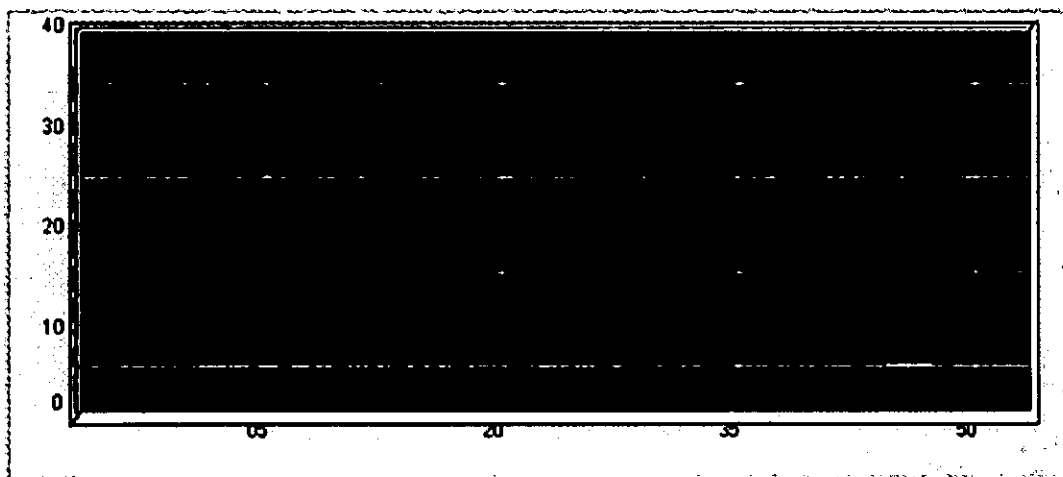


Figura 3.18: Curva de saturación de filtro con bajo caudal de NH_3 .

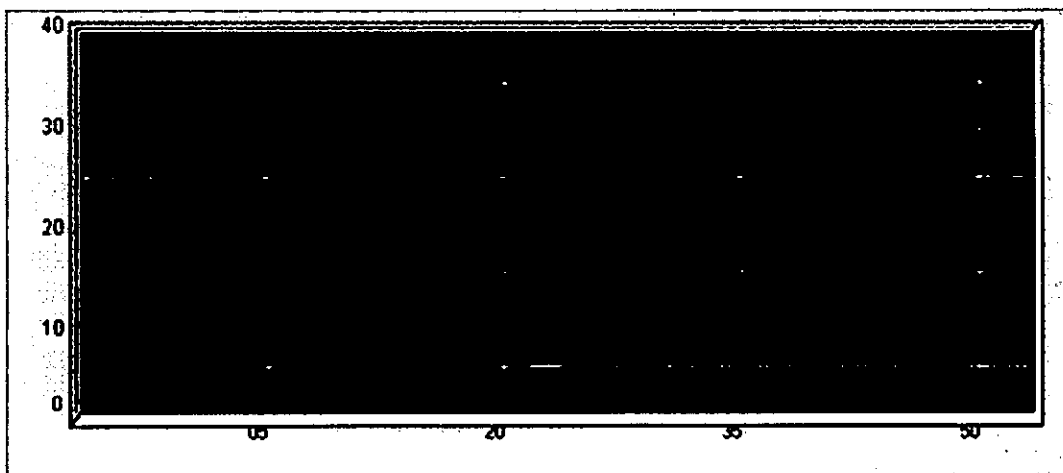


Figura 3.19: Curva de saturación de filtro con alto caudal de NH_3 .

Una vez realizadas los ensayos de desempeño del banco de pruebas, se realizaron ensayos sobre distintos tipos de filtros, con distintos caudales y gases. Los resultados de estos ensayos se muestran en las tablas 3.3. y 3.4.

Tabla 3.3: Resultados de ensayos de filtros respiratorios.

Tipo Gas	Tipo filtro Eficiencia	Tiempo saturación [min]	Caudal Gas [cm ³ /min]
NH ₃	Baja	125	30
NH ₃	Baja	130	30
NH ₃	Baja	120	30
NH ₃	Media	60	150
NH ₃	Media	65	150
NH ₃	Media	65	150
NH ₃	Alta	80	300
NH ₃	Alta	85	300
NH ₃	Alta	80	300

De la tabla 3.3 se observa que para distintas eficiencias de los filtros, éstos presentan tiempos de saturación mayores que los establecidos por la Norma aplicada.

Tabla 3.4: Resultados de ensayos de filtros respiratorios con caudal variable.

Tipo Gas	Tipo filtro Eficiencia	Tiempo saturación [min]	Caudal Gas [cm ³ /min]
CCl ₄	Baja	150	30
CCl ₄	Baja	140	30
CCl ₄	Baja	42	150
CCl ₄	Baja	40	150
CCl ₄	Baja	10	300

De la tabla 3.4 se desprende que para un mismo tipo de filtro el tiempo de saturación decae fuertemente al aumentar el caudal de gas de prueba.

En base a los resultados obtenidos de los ensayos realizados, se genera una base de datos donde los puntos relevantes son:

- Tipo gas utilizado
- Tipo de filtro utilizado.
- Pérdida de carga.
- Tiempo saturación
- Caudal gas de prueba
- Caudal aire de prueba.

Para las pruebas de capacidad de retención, se generaron bases de datos de desempeño de filtros, similares a las generadas por las pruebas de capacidad de protección.

3.6 Evaluación de desempeño del banco de pruebas.

El banco de pruebas presenta un desempeño satisfactorio para diferentes regimenes de operación, lo que garantiza su correcto cometido. Los parámetros de evaluación del banco de pruebas fueron los siguientes:

- Capacidad de operar bajo distintos caudales de gas de prueba.
- Capacidad de operar bajo distintos caudales de aire de prueba.
- Capacidad de soportar distintos formatos de filtros.
- Flexibilidad para control de fin de prueba.

Para cada uno de estos puntos, el banco de pruebas responde satisfactoriamente, sin la necesidad de recalibración de éste.

4. **Certificación del banco de prueba de filtros y aparatos respiratorios.**

4.1 Aspectos generales.

Para la certificación de calidad del banco de prueba de filtros y aparatos respiratorios, esto es, el cumplimiento de las normas chilenas: NCh 1285/1.of95, NCh 1285/2.of97 y/o las especificaciones determinadas en éstas, se contactó con un organismo independiente, el cual debe avalar el cumplimiento de las normas y especificaciones descritas.

En Chile, no se entrega la certificación de calidad para filtros respiratorios, ya que el organismo oficial, Instituto de Salud Publica (ISP), no autoriza la certificación por parte de centros de medición y certificación, debido a que éstos no cuentan con laboratorios propios, capaces de realizar los ensayos estipulados en las normas pertinentes.

Por otra parte, el ISP autoriza a estos organismos que entreguen una certificación de conformidad. Los centros más importantes que cuentan con autorización para entregar esta certificación de conformidad son:

DICTUC: realiza labores de muestreo, inspección, ensayos destructivos y no destructivos, peritajes y certificación de calidad.

IDIEM: entregar un servicio de ensayos, calibración y certificación de productos que cumpla con los criterios y requisitos aceptados internacionalmente, basados en las directrices de ISO.

CESMEC: prestadora de servicios de ingeniería relacionados con certificación de productos, análisis de laboratorio, ensayos, calibraciones, inspecciones y certificación de sistemas de calidad.

El Centro de Estudios, Medición y Certificación de Calidad, **CESMEC Ltda.**, es una organización privada e independiente, que desde su fundación ha participado en muchos proyectos industriales y megaproyectos en Chile. En la actualidad, la empresa provee servicios a cerca de 3.000 clientes a través de sus diferentes líneas de servicios.

CESMEC, como organismo nacional independiente, tiene la capacidad de otorgar la Certificación de Conformidad. Para tal efecto, se basa en las pautas que entrega el documento "Modelo de Certificación ISO/CASCO" generado por el Instituto Nacional de Normalización, INN. Además, cuenta con acuerdos de reconocimiento de certificación con varios organismos certificadores de calidad tanto en Europa como Latino América.

Organismo	País
IRAM	Argentina
IBNORCA	Bolivia
ICONTEC	Colombia
INEN	Ecuador
UNIT	Uruguay
UCIEE	Brasil
FONDONORMA	Venezuela
AENOR	España

El prestigio, su reconocimiento y los acuerdos de certificación internacionales con que cuenta CESMEC permiten que se cumplan los objetivos de acreditación de calidad propuestos en el proyecto. Para tal efecto, se empleó la metodología siguiente:

- a) Montar el banco en su ubicación definitiva y desarrollar una infraestructura segura para la operación del banco. Esta infraestructura cuenta con sistemas que permitan manejar emergencias, como fuga de gases nocivos, de acuerdo a los lineamientos de las entidades del ámbito, (ACHS por ejemplo).
- b) Con el banco de pruebas en condiciones operativas, CESMEC procedió a verificar las capacidades de ensayo a través de su Departamento Técnico. Insesa solicitó este servicio a través de una comunicación formal a CESMEC. Innovatec coordinó con CESMEC una interpretación común de las normativas NCH 1285-1 y NCH 1285-2, bajo las cuales se desarrolló el banco prototipo.
- c) Insesa implementó un programa de calidad de filtros respiratorios, asignando recursos humanos para la operación del banco y generando un manual de procedimientos de calidad.
- d) Una vez desarrolladas las acciones anteriores, se dio inicio a la certificación permanente de filtros respiratorios.

4.2 Procedimiento de certificación.

Los procedimientos establecidos y seguidos por CESMEC para otorgar la certificación de conformidad se especifican en el siguiente plan de trabajo.

- **Evaluación de la Fábrica y Ensayos de Tipo.**

Con el propósito de determinar el grado de cumplimiento de los requisitos, la evaluación se concentra básicamente en el Sistema de Control de Calidad que la empresa ha dispuesto para la prueba de sus filtros. Con el objeto de validar los ensayos de los filtros respiratorios, se efectuó una evaluación de los parámetros de operación del banco de prueba (Caudal de aire, Concentración de gas, presión de operación, factores de corrección) y de esta forma establecer la validez de éstos. Una vez superada esta etapa, se realizaron los ensayos de resistencia a la respiración, partículas y gases, verificando que estos cumplieran con las normas establecidas para la aprobación de tipo.

- **Documentación.**

La documentación y procedimientos requerida por CESMEC, para el cumplimiento de los requisitos de Certificación, son la implementación y ejecución de un control de calidad total, referido principalmente a personal, frecuencias de ensayos, tamaños de muestra, criterios de aceptación y rechazo, destino del material rechazado y registros.

- **Seguimiento.**

CESMEC verificó los distintos modelos de filtros respiratorios en base al cumplimiento de los requisitos definidos en las normas de referencia señaladas anteriormente. Para tal efecto, se efectuaron ensayos aleatorios a filtros de distintos lotes de producción, verificando el cumplimiento del sistema de control de calidad.

- **Auditorías de vigilancia.**

Con el fin de asegurar en el tiempo que las actividades especificadas en el Sistema de Control se cumplen, CESMEC realizará auditorías de vigilancia tanto al producto final como a su sistema de control de calidad.

Un esquema del procedimiento por CESMEC se muestra en la figura 4.1.

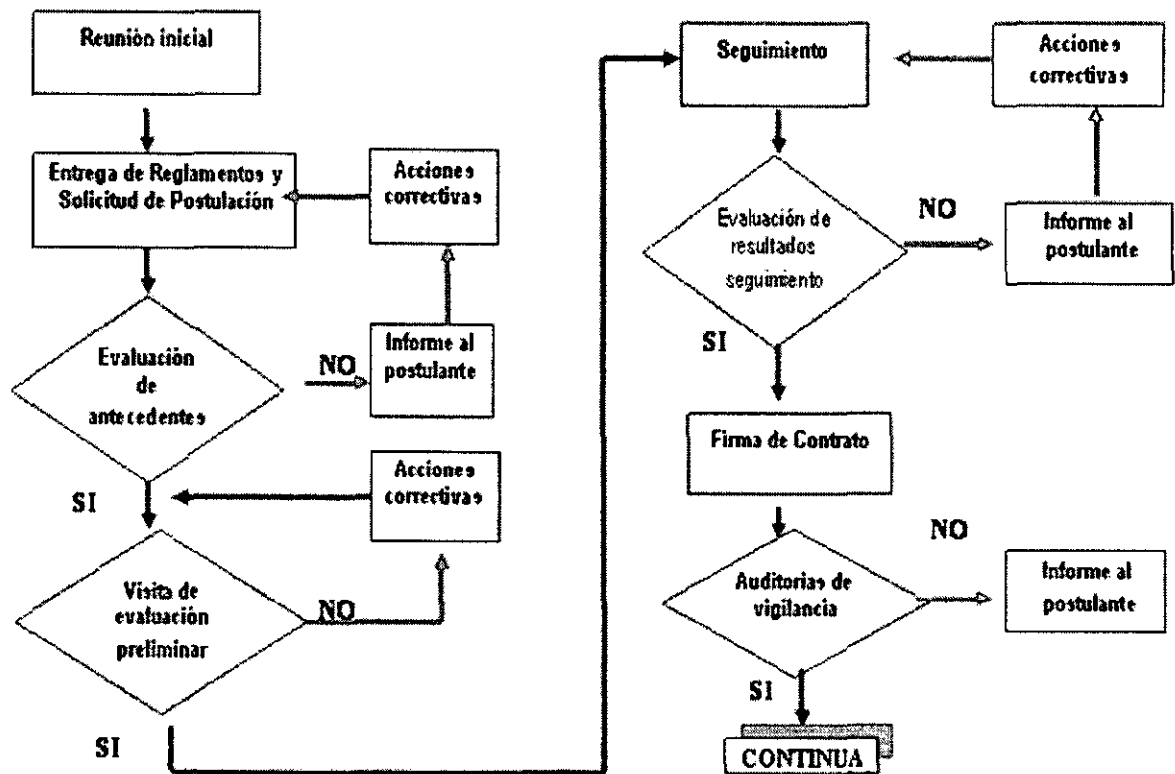


Figura 4.: Diagrama de bloques descriptivo del proceso de certificación.

5. SÍNTESIS Y CORRECCIONES

5.1 Manual de operación y mantención de banco de pruebas de filtros respiratorios

Los puntos a descritos continuación, son fundamentales y deben ser verificados para un correcto funcionamiento del banco de pruebas, de esta manera será posible detectar fallas y minimizar los riesgos para el personal que estará encargado de la operación del equipo.

- Comprobar que la válvula de aire se encuentre abierta.
- Comprobar que la presión de la línea de aire sea de 6 bar.
- Comprobar que el banco esté conectado a la red eléctrica.
- Comprobar que los gases estén conectados a las válvulas correspondientes.
- Comprobar que las válvulas de dosificación de gas estén abiertas.
- Comprobar que la presión de descarga se encuentre situada en 1,5 bar para todos los gases.
- Comprobar que el cable de comunicación PC/PPI esté conectado al PC y al Equipo.
- Comprobar que el generador de partículas se encuentre cargado.
- Encender el banco de pruebas desde el interruptor situado en el tablero.
- Encender el computador e iniciar el programa de monitoreo.
- Cargar el recipiente de CCL_4 con el líquido cuando corresponda.
- Colocar el filtro cuando el software lo requiera.
- Fijar el caudal de aire seleccionado.
- Iniciar la prueba.
- Verificar que la bomba dosificadora de gas esté operando cuando corresponda.
- Verificar que la bomba dosificadora de CCL_4 esté funcionando cuando corresponda.
- Al terminar la prueba, esperar que el porta filtro se abra para retirar el filtro testeado.
- Reemplazar después de 100 horas de uso los sellos de seguridad que impiden la fuga de gases.
- Reemplazar cada 1.000 horas de ensayo las válvulas y mangueras del circuito neumático y de gases.
- Calibrar cada 06 meses, independiente de las horas de ensayo, los sensores para gases.
- Para la mantención y uso adecuado del fotómetro y del generador de partículas, debe seguirse las instrucciones que expresan sus respectivos catálogos.

5.2 Manual de uso de software.

Menú inicio.

Ejecutar inicio programa de control de banco de filtros respiratorios.

Ingresar:

Nombre de Usuario :

Clave :



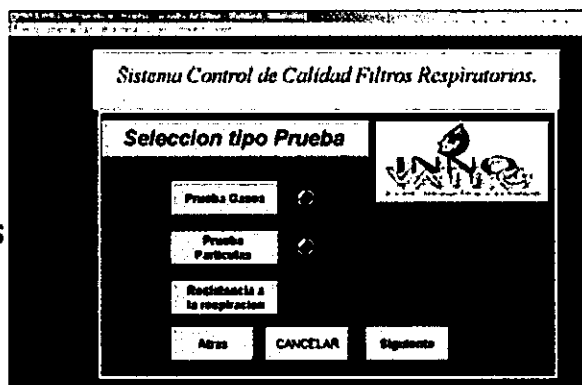
SELECCIONAR TIPO DE PRUEBA.

Para realizar prueba de gases:

Hacer Click sobre **PRUEBA GASES**

Para realizar prueba de partículas:

Hacer Click sobre **PRUEBA PARTICULAS**



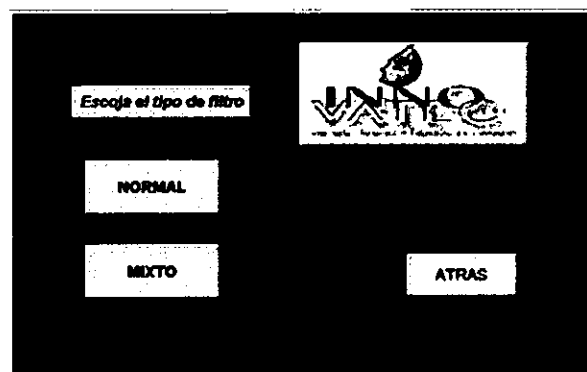
SELECCIONAR TIPO DE FILTRO.

Seleccionar filtros Normal

Hacer Click sobre **NORMAL**

Seleccionar filtros Mixtos

Hacer Click sobre **MIXTO**

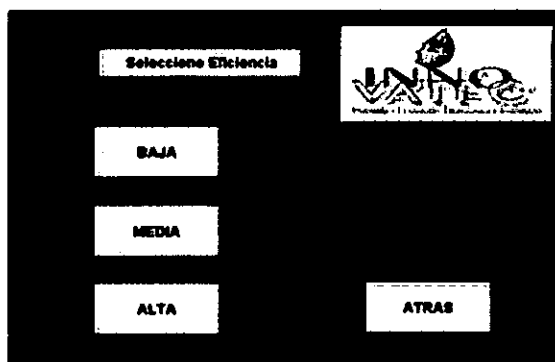


SELECCIONAR EFICIENCIA DEL FILTRO

Seleccionar filtros baja eficiencia
Hacer Click sobre **BAJA**

Seleccionar filtros media eficiencia
Hacer Click sobre **MEDIA**

Seleccionar filtros alta eficiencia
Hacer Click sobre **ALTA**



Para volver menú anterior hacer Click sobre **ATRÁS**

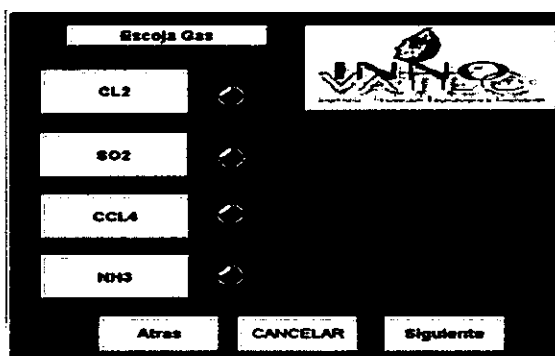
SELECCIÓN TIPO DE GAS PRUEBA.

Seleccionar gas Cl_2
Hacer Click sobre **Cl_2**

Seleccionar gas SO_2
Hacer Click sobre **SO_2**

Seleccionar gas CCL_4
Hacer Click sobre **CCL_4**

Seleccionar gas NH_3
Hacer Click sobre **NH_3**



Para aceptar selección hacer Click sobre
Volver menú inicio hacer click sobre
Para volver menú anterior hacer Clic sobre

SIGUIENTE
CANCELAR
ATRÁS

ACEPTAR O RECHAZAR SELECCIONES.

Para aceptar resumen hacer Click sobre

ACEPTAR

Luego hacer Click sobre

SIGUIENTE

The screenshot shows the VARIO software interface. At the top right is the VARIO logo. Below it, there are four input fields with labels: 'Tipo Prueba:', 'Tipo Filtro:', 'Tipo Eficiencia:', and 'Tipo de Gas:'. Below these fields are two buttons: 'Aceptar' and 'Cancelar'. At the bottom are two more buttons: 'Siguiente' and 'Atras'.

Volver menú inicio hacer Click sobre

Para volver menú anterior hacer Click sobre

CANCELAR

ATRAS

INICIO PRUEBA SELECCIONADA.

Para iniciar prueba hacer Click sobre

ACEPTAR

Para visualizar parámetros de control

Hacer Click sobre

**CONTROL DE
PROCESO**

The screenshot shows the VARIO software interface. At the top is the VARIO logo. Below it, there is a message box with the text: 'Por favor coloque el Filtro en el adaptador, y luego presione Aceptar.' Below the message box are two buttons: 'Aceptar' and 'Control de Proceso'.

5.3 Metodología de control de calidad.

Un punto importante para la certificación por parte de CESMEC, es la elaboración de una metodología de control de calidad. Esta metodología consiste en establecer los procedimientos de testeo, para la aceptación o rechazo de los productos elaborados.

Los procedimientos se basan en normas específicas para procesos de elaboración de elementos de protección personal, siendo los puntos de importancia que se abordan en la metodología de control de calidad los siguientes:

- Identificación y rotulación de elementos a prueba.
- Numero mínimo de elementos a prueba.
- Establecer cantidad máxima de elementos por lote.
- Condiciones de rechazo de muestra.
- Porcentaje de elementos para rechazo de muestra.
- Establecer parámetros para identificar no conformidad de productos inspeccionados.
- Verificar aptitud de uso de producto no conforme.
- Establecer parámetros de reproceso de productos.

A continuación se presenta un esquema de procedimiento de control de calidad.

