

Título del Trabajo: “Propuesta para la mejora del sistema de extracción localizada para el Laboratorio de Alimentos y Medio Ambiente perteneciente a FARES TAIE, Instituto de Análisis”.

Autor: Ing. Brenda Verónica Vignola.

Trabajo Final de la Carrera Especialista en Higiene y Seguridad en el Trabajo.

Departamento de Ingeniería Industrial.

Facultad de Ingeniería.

Universidad Nacional de Mar del Plata.

Lugar y Fecha: Aula Magna – Facultad de Ingeniería – UNMDP. 15 de mayo de 2017.





RINFI es desarrollado por la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Título del Trabajo: “Propuesta para la mejora del sistema de extracción localizada para el Laboratorio de Alimentos y Medio Ambiente perteneciente a FARES TAIE, Instituto de Análisis”.

Autor: Ing. Brenda Verónica Vignola.

Trabajo Final de la Carrera Especialista en Higiene y Seguridad en el Trabajo.

Departamento de Ingeniería Industrial.

Facultad de Ingeniería.

Universidad Nacional de Mar del Plata.

Lugar y Fecha: Aula Magna – Facultad de Ingeniería – UNMDP. 15 de mayo de 2017.



Título del Trabajo: “Propuesta para la mejora del sistema de extracción localizada para el Laboratorio de Alimentos y Medio Ambiente perteneciente a FARES TAIE, Instituto de Análisis”.

Autor: Ing. Brenda Verónica Vignola.

Directora: Dra. Marcela Gerpe.

Profesora de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UNMdP).

Investigadora de CONICET.

Docente de la asignatura “Toxicología” de la Especialización en Higiene y Seguridad en el Trabajo (UNMdP).

Codirector: Ing. Carlos Rodríguez.

Coordinador de Desarrollos y Servicios Analíticos – CENTRO INTI AMBIENTE.

Docente de la FIUBA.

Docente de la asignatura “Ventilación” de la carrera Especialista en Higiene y Seguridad en el Trabajo (UNMdP).

Comité Evaluador:

Dr. Jorge Froilán González.

Ing. Esp. Leonardo Bandera.

## DEDICATORIA

*A mi Papá, quien me enseñó a lo largo de este tiempo, que a pesar de las situaciones difíciles que se nos puedan llegar a presentar, la constancia y dedicación siempre ganan si lo que se desea es querer salir adelante.*

*A mi Mamá, que con su fortaleza y entereza es la que nos guía y ayuda en los momentos más difíciles. Para ella, que siempre está dispuesta a dar su mejor versión de sí misma.*

*A mi novio, este proyecto es tanto de él como mío. Mi compañero en todo momento, en todo lugar. Mi compañero indiscutible en el camino de la vida.*

*Y a mi abuela, por empujarme a lograr mis metas y a superarme día a día con su ejemplo.*

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi Directora, la Dra. Marcela Gerpe por su esfuerzo, tiempo y dedicación. Sus conocimientos, su forma de trabajar, su persistencia, su paciencia y motivación han sido imprescindibles para que el Trabajo Final pudiera llevarse a cabo.

Segundo, y no menos importante, mi más sincero agradecimiento a mi co director, el Ingeniero Carlos Rodríguez, el cual supo guiarme y sugerirme todo tipo de recomendaciones relacionadas a su amplia experiencia como profesional en materia de Seguridad e Higiene. La distancia no significó un problema para poder comunicarnos cuando era necesario.

Ambos, la Dra. Gerpe y el Ing. Rodríguez han sabido ganarse mi respecto y mi profunda admiración. Me siento en deuda con ustedes por el apoyo incondicional que he recibido durante el período de tiempo que ha durado mi Trabajo Final de la Carrera de Especialista en Higiene y Seguridad en el Trabajo. *Gracias a cada uno de ellos*, por aceptar la maravillosa tarea de guiarme y asesorarme en este camino...

También, quiero agradecer a la Institución que me abrió sus puertas y me brindó la posibilidad de trabajar cómoda, a gusto, como en casa. A mi lugar de trabajo desde hace ya seis años. Gracias Laboratorio Fares Taie. Gracias a la Dirección de la empresa y a la Lic. Mónica Espinosa, a la Dra. Sandra Médici, a la Lic. Silvina Garramonne y a la Médica Veterinaria Mariana Recavarren por su apoyo incondicional, por responder todas mis inquietudes y encontrarse siempre a disposición mía. Es un orgullo para mí, poder haber realizado mi Trabajo Final de la Especialidad en el mismo lugar que me vio nacer como Ingeniera Química.

Asimismo, quiero dar mi absoluto agradecimiento a la persona a la que no sólo "molesté" al momento de decidir qué tema era más conveniente para el Trabajo Final, sino que a lo largo de toda la carrera, a lo largo de estos dos hermosos años, fue total y absolutamente profesional, respondiendo a cada uno de mis mails y resolviendo todas inquietudes. Mis más sinceras gracias, al Coordinador de la Carrera, al Ing. Esp. Leonardo Bandera. Gracias a él, que se acercó al Laboratorio ubicado en zona puerto, y me brindó el termoanemómetro del Laboratorio de Seguridad e Higiene de la Facultad de Ingeniería para que se puedan llevar a cabo las mediciones que definen el diagnóstico de la situación inicial de este Trabajo. *Infinitas Gracias*.

Y como no podía ser de otra manera agradecer a mi novio, a mi mamá, a mi papá, a mi abuela y a mi hermana ... a mi *familia*, por enseñarme a luchar por lo que uno quiere y a no dejar los sueños a un lado. Si hay algo que todos aprendimos en este tiempo, es a creer los unos en los otros y a mantenernos unidos para afrontar mejor todo lo que nos toca en esta ruleta que es *la vida*. GRACIAS POR ESTAR SIEMPRE A MI LADO EN CADA META QUE ME PROPONGO CUMPLIR.

## ÍNDICE

TABLA DE SIGLAS.....	xi
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	xii
RESUMEN Y PALABRAS CLAVE.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
EL LABORATORIO.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	4
OBJETIVO.....	5
OBJETIVO GENERAL.....	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
MARCO TEÓRICO.....	7
LEGISLACIÓN VIGENTE DE LAS CONCENTRACIONES MÁXIMAS PERMITIDAS...	7
PRECURSORES QUIMICOS.....	7
PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE UN SVLE.....	8
Ecuaciones utilizadas para los cálculos de diseño.....	8
MÉTODO DE EQUILIBRIO POR DISEÑO PARA EL CÁLCULO DE UN SVLE.....	9
Pasos de diseño de un SVLE.....	11
Método del coeficiente <<n>>.....	13
Por longitud equivalente.....	13
DESARROLLO.....	16
RELEVAMIENTO DE LOS ÁCIDOS Y SOLVENTES EMPLEADOS.....	16
DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN.....	17
EFICACIA DE EXTRACCIÓN DE LAS CABINAS.....	19
DISEÑO Y CÁLCULO DEL CAUDAL DE ASPIRACIÓN DE LAS CABINAS.....	20
PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN SIMPLE (CABINA N°1)	23



Caracterización del sistema.....	24
Determinación de las pérdidas de carga para el SVLE para ácidos.....	25
Determinación de la potencia que se debe entregar al aire para que pueda vencer la resistencias del sistema ( $Pot_a$ ) .....	27
Selección del ventilador y cálculo de su potencia ( $Pot_v$ ).....	27
Selección del equipo de tratamiento para ácidos .....	28
<b>PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN EN SERIE (CABINAS N° 2 Y 3).....</b>	
Caracterización del sistema.....	29
Determinación de las pérdidas de carga de los tramos del SVLE para solventes orgánicos.....	31
Tramo 2-A.....	31
Tramo 3-A.....	32
Análisis de equilibrio dinámico en el Nudo A.....	33
Tramo A-B.....	34
Tramo C-D y Tramo E-F.....	34
Determinación de $h_{Ds}$ , $h_{Ee}$ , $h_{Es}$ .....	34
Cálculo de la potencia que debe entregar el aire ( $Pot_a$ ) .....	34
Selección del ventilador y cálculo de la potencia del mismo ( $Pot_v$ ).....	35
Selección del equipo de tratamiento para solventes orgánicos .....	35
<b>VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE TRATAMIENTO....</b>	<b>36</b>

PAUTAS DE BUEN USO PARA EL FUNCIONAMIENTO CORRECTO DE LAS CABINAS.....	37
EPP ASOCIADOS AL USO DE ÁCIDOS Y SOLVENTES.....	38
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS CABINAS.....	40
GESTIÓN DE COMPRAS Y MANEJO DE REACTIVOS USADOS EN LAS DIVISIONES DE ALIMENTOS Y MEDIO AMBIENTE DE FARES TAIE.....	41
Compras de precursores químicos.....	41
Rotulado.....	42
Almacenamiento.....	42
Manejo interno.....	43
Disposición final de residuos.....	43
ACTUACIÓN EN CASO DE DERRAMES DE ÁCIDOS Y SOLVENTES.....	44
Solventes inflamables.....	45
Ácidos.....	45
FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	46
CONCLUSIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	53
ANEXO.....	55
Tabla I: Velocidades de captación en el frente de la cabina.....	55
Tabla II: Velocidades recomendadas para el diseño de conductos.....	55
Figura I: Factor de corrección por rugosidad del conducto.....	56
Figura II: Longitudes equivalentes (m) de accesorios.....	56
Figura III: Medición de la velocidad de captación en el frente de la cabina mediante el termoanemómetro PROVA AVM 07.....	57
Figura IV: Coeficientes de pérdidas en entradas al sistema.....	57
Figura V: Registro de mantenimiento preventivo de las cabinas.....	58
Figura VI: Manual del Anemómetro PROVA AVM 07 .....	59

## ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1: Listado de ácidos y solventes empleados en el Laboratorio Fares Taie.....	5
Tabla 2: Consumo mensual de los ácidos y solventes empleados en el Laboratorio.....	16
Tabla 3: Datos del sistema de extracción de ácidos propuesto.....	25
Tabla 4: Datos del sistema de extracción de solventes orgánicos propuesto.....	30
Tabla 5: Listado de precursores químicos existentes en el Laboratorio.....	42
Tabla 6: Costos asociados a las mejoras del SVLE del Laboratorio Fares Taie. *a la espera de presupuesto.....	47
Tabla 7: Comparación de costos de una cabina nueva vs. Costos asociados a las mejoras propuestas del SVLE del Laboratorio Fares Taie.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Principales servicios que brinda la División Análisis de Alimentos.....	2
Figura 2: Principales servicios que brinda la División Análisis de Medio Ambiente.....	3
Figura 3: Fotos de las cabinas 1, 2 y 3.....	18
Figura 4: Vistas frontal (1), lateral (2) y planta (3) del SVLE del Laboratorio Fares Taie.....	18
Figura 5: Imagen del ventilador centrífugo actual y datos técnicos correspondientes a su motor..	19
Figura 6: Esquema de corte A-A de la cabina.....	21
Figura 7: Esquema de la cabina con ranuras y pleno.....	21
Figura 8: Vistas frontal (1) y lateral (2) del SVLE de ácidos propuesto, con los tramos.....	25
Figura 9: Vista frontal del sistema de extracción propuesto, indicando los tramos.....	30
Figura 10: Diagrama de flujo de las mejoras en pasos.....	48

## TABLA DE SIGLAS

ACGIH: de su denominación en Inglés Association Advacing Occupational and Environmental Health.

CAS: de su denominación en Inglés Chemical Abstracts Service.

CHG: chapa de hierro galvanizado.

CMP: Concentración Máxima Permisible ponderada en el tiempo.

CMP – CPT: Concentración Máxima Permisible para Cortos Períodos de Tiempo.

EPP: elementos de protección personal.

IRAM: Instituto de Racionalización Argentino de Materiales.

ISO: de su denominación en Inglés International Organization for Standardization.

m: metros.

mm: milímetros

mmcda: milímetros de columna de agua.

rpm: revoluciones por minuto.

SE.NA.S.A.: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria.

SVLE: sistema de ventilación localizada por extracción.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

- Cabina: dispositivo de protección ventilado mediante un flujo inducido de aire a través de una apertura ajustable. Posee un recinto diseñado con el fin de limitar la propagación de los contaminantes presentes en el aire a los operarios u otro personal situado fuera del dispositivo. Además, proporciona protección mecánica y permite de forma controlada evacuar los contaminantes presentes en el aire.
- CMP-CPT: exposición media ponderada en un tiempo de 15 minutos, que no se debe pasar en ningún momento de la jornada laboral, aun cuando la media ponderada en el tiempo que corresponda a las ocho horas sea inferior a este valor límite.
- CMP: concentración media ponderada en el tiempo para una jornada normal de trabajo de 8 horas/día y una semana laboral de 40 horas, a la que se cree pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin efectos adversos.
- Conducto: lugar por el que circula el aire extraído cargado de contaminante hasta el ventilador.
- Guillotina: pantalla de protección ajustable situada entre el operario y la zona de trabajo.
- Pérdida de carga (h): es la pérdida de presión que se origina al circular el aire por una canalización, a la entrada o por obstáculos en la misma, debido al rozamiento, al cambio de dirección o choques. Se mide en milímetros de columna de agua (mmcda) o bien en Pascales,  $1 \text{ mmcda} = 9,81 \text{ Pascal}$ .
- Presión dinámica ( $h_d$ ): presión del aire debida sólo a su movimiento. Sólo puede ser positiva.
- Presión estática ( $h_e$ ): presión del aire debida sólo a su grado de compresión. Puede ser positiva o negativa.
- Presión total ( $h_t$ ): presión del aire debida a su compresión y movimiento. Es la suma algebraica de las presiones dinámica y estática en un punto determinado.
- Toxicidad: capacidad de alguna sustancia química de producir efectos perjudiciales sobre un ser vivo, al entrar en contacto con él. Tóxico es cualquier sustancia, artificial o natural, que posea toxicidad (es decir, cualquier sustancia que produzca un efecto dañino sobre los seres vivos al entrar en contacto con ellos). Está determinada por la concentración (CL) o dosis letal (DL) 50, es decir aquella concentración o dosis a la cual muere la mitad de la población expuesta.

- Velocidad de captación en el frente de la cabina ( $V_f$ ): es la velocidad del aire en la boca de una cabina necesaria para vencer las corrientes contrarias y recoger (arrastrar) aire, gases, polvo o humo, obligándoles a entrar en las mismas.
- Velocidad de transporte dentro del conducto ( $V_t$ ): es la velocidad del aire dentro del conducto necesaria para evitar que las partículas sólidas en suspensión sedimenten y queden depositadas en el mismo.
- Ventilador: mecanismo que proporciona la energía necesaria para que el aire circule a través de la vitrina, el conducto y el filtro (en el caso de que lo posea) a un establecido y venciendo la pérdida de carga del sistema.

## RESUMEN

La calidad del aire en un laboratorio químico es fundamental para garantizar las condiciones de trabajo seguras para el personal. En las Divisiones de Medio Ambiente y de Alimentos, del Laboratorio Fares Taie, Instituto de Análisis, se aplican protocolos analíticos donde se emplean ácidos concentrados y solventes orgánicos. Estas sustancias liberan gases tóxicos que son perjudiciales para la salud. Actualmente, el Laboratorio cuenta con un SVLE (3 cabinas, un extractor y sistema de conductos), por lo que es imperioso realizar las mejoras pertinentes para un funcionamiento óptimo. El objetivo es “realizar una propuesta para la mejora del sistema de extracción localizada para el Laboratorio de Alimentos y Medio Ambiente perteneciente a FARES TAIE, Instituto de Análisis”. Se realiza un relevamiento de los reactivos empleados, indicando que los mismos son perjudiciales para la salud. Se propone disponer la cabina N°1 para uso exclusivo con ácidos y las cabinas N°2 y 3 (en serie) destinadas al uso con solventes orgánicos. Asimismo, se incorpora ranuras para una distribución adecuada de aire en el frente de las cabinas. Se propone el rediseño de los conductos correspondientes en dimensiones y material constructivo. Se incorpora un equipo de tratamiento: lavador de gases, equipo de adsorción con carbón activado. Para garantizar la depresión necesaria del sistema de extracción, se propone la instalación de dos ventiladores centrífugos, polipropileno/1,2HP y galvanizado/2,88HP, para las cabinas destinadas al uso con ácidos y solventes orgánicos, respectivamente. Se confeccionan los manuales de buen uso de las cabinas y de mantenimiento preventivo. Se establecen los procedimientos de gestión de compras y manejo de reactivos usados, y actuación en caso de derrames. Finalmente, se listan los elementos de protección personal a utilizar de manera conjunta con el sistema de extracción localizada. Se evalúan los costos del Trabajo Final en distintas etapas de realización, y se sugieren posibles fuentes de financiamiento.

Palabras clave: CMP, SVLE, cabina, sistema de conductos, pérdida de carga.



## ABSTRACT

The air quality in a laboratory is essential to guarantee the safe conditions for the staff. In the Environmental and Food Divisions of the Fares Taie Laboratory, Institute of Analysis, diverse analytical protocols are applied using concentrated acids and organic solvents. These substances release toxic gases that affect to human health. Currently, the Laboratory has an SVLE (3 cabins, an extractor and duct system); therefore it is required to make the relevant improvements for optimal performance. The objective is "to propose an improvement of the localized extraction system of the FARES TAIE, Institute of Analysis, Food and Environmental Laboratory". A survey of the reagents used is carried out, indicating that they are harmful to health. It is proposed to provide fume hood No. 1 to use only acids, and fume hoods No. 2 and 3 (in tandem) with organic solvents exclusively. Also, slots are incorporated for an adequate air distribution in the front of the fume hood. It is proposed the redesign of the dimensions and building material of the ducts. A treatment equipment of the effluent is included, considering a gases scrubber and an adsorption equipment with activated carbón. In order to assure the required depletion of the extraction system, it is proposed to install two centrifugal fans, polypropylene/1,2HP and galvanized/2,88HP, in the fume hoods used with organic acids and solvents, respectively. The manuals of good use of the fume hoods and preventive maintenance are made. It establishes the procedures of management of purchases and management of used reagents, and spills action. Finally, the personal protective equipment, to be used in conjunction with the localized extraction system, is listed. The budget of the Final Proposal is evaluated in different stages of accomplishment, and possible sources of funding are suggested.

## INTRODUCCIÓN

### DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los riesgos asociados con el uso de sustancias peligrosas en laboratorios, pueden ser controlados si las operaciones se efectúan en espacios bien diseñados y adaptados al tipo de trabajo a desarrollar.

El sistema de ventilación es una de las instalaciones más importantes y costosas de un laboratorio. El método de ventilación escogido está en función de la toxicidad de los reactivos empleados, así como de la naturaleza del trabajo desarrollado.

La forma más eficiente de eliminar un contaminante del ambiente, antes que se disperse por la atmósfera del recinto y sea respirado por los operarios, es captarlo en la proximidad inmediata del foco contaminante que lo libera, recurriendo a la extracción localizada.

Las aspiraciones localizadas pretenden mantener las sustancias molestas o nocivas en el nivel más bajo posible, evacuando directamente los contaminantes antes que éstos sean diluidos.

Para que una instalación de extracción localizada sea eficaz es necesario que sea capaz de reducir la concentración ambiental del contaminante hasta niveles considerados seguros. Por otra parte, la instalación debe ser eficiente, es decir, debe conseguir ser eficaz empleando caudales de aire razonables, pues los caudales excesivos generan costos innecesarios debidos al sobredimensionamiento del sistema y al costo elevado debido al funcionamiento.

Un sistema de extracción localizada básico se compone de cuatro partes:

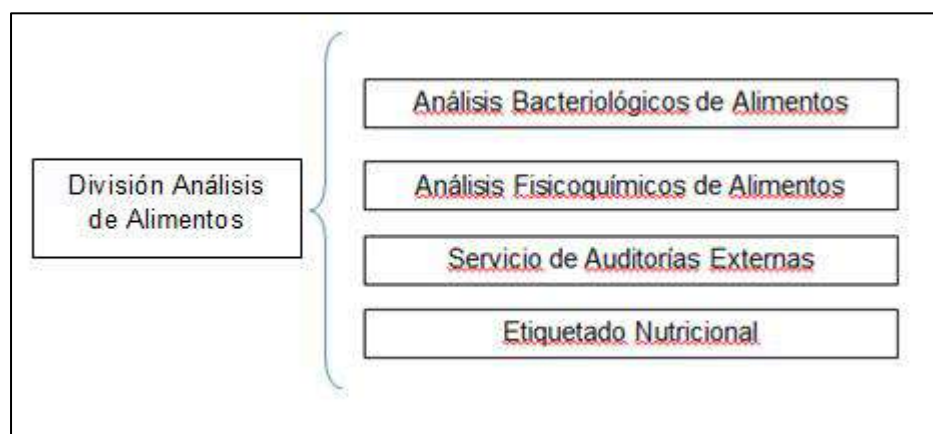
1. un elemento de captación (habitualmente llamado campana, que situado en las cercanías del foco contaminante, es el responsable de atrapar el contaminante);
2. un ventilador, que es el responsable de poner el aire en movimiento y vencer las pérdidas de carga del sistema;
3. un conducto que une el ventilador y la campana;
4. la descarga del sistema.

Cuando la caracterización de la descarga se encuentre por encima de los límites admisibles o impacte en la cercanía generando concentraciones de inmisión que superen las normas de calidad de aire, es necesario incorporar un equipo de tratamiento de efluentes gaseosos.

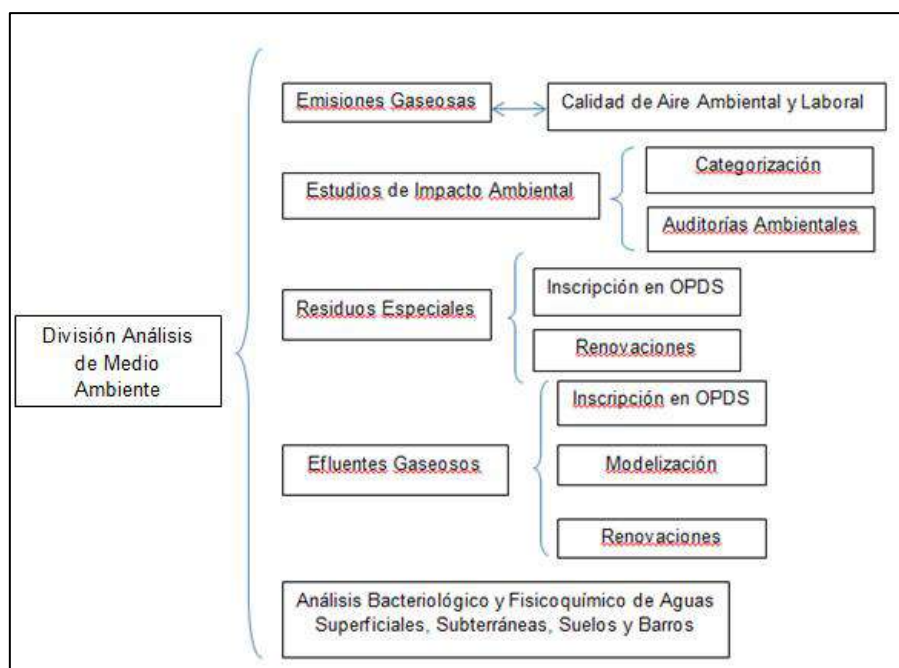
## EL LABORATORIO

Fares Taie, Instituto de Análisis, cuenta con una División Análisis de Medio Ambiente y una División de Análisis de Alimentos, emplazadas en un primer piso de un edificio de 6 pisos y terraza, ubicado en la zona portuaria de la ciudad de Mar del Plata. Radicado en ese sitio desde el año 2011, brinda servicios de análisis y asesoramiento a la industria y el comercio a través de un grupo de profesionales especializados, capacitados para la interpretación de resultados obtenidos de ensayos Físicoquímicos y Bacteriológicos Ambientales y de Alimentos. Allí trabajan 17 personas entre directivos, personal técnico, administrativo y maestranza.

En las Figuras 1 y 2, se presentan los principales servicios que brinda la División Análisis de Alimentos y la División Análisis de Medio Ambiente, respectivamente, del Laboratorio Fares Taie.



*Figura 1: Principales servicios que brinda la División Análisis de Alimentos.  
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 2: Principales servicios que brinda la División Análisis de Medio Ambiente.  
Fuente: Elaboración propia.*

Con el fin de trabajar bajo un proceso de mejora continua en cuanto a la calidad de sus ensayos, el Laboratorio en forma permanente acredita sus técnicas frente a instituciones internacionales, nacionales y provinciales a los fines de asegurar la calidad del resultado en cuanto a su exactitud, precisión y confiabilidad.

Con el objetivo de ofrecer seguridad y máxima confianza en el servicio, el Laboratorio presenta certificaciones diversas, entre las que se destacan: la acreditación de las Normas Internacionales IRAM - ISO 9001:2016 de “Gestión de la Calidad” y las Normas Internacionales IRAM - ISO 14001:2016 de “Gestión Ambiental”. El alcance de ambos sistemas de gestión, involucra los procesos pre analíticos, analíticos y post analíticos de los análisis efectuados en el División de Alimentos y Medio Ambiente.

A su vez, integra la Red Nacional de Laboratorios de SE.NA.S.A. con habilitación N° L 0035, Año 2001, y conforma la red provincial de laboratorios del Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) con habilitación N° 007, Año 2001.

En el laboratorio se realizan análisis diversos – determinaciones de materia grasa, metales pesados, sustancias fenólicas, detergentes, materia orgánica, hidrocarburos, compuestos orgánicos volátiles, amoníaco, pesticidas, contenido de fósforo, nitrógeno total son sólo algunos de la extensa lista de análisis que se efectúan - para satisfacer las

demandas del trabajo habitual, y en un alto porcentaje de los protocolos se emplean ácidos concentrados y solventes orgánicos. Tanto los ácidos como los solventes orgánicos empleados en el Laboratorio Fares Taie liberan normalmente gases tóxicos, los cuales deben ser controlados mediante sistemas de extracción para que no superen los límites permitidos a partir de los cuales pueden ser evidentes efectos nocivos para la salud humana (ATSDR, OSHA). Pérdida del olfato, enfermedades pulmonares, dolores de cabeza, son sólo algunas de las consecuencias de una exposición prolongada a estas sustancias, ya sea de manera individual o como consecuencia del accionar en conjunto (Klaassen, 2001).

## JUSTIFICACIÓN

La calidad del aire en un laboratorio es fundamental para garantizar las condiciones seguras de trabajo para el personal relacionado. Todas las operaciones en las que se manipulen productos o sustancias que puedan liberar contaminantes peligrosos deben llevarse a cabo en cabinas de laboratorio que, a su vez, deben ser adecuadas a los productos que se manipulen (ácidos, solventes, etc.) y a las operaciones a realizar (extracciones, digestiones, destilaciones, etc.).

Los principales riesgos asociados a la escasez de ventilación del laboratorio implican:

- olores desagradables;
- elevadas concentraciones ambientales generadas por derrames, vertidos y fugas de gases;
- productos o sustancias que puedan liberar a la atmósfera contaminantes peligrosos cuando se manipulan y se realizan operaciones con ellos.

Además de proteger al operador de inhalaciones, salpicaduras y proyecciones de contaminantes, el disponer de una cabina puede, en determinados casos, ser útil en el control ambiental del laboratorio, ya que permite disponer de un área delimitada sin fuentes de ignición y, con diseño adecuado, protegido de incendios y pequeñas explosiones.

Son variados los productos químicos que se emplean en el Laboratorio Fares Taie. En la Tabla 1 se detallan las sustancias que se manipulan habitualmente junto con sus números CAS, las CMP y las Notaciones y Efectos críticos correspondientes:

SUSTANCIA	N° CAS	CMP / CMP-CPT	NOTACIONES	EFECTOS CRÍTICOS
ACETONITRILLO	75-05-8	40 ppm - 60 ppm	A4	Pulmón, anoxia, neuotóxico
ÁCIDO CLORHÍDRICO	7647-01-0	C5 ppm		Irritación, corrosión
ÁCIDO NÍTRICO	7697-37-2	2 ppm - 4 ppm		Irritación, corrosión, edema pulmón
ÁCIDO SULFÚRICO	7664-93-9	1 mg/m <sup>3</sup> - 3 mg/m <sup>3</sup>	A2 (M)	Irritación, cáncer (larínge)
AMONIO	7664-41-7	25 ppm - 35 ppm		Irritación
ÉTER DE PETRÓLEO	8032-32-4	300 ppm	A3	Irritación, SNC
ÉTER ETÍLICO	60-29-7	400 ppm		Irritación, narcosis.
HEXANO	110-54-3	50 ppm	BEI, v.d.	Neuropatía, SNC, irritación
TOLUENO	108-88-3	50 ppm (CMP)	A4, BEI, v.d.	SNC
XILENO	1330-20-7	100 ppm - 150 ppm	A4, BEI	Irritación
ALCOHOL ETÍLICO	64-17-5	1000 ppm (CMP)	A4	Irritación
CLOROFORMO	67-66-3	10 ppm (CMP)	A3	Hígado, reproducción
ACETONA	67-64-1	500 ppm - 750 ppm	A4, BEI	Irritación
ÁCIDO ACÉTICO	64-19-7	10 ppm - 15 ppm		Irritación
ANHÍDRIDO ACÉTICO	108-24-7	5 ppm (CMP)		Irritación
DICLOROMETANO	75-09-2	50 ppm (CMP)	A3, BEI	SNC, anoxia
DISULFURO DE CARBONO	75-15-0	10 ppm (CMP)	BEI, v.d.	SCV, SNC
METANOL	67-56-1	200 ppm - 250 ppm	BEI, v.d.	Neuropatía, visión, SNC
ALCOHOL ISOBUTÍLICO	78-83-1	50 ppm		Irritación, ocular

*Tabla 1: Listado de ácidos y solventes empleados en el Laboratorio Fares Taie.  
Fuente: Ley Nacional 19.587 / 1.972 - Decreto Reglamentario 351/79 actualizado por  
Resolución 295/2003.*

Se distinguen dos grandes grupos de sustancias peligrosas empleadas en el Laboratorio, a saber: los ácidos y los solventes orgánicos. Cuando el trabajador se expone a este tipo de sustancias y no existen o son deficientes las condiciones de seguridad acordes a la tarea a realizar, se pueden presentar distintos tipos de efectos críticos que atentan contra la salud y la integridad física del mismo.

Además, es importante considerar los efectos sinérgicos y antagónicos que se pueden presentar con la manipulación diaria de estas sustancias, y tomar todos los recaudos necesarios al momento de efectuar los análisis, utilizando los elementos de protección personal y colectivos pertinentes.

Es de vital importancia que el sistema de extracción localizado existente esté en condiciones de modo de garantizar la salud del operador y poder trabajar en forma segura, manteniendo las concentraciones de los contaminantes presentes en el ambiente en los valores por debajo de las concentraciones admisibles.

## OBJETIVO

**OBJETIVO GENERAL.** Realizar una propuesta para la mejora del sistema de extracción localizada para el División de Alimentos y Medio Ambiente perteneciente al Laboratorio FARES TAIE, Instituto de Análisis.

## INTRODUCCION

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Realizar un relevamiento de los solventes orgánicos y ácidos que se utilizan en el Laboratorio para, de este modo, conocer el riesgo químico de los reactivos con los cuales se trabaja actualmente en la institución.
- II. Realizar mediciones de las velocidades de captación de cada cabina existente en el Laboratorio.
- III. Relevar las dimensiones y formas de cada cabina.
- IV. Calcular el caudal requerido del sistema de extracción, así como obtener la potencia del ventilador centrífugo que garantice la depresión y caudal necesario que resulte de los cálculos de cada cabina.
- V. Incorporar un equipo de tratamiento a la salida del ventilador para controlar la emisión de contaminantes y consecuente dispersión atmosférica de los gases tóxicos producidos en los trabajos de rutina del laboratorio.
- VI. Determinar si el tipo y dimensiones de cabinas, conductos, extractor y descarga – en tipo y número -, son acordes a los cálculos de diseño del sistema de extracción llevado a cabo en IV.
- VII. Realizar un manual de buen uso o manejo de las cabinas del Laboratorio.
- VIII. Identificar los EPP asociados al uso de las cabinas del Laboratorio.
- IX. Confeccionar un manual de mantenimiento preventivo del sistema de extracción localizada.
- X. Efectuar un análisis en cuanto a la gestión integral de los reactivos empleados en las cabinas de extracción – la cual involucra la compra, rotulado, contenedores, almacenamiento, manejo interno y disposición final de los residuos generados.
- XI. Realizar un instructivo de actuación en caso de derrames de ácidos y solventes orgánicos.
- XII. Relevar los costos que surjan de las mejoras propuestas en el sistema de extracción.
- XIII. Realizar un listado de subsidios en materia de Seguridad e Higiene para que la institución pueda, en un futuro, financiar los avances tendientes a mejorar las condiciones de trabajo de las Divisiones Análisis de Alimentos y Análisis de Medio Ambiente, del Laboratorio Fares Taie.

## MARCO TEÓRICO

### LEGISLACIÓN VIGENTE DE LAS CONCENTRACIONES MÁXIMAS PERMITIDAS

La Ley Nacional 19.587/1972 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, a través de su Anexo III correspondiente al artículo N° 61 de la Reglamentación aprobada por Decreto 351/1979 actualizada por Resolución 295/2003, establece las CMP para las sustancias químicas en el territorio de nuestro país.

Estas concentraciones no deben sobrepasarse en ningún momento de la jornada laboral, independientemente de la sustancia a manipular.

Para evitar superarlas, es necesario tener un sistema de protección colectivo - como el sistema de extracción localizada -, que funcione de manera efectiva para garantizar que las concentraciones de los contaminantes presentes en el ambiente se encuentren bajo los valores aceptables y, de esta manera, el trabajo diario se efectúe de forma segura.

El proyecto busca determinar la eficacia de las cabinas a través de la medición de la velocidad de frente de cabina, y de ser necesario, re-dimensionar el sistema de extracción para que resulte adecuado a los requerimientos de las buenas prácticas de diseño.

### PRECURSORES QUÍMICOS

Los precursores químicos, también denominadas como sustancias químicas controladas, son aquellas sustancias que están presentes en productos de uso cotidiano, que se emplean con fines lícitos industriales, farmacéuticos y/ científicos. Son sustancias o productos químicos autorizados y que por sus características o componentes puedan servir de base o ser utilizados en la elaboración de estupefacientes.

El Registro Nacional de Precursores Químicos (<http://www.renpre.gov.ar/>) ha desarrollado un Manual Básico (<http://www.renpre.gov.ar/pdfs/tutoriales/manualBasicoPeQuim.pdf>) donde se presentan los precursores químicos registrados en Argentina (61 compuestos) y las tres listas que los agrupan de acuerdo al control que debe tener cada uno de ellos (Decreto 1095/96 - <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/35000-39999/39624/texact.htm>-, modificado por el Decreto N° 1161/00 - <http://www.mecon.gov.ar/digesto/decretos/2000/decreto1116/decreto1116.htm>- y recientemente por el Decreto N° 974/16 -



<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/260000-264999/264956/norma.htm>-).

Las Listas I y II corresponden a sustancias de control obligatorio, siendo los precursores de la primera lista de control más riguroso que aquellos incluidos en la Lista II. Las sustancias químicas incluidas en la Lista III son de control voluntario.

Las compras de precursores químicos deben ser realizadas solamente por aquellas entidades, públicas y/o privadas, que están registradas en el RENPRE, las cuales deben presentar un responsable de Seguridad e Higiene quien se encarga de todo el proceso (desde su compra hasta la disposición final) de estas sustancias. Todos los operadores inscriptos deben presentar Informes Trimestrales de stock de precursores químicos, los cuales se realizan de acuerdo a planillas formalmente estructuradas. En muchas técnicas analíticas no se consume totalmente los precursores químicos que se emplean, sino que resultan residuos peligrosos que deben ser descartados. Para tal fin, las entidades responsables de los mismos deben realizar su descarte en envases plásticos, llenados hasta el 75%, y debidamente identificados, siendo acumulados en espacios acondicionados para tal fin (cuartos o gabinetes con la ventilación apropiada) hasta su recolección. Para su identificación se aplica el Sistema de Identificación de Residuos Peligrosos mediante las letras Y, que caracterizan e identifican cada residuo. Finalmente, estos residuos peligrosos deberán ser retirados por las empresas registradas para tal fin (RENFRE), las cuales se encargan de la recolección, transporte y destino final de las mismas. La ley 24051/91 (<http://www2.medioambiente.gov.ar/sian/pan/Leyes-decretos/Ley24051.htm>) establece las normas correspondientes que rigen la Generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición de residuos peligrosos.

## PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE UN SVLE

Los procedimientos de diseño que se consideran a continuación son fundamentales para determinar las dimensiones de los conductos y las pérdidas de carga de un SVLE. Con los resultados obtenidos mediante estos procedimientos y el caudal de aire que mueve el sistema, se definen las características del ventilador, tales como el tamaño, tipo, revoluciones del rotor y la potencia requerida.

Ecuaciones utilizadas para los cálculos de diseño

La *Ecuación de Bernoulli* se utiliza para calcular las pérdidas de presión que se producen en los conductos de los sistemas de ventilación localizada. Indica que entre dos

puntos, (1) y (2), de un conducto ideal sin pérdidas dentro del cual circula aire, considerado como un fluido incompresible, se cumple la siguiente ecuación:

$$h_{E1} + h_{D1} = h_{E2} + h_{D2} + \Delta h_{p1-2} \quad (\text{mmcda}) \quad (1)$$

donde:

$h_{D1}$ ,  $h_{D2}$ : es la *presión dinámica*, en los puntos (1) y (2), referida a la presión atmosférica y expresada en milímetros metros de columna de agua (mmcda).

$h_{E1}$ ,  $h_{E2}$ : es la *presión estática*, en los puntos (1) y (2), referida a la presión atmosférica (mmcda).

$\Delta h_{p1-2}$ : representa las pérdidas de presión entre los puntos (1) y (2), referidas a la presión atmosférica y expresada en milímetros de columna de agua (mmcda).

La ecuación de *presión dinámica* se encuentra asociada a la velocidad de aire por la siguiente expresión:

$$h_D = v^2 / 16,35 \quad (\text{mmcda}) \quad (2)$$

donde v: velocidad del aire dentro del conducto (m/s).

## MÉTODO DE EQUILIBRIO POR DISEÑO PARA EL CÁLCULO DE UN SVLE

El método propuesto consiste en lograr la distribución de los caudales por los distintos tramos, los cuales deben ser iguales o mayores que los caudales de diseño. El cálculo comienza en las cabinas más distantes del ventilador, y a partir del caudal de diseño para cada una de ellas, se elige la velocidad de transporte mínima adecuada al contaminante generado y se calcula el área y las dimensiones de cada conducto que concurren a un mismo nudo (empalme entre los conductos de dos cabinas).

A partir de las longitudes de los tramos rectos y de los accesorios de esos conductos, se calculan las pérdidas de carga de los mismos y se las comparan. Si no son iguales, es decir, que no se logra el equilibrio de presión estática en el nudo considerado, se modifican las variables de cálculo hasta lograr dicho equilibrio.

La pérdida de presión estática total de menor valor, correspondiente al otro tramo, se denomina *pérdida de presión estática total variable* ( $\sum h_V$ ) y deberá ser aumentada hasta lograr igualarse con la pérdida de presión estática total fija ( $\sum h_F$ ).

Habiéndose elegido la pérdida de presión estática total fija ( $\sum \Delta h_F$ ) y la pérdida de presión estática total variable ( $\sum \Delta h_V$ ), se comparan las pérdidas de presión por medio de la diferencia entre ambas, tomando su valor absoluto y dividida por el valor de la pérdida de presión estática total fija ( $\sum \Delta h_F$ ), que se considera que no va a variar, y multiplicado toda la expresión por 100, se obtiene:

$$\Delta \sum h (\%) = | \sum h_F - \sum h_V | / \sum h_F \cdot 100 \quad (3)$$

Pueden presentarse los siguientes casos:

- Si se cumple que:  $\Delta \sum h \leq 5 \%$  (4)

Se considera que la pérdida de presión a lo largo de ambos tramos es la misma para los fines del diseño.

- Si se cumple que:  $5 \% < \Delta \sum h \leq 20 \%$  (5)

Se recalcula el tramo que presenta la menor pérdida, aumentando el caudal que circula por él, hasta lograr que  $\Delta \sum h \leq 5 \%$ , cualquiera sea el contaminante transportado.

Este nuevo caudal  $Q'$  se obtiene utilizando la siguiente expresión:

$$Q' = Q \cdot (\sum h' / \sum h)^{0.5} \quad (\text{m}^3 / \text{s}) \quad (6)$$

- Si se cumple que:  $\Delta \sum h > 20 \%$  (7)

Se recalcula el tramo que presenta la menor pérdida de presión, manteniendo constante el caudal que circula por el conducto y disminuyendo el diámetro del mismo.

Este nuevo diámetro  $D'$  se obtiene utilizando la siguiente expresión de iteración:

$$D' = D \cdot (\sum h / \sum h')^{(1/4.5)} \quad (\text{m}) \quad (8)$$

Una vez logrado el equilibrio de la presión estática en el nudo considerado, se sigue avanzando siguiendo el trazado de los conductos, nudo a nudo, hasta terminar en la descarga del sistema.

#### Pasos de diseño de un SVLE

1. Diseño y cálculo del caudal de aspiración de la cabina.
2. Cálculo del diámetro de los conductos.
3. Cálculo de la pérdida de carga del sistema.
4. Cálculo de la potencia del ventilador.

1. El caudal volumétrico de aspiración, se calcula aplicando la *ecuación de continuidad*:

$$Q = v \cdot A \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (9)$$

donde: v: velocidad del aire (m/s).

A: área de la sección de pasaje del aire a la velocidad v (m<sup>2</sup>).

2. Cálculo del diámetro de los conductos.

- Fijación de la velocidad de circulación de aire en el conducto, de acuerdo a la naturaleza del contaminante.

- Cálculo de las dimensiones del conducto:

$$D = (4 / \pi \cdot Q / v)^{1/2} \quad (\text{m}) \quad (10)$$

donde : D: diámetro del conducto (m).

Q: caudal de aspiración (m<sup>3</sup>/s).

v: velocidad de diseño (m/s).

3. Cálculo de la pérdida de carga del sistema

Las pérdidas de presiones estáticas, que se producen al circular el aire a través de una cabina y del conducto conectado a ella hasta el nudo correspondiente, se clasifican en tres tipos:

A) Pérdidas por fricción en tramos rectos de conductos:  $h_1$

$$h_1 = j \cdot L \quad (\text{mmcda}) \quad (11)$$

donde:  $j$ : pérdida de carga por unidad de longitud (mmcda/m).

$L$ : longitud de tramo recto de conducto (m).

La ecuación que recomienda el Manual de Ventilación de la ACGIH para CHG es:

$$j = 5,38 \cdot v^{1,9} / D^{1,22} \quad (\text{mmcda} / \text{m}) \quad (12)$$

donde:  $v$ : velocidad en el conducto (m/s).

$D$ : diámetro del conducto (mm).

Cuando el material utilizado en los conductos es distinto de CHG, se utiliza la siguiente expresión para el cálculo de la pérdida por fricción:

$$h_1 = f_c \cdot j \cdot L \quad (\text{mmcda}) \quad (13)$$

donde:  $f_c$ : factor de corrección por rugosidad.

De la Figura I correspondiente al Anexo se pueden obtener los factores de corrección por rugosidad ( $f_c$ ), en ordenadas, en función de las velocidades en los conductos (en abscisas), y empleando grupos de familias de curvas paramétricas, identificadas por distintas rugosidades absolutas, y, a su vez dentro de cada familia, en función de los diámetros de cada conducto.

B) Pérdidas localizadas por accesorios (o por singularidades):  $h_2$

Las pérdidas localizadas por accesorios se deben a las turbulencias producidas por los cambios de dirección (codos, empalmes) y los cambios de sección (estrechamientos o ensanchamientos de los conductos, transición de conductos circulares a rectangulares y

viceversa, etc.). Para su cálculo se pueden usar dos metodologías, el Método del coeficiente «n» y aquella por longitud equivalente.

#### Método del coeficiente «n»

Se basa en calcular la pérdida de carga, en unidades de presión total ( $h_t$ ), de un elemento de la conducción en función de la presión dinámica ( $h_d$ ) del aire que circula y de los coeficientes «n» de proporcionalidad, determinados experimentalmente según su forma y dimensiones. La fórmula utilizada es:

$$h_t = n \times h_d \quad (\text{mmcda}) \quad (14)$$

De esta forma, se calculan uno a uno los accesorios de la conducción que, sumados a los correspondientes a los tramos rectos, resulta en la pérdida de carga total del sistema de conducción.

#### Por longitud equivalente

El concepto de *longitud equivalente* se refiere a la longitud de conducto recto que produce una pérdida de presión igual a la del accesorio considerado. De la Figura II correspondiente al Anexo, se obtienen los valores de las longitudes equivalentes en función del tipo de accesorio considerado (curvas, empalmes y descargas con sombrerete) y del diámetro del accesorio.

En esta metodología de cálculo, el total de las longitudes equivalentes se suma a la longitud geométrica del tramo recto y se obtiene la nueva longitud, llamada *longitud total* (ver ecuación 15). Luego, se determinan las pérdidas por fricción total ( $h_{1t}$ ) multiplicando las pérdidas por unidad de longitud ( $j$ ), -obtenida de la ecuación 12- por la longitud total ( $L_{\text{total}}$ ). Si el material del conducto es diferente a la CHG, se corrige la pérdida de carga con el factor de corrección ( $f_c$ ) obtenido de la Figura I correspondiente al Anexo. Las pérdidas así obtenidas son las correspondientes a la pérdida por fricción del tramo recto más las pérdidas por los accesorios.

$$L_{\text{total}} = L_{\text{geom.}} + L_{\text{equiv}} \quad (\text{m}) \quad (15)$$

$$h_{1t} = f_{c,j} \cdot L_{total} \quad (\text{mmcda}) \quad (16)$$

C) Pérdidas por entrada:  $h_3$

Se deben a:

- Pérdida de altura de presión por turbulencia en la campana.
- Pérdida de altura de presión por turbulencia en las ranuras que existen en el frente y/o en el interior de la campana.
- Pérdida de altura de presión necesaria para la aceleración del aire desde la velocidad prácticamente nula, en el frente de la campana, a la velocidad ( $v$ ) que se alcanza dentro del conducto conectado a la misma, y que resulta igual a la altura de presión dinámica ( $h_d$ ).

Las pérdidas por entrada se calculan a través de la siguiente ecuación:

$$h_3 = k_{ent} \cdot h_D + k_r \cdot h_{Dran} + h_{Dran} + h_D \quad (\text{mmcda}) \quad (17)$$

$k_{ent}$ : valor numérico adimensional, que representa el *coeficiente en la entrada* de la cabina,

$k_{ran}$ : valor numérico adimensional e igual a 1,78, que representa el *coeficiente de pérdida por ranura*.

$h_{Dran}$ : altura de presión dinámica, correspondiente a la velocidad que adquiere el aire al atravesar la ranura (mmcda).

#### 4. Cálculo de la potencia del ventilador

El ventilador debe proveer la energía necesaria para asegurar la circulación del aire a través de todo el sistema de ventilación.

La potencia ( $Pot_a$ ) que se debe entregar al aire para que pueda vencer las resistencias del sistema será:

$$Pot_a = Q \cdot h_{TV} \cdot g \quad (W) \quad (18)$$

donde: Q: caudal total ( $m^3/s$ ).

$h_{TV}$ : altura de presión total entregada por el ventilador (mmcda).

$g$ : aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ ).

Para calcular la altura de presión total entregada por el ventilador ( $h_{TV}$ ), se aplica la Ecuación de Bernoulli entre la sección de entrada y la sección de salida del mismo:

$$h_{TV} = (h_{Es} + h_{Ds}) - (h_{Ee} + h_{De}) = (h_{Es} - h_{Ee}) - (h_{Ds} - h_{De}) \quad (\text{mmcda}) \quad (19)$$

donde:  $h_{Ee}$ : *altura de presión estática en la sección de entrada del ventilador* (mmcda).

$h_{Es}$ : *altura de presión estática en la sección de salida del ventilador* (mmcda).

$h_{De}$ : *altura de presión dinámica en la sección de entrada del ventilador* correspondiente a la velocidad de entrada al mismo (mmcda).

$h_{Ds}$ : *altura de presión dinámica en la sección de salida del ventilador* correspondiente a la velocidad de salida de mismo (mmcda).

El rendimiento del ventilador ( $\eta_V$ ) es:

$$\eta_V = Q \cdot h_{TV} \cdot g / Pot_V \quad (20)$$

donde  $Pot_V$ : potencia entregada en el eje del ventilador (W).

Por último, se define como altura de presión estática del ventilador ( $h_{EV}$ ) a la altura de presión total del ventilador menos la altura de presión dinámica correspondiente a la velocidad de salida del ventilador:

$$h_{EV} = h_{TV} - h_{Ds} \quad (\text{mmcda}) \quad (21)$$



## DESARROLLO

## RELEVAMIENTO DE LOS ÁCIDOS Y SOLVENTES ORGÁNICOS EMPLEADOS

Se realiza un relevamiento de los ácidos y solventes utilizados en el Laboratorio (Tabla 2), para analizar el tipo de contaminante con los que se trabaja habitualmente y el consumo de los mismos en el período de un mes. Esta información es primordial como punto de partida para evaluar la peligrosidad de los contaminantes usados y determinar, posteriormente, si el diseño del SVLE actual es el adecuado a la naturaleza de las sustancias a emplear.

SUSTANCIA	N° CAS	Consumo de lts/mes
ACETONITRILLO	75-05-8	1
ÁCIDO CLORHÍDRICO	7647-01-0	6
ÁCIDO NÍTRICO	7697-37-2	1
ÁCIDO SULFÚRICO	7664-93-9	5
AMONIO	7664-41-7	<1
ÉTER DE PETRÓLEO	8032-32-4	1
ÉTER ETÍLICO	60-29-7	6
HEXANO	110-54-3	2
TOLUENO	108-88-3	1
XILENO	1330-20-7	<1
ALCOHOL ETÍLICO	64-17-5	4
CLOROFORMO	67-66-3	2
ACETONA	67-64-1	3
ÁCIDO ACÉTICO	64-19-7	<1
ANHÍDRIDO ACÉTICO	108-24-7	<1
DICLOROMETANO	75-09-2	5
DISULFURO DE CARBONO	75-15-0	<1
METANOL	67-56-1	2
ALCOHOL ISOBUTÍLICO	78-83-1	<1

*Tabla 2: Consumo mensual de los ácidos y solventes orgánicos empleados en el Laboratorio.*

*Fuente: Elaboración propia.*

El relevamiento de uso mensual de las sustancias químicas, indica que el ácido más utilizado es el Ácido Clorhídrico, con un consumo de 6 litros, mientras que el solvente de mayor empleo es el Éter Etílico, con el mismo consumo. El Diclorometano, en tanto, se consume a razón de 5 litros mensuales, al igual que ocurre con el Ácido Sulfúrico.

La peligrosidad de estos contaminantes está expresada por la toxicidad de los mismos:

- Ácido Clorhídrico: Ratas por inhalación CL50 3124 ppm/1h; Ratón por inhalación CL50 1108 ppm/1 h; Conejos por vía oral DL50 900 mg/kg (ácido concentrado); CL50 (inhalación en humanos): 1300 ppm/30 min; 3000 ppm/5 min.
- Éter Etilico: CL50 (inhalación en ratas): 73000 ppm/2h; Niveles de irritación a ojos: 100 ppm (en humanos); Niveles de irritación en piel: 360 mg (en conejos).
- Diclorometano: CL50 ratón: 14,400 ppm en 7 horas por inhalación; CL50 ratón: 10.95 ml/L en 7 horas por inhalación; DL50 oral en ratas: 2,100 mg/kg.
- Ácido sulfúrico: DL50 rata vía oral 2140 mg/kg; DL50 rata x inhalación 510 mg/m<sup>3</sup> (2hs exposición); DL50 rata x inhalación 375mg/m<sup>3</sup> (4hs exposición).

La toxicidad de los contaminantes empleados y su consumo mensual reflejan la necesidad de un trabajo diario con las medidas de seguridad acordes para mantener las CMP por debajo de los límites permisibles.

## DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN

Actualmente, el sistema de extracción localizada emplazado en el Laboratorio Fares Taie consta de una cabina (N° 1) con su correspondiente conducto al exterior, y otras dos cabinas (N °2 y 3) conectadas en serie que poseen su propio sistema de conductos. El extractor, ubicado en la terraza del edificio a los cuatro vientos, es común a las tres cabinas. Todas ellas presentan las mismas dimensiones y los mismos materiales constructivos. En las tres cabinas se emplea ácidos y solventes orgánicos de manera indistinta, no existiendo una relación cabina - sustancia a manipular.

En las Figuras 3 y 4, se muestran las cabinas 1, 2 y 3; y las vistas frontal (1), lateral (2) y planta (3) del SVLE del Laboratorio Fares Taie, respectivamente.



Figura 3: Fotos de las cabinas 1, 2 y 3.  
Fuente: Elaboración propia.

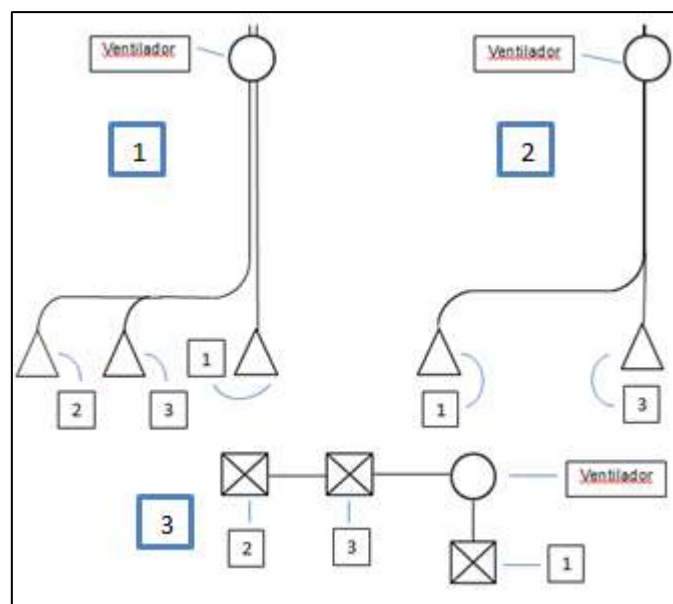


Figura 4: Vistas frontal (1), lateral (2) y planta (3) del SVLE del Laboratorio Fares Taie.  
Fuente: Elaboración propia.

El ventilador que se utiliza actualmente para las tres cabinas es un ventilador del tipo centrífugo de hierro con una potencia de 2 HP y 1410 rpm. En la Figura 5 se muestra el ventilador junto a los datos técnicos de su motor.



Figura 5: Imagen del ventilador centrífugo actual y datos técnicos correspondientes a su motor.

Fuente: Elaboración propia.

## EFICACIA DE EXTRACCIÓN DE LAS CABINAS

El control del correcto funcionamiento de la cabina es una garantía para que las condiciones de trabajo en el laboratorio sean seguras.

Para poder comprobar la eficacia de la cabina, se procede a medir la velocidad del aire en el plano de la guillotina y con ello estimar el caudal de aspiración. El control del caudal volumétrico de extracción permite compararlo con el caudal volumétrico previsto, así como verificar la correcta instalación de la cabina de gases.

En Tabla I correspondiente al Anexo, se indican las velocidades de captación recomendadas en el frente de la cabina. Al tratarse de gases y vapores de contaminantes de alta toxicidad, se adopta el límite superior de la tabla indicada. Es decir, una velocidad de captación de 0,5 m/s.

Considerando la geometría de las cabinas -ancho del frente de la cabina = 158 cm y altura del frente de la cabina = 58 cm-, se procede a dividir el frente de la misma en una retícula de 12 cuadrantes con 4 columnas a lo ancho (de 40 cm cada una) y 3 filas a lo alto (de 20 cm cada una).

En cada centro de cada cuadrante se mide la velocidad con un termoanemómetro. El promedio de las velocidades debe ser +/- 20% de la velocidad adoptada por diseño en el frente. Otro aspecto a considerar para el buen funcionamiento de la cabina, es la uniformidad en las velocidades medidas en el plano de la guillotina. Ningún valor medido debe ser diferente de cualquiera en +/- 10 ó 20% (Burton, 1994).

La medida de la velocidad del aire se realiza utilizando un termoanemómetro en el plano de la guillotina, dejando a ésta completamente abierta. Se emplea el termoanemómetro Prova AVM 07 con el correspondiente certificado de calibración en vigor. En la Figura VI correspondiente a Anexo se encuentra el Manual del Anemómetro utilizado.

Al efectuarse las mediciones correspondientes, se observa que en todas las cabinas se evidencia velocidad nula con el frente de la guillotina completamente abierto. Se procede a bajar la guillotina a distintas alturas, para observar en qué punto la velocidad es la que se desea. Se obtiene que a 11,5 cm del plano horizontal, las mediciones de la velocidad recién cumplen con la velocidad de diseño requerida para esta situación. En las Figura III correspondiente al Anexo, se muestra el termoanemómetro utilizado y la medición de la velocidad de captación en el frente de la cabina, respectivamente.

Los valores experimentales de las velocidades de captación dejan al descubierto que el sistema de extracción existente, tal y como está, no es adecuado como sistema de protección colectivo. Por tal razón, es imperioso re-dimensionar el sistema para evitar que los trabajadores se expongan a los contaminantes que manipulan, y así realizar sus tareas bajo condiciones seguras y sin riesgo para la salud.

## DISEÑO Y CÁLCULO DEL CAUDAL DE ASPIRACIÓN DE LAS CABINAS

Para re-diseñar el sistema de ventilación localizada del Laboratorio Fares Taie es preciso contar con cabinas que logren la máxima eficiencia aerodinámica en la captación del contaminante, de modo tal de crear la velocidad necesaria en el área de contaminación, con el menor caudal y el mínimo consumo de energía.

Para ello es conveniente contemplar las siguientes etapas de diseño de las cabinas:

### 1. Cálculo del caudal de aspiración

El caudal a aspirar por la cabina (Q) se obtiene aplicando la ecuación:

$$Q = v_f \cdot A_f \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (22)$$

donde:  $v_f$ : velocidad en el frente (m/s);

$A_f$ : área del frente con apertura máxima de la cabina, e igual a:

$$A_f = h \cdot l \quad (\text{m}^2) \quad (23)$$

donde:  $h$  : altura del frente abierto (m) y  $l$  : longitud del frente abierto (m).

Utilizando las ecuaciones (22) y (23) se calcula el área del frente de la cabina y el caudal de la misma, respectivamente:

$$Q = 0,46 \text{ m}^3/\text{s} \quad A_f = 0,9164 \text{ m}^2$$

## 2. Distribución del aire en frente de la cabina

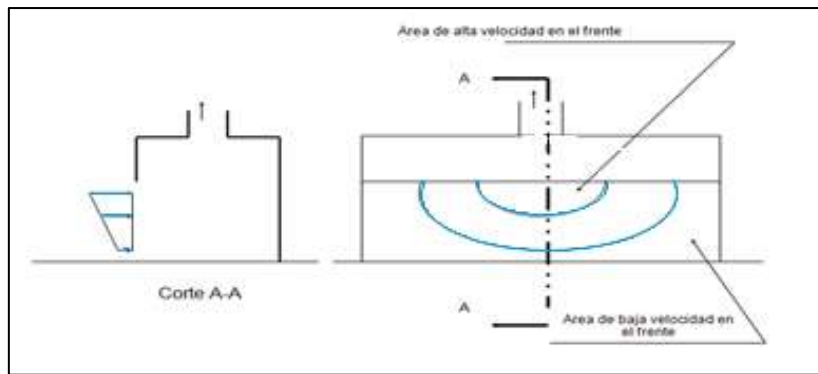


Figura 6: Esquema de corte A-A de la cabina.

Fuente: *Ventilación Industrial – Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos laborales (1992).*

El aire que se mueve desde la parte inferior del plano de entrada (corte A-A) presenta mayor recorrido al plano del conducto, que el que se mueve desde la parte superior. Esta situación se corrige mediante la colocación de una pantalla con ranuras según se detalla en la Figura 7.

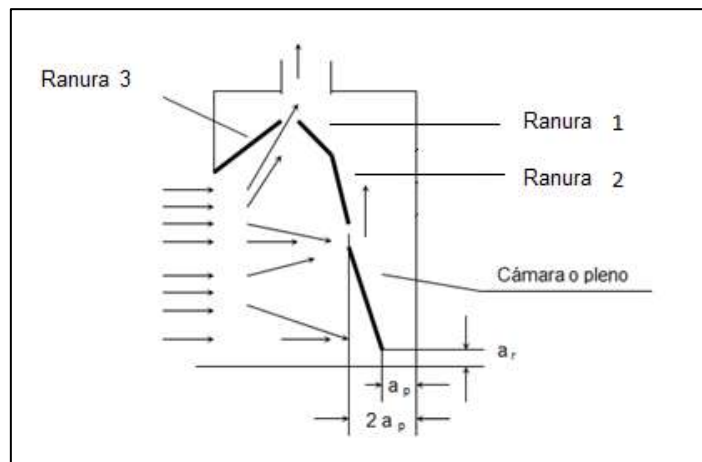


Figura 7: Esquema de la cabina con ranuras y pleno.

*Fuente: Ventilación Industrial – Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos laborales (1992).*

Estas ranuras, al ser estrechas, producen pérdidas de presión relativamente importantes comparadas con las producidas por las trayectorias del aire entre el frente de la cabina y dichas ranuras, y su función es obtener una distribución de velocidades más uniformes en el frente independientemente del lugar por donde entre el aire. Las ranuras y el *pleno* o *cámara* ubicado detrás de las mismas, deben dimensionarse adecuadamente para un diseño de la cabina óptimo.

### 3. Cálculo de las dimensiones de las ranuras y el pleno

$$Q = v_r \cdot n \cdot a_r \cdot l \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (24)$$

donde: Q: caudal a aspirar, obtenido de la ecuación (22).

$v_r$ : velocidad del aire en la ranura (se asume que es uniforme en todas las ranuras).

n: número de ranuras.

$a_r$ : ancho de la ranura.

l: longitud de la ranura (= a la longitud del frente abierto).

El número de ranuras adoptado es tres. Dos de ellas se encuentran en el plano de una pantalla ubicada paralelamente al frente de la cabina, y la tercera está ubicada en el parte superior de la misma (Figura 7). Se adopta una velocidad mínima en la ranura de diseño de 5 m/s.

Por tanto, el ancho de ranura resulta de la siguiente ecuación:

$$a_r = Q / v_r / n / l \quad (\text{m}) \quad (25)$$

Para diseñar adecuadamente el pleno o cámara se recomienda una velocidad ( $V_p$ ) igual o menor que la mitad de la velocidad en la ranura:

$$v_p \leq \frac{1}{2} \cdot v_r \quad (\text{m/s}) \quad (26)$$

Esta correspondencia entre las velocidades representa una relación equilibrada para lograr la uniformidad de la velocidad en el frente de la cabina.

A partir de la relación indicada en (26), se deduce que el ancho del pleno es:

$$a_p \geq 2 \cdot a_r \text{ (m/s)} \quad (27)$$

A la altura de la segunda ranura se incorpora el caudal aportado por ésta y se suma al que proviene de la primera ranura; el caudal total es el doble del que entra por cada ranura y como se debe mantener constante la velocidad en el pleno, la medida del ancho ( $a_p$ ) se duplica y por esto el pleno presenta una inclinación como se indica en la Figura 7.

La ecuación (25) se utiliza para el cálculo del ancho de cada ranura:  $a_r = 0,019 \text{ m}$

La nueva velocidad en cada ranura se obtiene de la ecuación (24):  $v_r = 5,11 \text{ m/s}$

A través de la ecuación (26) se obtiene la velocidad en el pleno:  $v_p = 2,56 \text{ m/s}$

El ancho del pleno, en su parte inferior, según la ecuación (27) es:  $a_p = 0,038 \text{ m}$

A la altura correspondiente a la ubicación de la segunda ranura, el ancho del pleno es de:

$$a'_p = 0,076 \text{ m}$$

## PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN SIMPLE (CABINA N°1)

Actualmente, en todas las cabinas del Laboratorio Fares Taie se emplean ácidos y solventes orgánicos, sin distinción de sustancias a manipular de acuerdo a qué cabina se está utilizando.

Cada cabina con sus correspondientes conductos deben ser acordes en sus materiales de construcción a las sustancias que se manipulan en ella. Por este motivo, se procede a utilizar la Cabina N° 1, para la utilización exclusiva de ácidos, dejando las cabinas que se encuentran en serie (N° 2 y 3) para el trabajo con solventes orgánicos, ya que las operaciones del Laboratorio exigen un mayor uso de éstos en relación a los ácidos.



La manipulación de ácidos implica materiales constructivos de polipropileno en el sistema de conductos, para evitar la corrosión de los mismos, y la utilización de acero inoxidable como material de la cabina.

Por lo tanto, se procede a destinarla al uso exclusivo de ácidos, lo cual implica materiales de acero inoxidable para la cabina y de polipropileno para el ventilador y los conductos.

Por otro lado, el sistema de extracción actual no cuenta con ningún equipamiento para el tratamiento de los contaminantes liberados. Respecto al mismo, es sumamente necesario diseñar correctamente la descarga para lograr una buena dispersión atmosférica, y así evitar su reingreso al edificio a través de la ventilación general y/o por infiltración desde las aberturas. Para ello, el conducto de emisión debe estar ubicado mínimamente a 3 m por encima de la terraza o del centro de cualquier entrada de aire, ubicados dentro de una circunferencia de 15 m de diámetro con centro en el conducto de descarga. Además, no es recomendable utilizar sombrerete en la descarga, ya que dirige hacia abajo los gases expulsados que, con la velocidad conferida por la salida, pueden difundirse por el techo y las paredes altas del edificio, e introducirse nuevamente por las ventanas. La pérdida de carga, además, es muy importante en este caso, por lo que se recomienda la chimenea tipo americana.

El tipo de contaminante que se libera – ácidos - y el riesgo que representa para la contaminación atmosférica, implican la incorporación de un equipo de tratamiento adecuado. El equipo de tratamiento utilizado para ácidos son los lavadores de gases, y presentan una pérdida de carga del orden de los 60 mmcda.

#### Caracterización del sistema

- Contaminante: ácidos.
- Material de los conductos: polipropileno.
- Pérdida de presión máxima del equipo de tratamiento expresada en altura de columna de agua: 60 mmcda.
- Los conductos son circulares.
- La descarga se adopta igual a 3 m para lograr una dispersión adecuada del contaminante en la atmósfera.

En cuanto a la determinación de la velocidad mínima en los conductos, se establece una velocidad de 10 m/s debido a que se transportan gases y vapores de manera común (Tabla I correspondiente al Anexo). En la Tabla 3 y Figura 8 se presenta la información adicional que surge de la propuesta realizada.

Tramo	Campana	Caudal Campana (m <sup>3</sup> /s)	Longitud del tramo L (m)	Curvas por tramo	Empalme	Ángulo de campana
1-A	Cabina	0,46	20	2 R/D: 2 - 90°	-----	150°
B-C	-----	-----	3	-----	-----	-----
D-E	-----	-----	3	-----	-----	-----

Tabla 3: Datos del sistema de extracción de ácidos propuesto.  
Fuente: Elaboración propia.

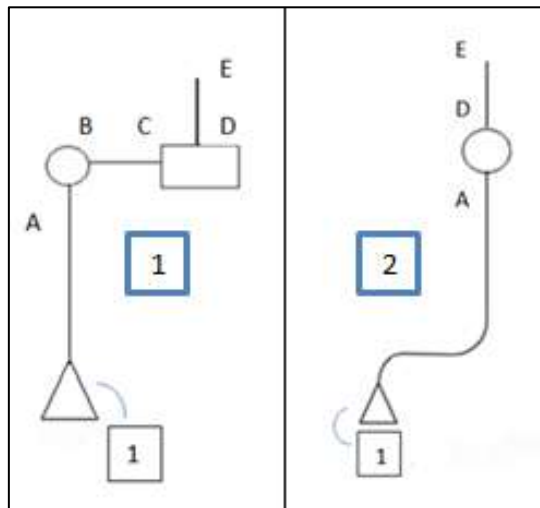


Figura 8: Vistas frontal (1) y lateral (2) del sistema de extracción de ácidos propuesto, con la indicación de los tramos.  
Fuente: Elaboración propia.

#### Determinación de las pérdidas de carga para el SVLE para ácidos

Considerando que los conductos son circulares,  $v=10$  m/s,  $Q=0,46$  m<sup>3</sup>/s y aplicando la ecuación (10), se obtiene el valor del diámetro del conducto:

$$D = 0,242\text{m} = 242\text{mm}$$

Se toma la tubería normalizada más próxima:  $D = 200\text{mm}$ , con el cual la velocidad en el conducto resulta ser 14,64 m/s.

Se procede a utilizar el método de la longitud equivalente para determinar la pérdida de carga en los accidentes considerando el diámetro de 200mm.

Longitud de tubería instalada: 20 m.

Dos codos de 90°, R = 2D equivale a: 6,2 m.

Longitud total de tubería ( $L_{total}$ ): 26,2 m.

Con la ecuación (16),  $v=14,64$  m/s y considerando  $f_c=0,8$  ( $f_c$ : factor de corrección, determinado mediante la Figura I correspondiente al Anexo, utilizando  $\epsilon=0,000005$  (por tratarse de conductos de material plástico), se calcula la pérdida por fricción del tramo recto más las pérdidas por los accesorios

$$h_{1t} = 28,8 \text{ mmcda}$$

Luego, se procede al cálculo de las pérdidas de entrada ( $h_3$ ) utilizando la ecuación (17).

*Determinación de  $k_{ent}$* : utilizando el gráfico de la Figura IV correspondiente al Anexo y ubicando en abscisas el valor  $150^\circ$ , de la curva superior - correspondiente a boca rectangular - se obtiene:  $k_{ent}=0,48$ .

*Cálculo de la altura de presión dinámica  $h_D$* : reemplazando en la ecuación (2):

$$h_D = v^2 / 16,35 = 13,11 \text{ mmcda}$$

Este valor corresponde a la altura de presión dinámica en la sección de entrada del ventilador ( $h_{De}$ ),  $h_{De}=13,11$  mmcda. Al ser los conductos de entrada y salida del ventilador del mismo diámetro, la altura de presión dinámica en la sección de salida del ventilador ( $h_{Ds}$ ) coincide con el valor de  $h_{De}$ .

*Cálculo de las pérdidas de presión en las ranuras*: adoptando una velocidad de 5,11 m/s en las ranuras, la altura de presión dinámica de pérdida  $h_{Dr}$  es:

$$h_{Dr} = v^2 / 16,35 = 1,59 \text{ mmcda}$$

Siendo  $k_r = 1,78$ , se reemplaza en la ecuación (17) para calcular las pérdidas de entrada ( $h_3$ ):

$$h_3 = 23,82 \text{ mmcda}$$

La altura de presión estática en la sección de la entrada del ventilador ( $h_{Ee}$ ), es la sumatoria de  $h_{1t} + h_3$ ;  $h_{Ee} = 52,62$  mmcda.

La altura de presión estática en la sección de salida del ventilador ( $h_{Es}$ ), implica considerar la pérdida de carga referida al equipo de tratamiento (60 mmcda), las pérdidas de carga del tramo B-C (que une ventilador y equipo de tratamiento) y las pérdidas de carga correspondientes al tramo D-E (conducto de emisión de los contaminantes).

Utilizando la ecuación (11), y considerando  $D=200$  mm,  $v=14,64$  m/s y  $L=3$ ; resulta:

$$h_{B-C} = h_{D-E} = 3,3 \text{ mmcda}$$

Por lo tanto:  $h_{Es} = 3,3 \text{ mmcda} \cdot 2 + 60 \text{ mmcda} = 66,6 \text{ mmcda}$

Determinación de la potencia que se debe entregar al aire para que pueda vencer las resistencias del sistema ( $Pot_a$ )

El caudal que se requiere mover a través del SVLE es:  $Q = 0,46 \text{ m}^3/\text{s}$ . Se calcula la altura de presión total del ventilador ( $h_{TV}$ ) mediante la ecuación (19):

$$h_{TV} = 66,6 \text{ mmcda} + 52,62 \text{ mmcda} = 119,22 \text{ mmcda}$$

La altura de presión estática del ventilador ( $h_{EV}$ ) mediante la ecuación (21):

$$h_{EV} = 119,22 \text{ mmcda} - 13,11 \text{ mmcda} = 106,11 \text{ mmcda}$$

La potencia ( $Pot_a$ ) que se debe entregar al aire para que pueda vencer las resistencias del sistema se calcula según la ecuación (18) :

$$Pot_a = 538 \text{ W} = 0,72 \text{ HP}$$

Selección del ventilador y cálculo de su potencia ( $Pot_v$ )

En base a los requerimientos calculados, se debe seleccionar un ventilador que impulse un caudal ( $Q$ ) de  $0,46 \text{ m}^3/\text{s}$ , venciendo una altura de presión total ( $h_{TV}$ ) de  $119,22$  mmcda o una altura de presión estática ( $h_{EV}$ ) de  $106,11$  mmcda, en condiciones estándares.

Buenas eficiencias de los ventiladores varían entre  $0,5$  y  $0,65$ . Utilizando la ecuación (20) y considerando una eficiencia de  $0,6$ , resulta:

$$\text{Pot}_v = 1,2 \text{ HP}$$

Además, el material del ventilador debe ser acorde a las sustancias a manipular, como ocurre con los conductos. Por lo tanto, se selecciona un ventilador centrífugo de polipropileno para tal fin.

#### Selección del equipo de tratamiento para ácidos

En función del caudal volumétrico ( $1656 \text{ m}^3/\text{h}$ ) y del tipo de contaminantes – gases ácidos-, se selecciona un lavador de gases como equipo de tratamiento para el SVLE simple correspondiente a la Cabina N° 1.

El lavador de gases seleccionado es comercializado por la empresa Hurner Argentina S.A. El equipo está fabricado en plástico reforzado con fibra de vidrio y resina vinil éster con dos capas de velo sintético Nexus para la formación de la barrera química, la catalización es mediante el sistema Mek / Cobalto y dimensionado para el caudal de trabajo y presión positiva.

El equipo de tratamiento recomendado se encuentra compuesto por:

- Torre lavadora de gases modelo TLG20 con  $\varnothing$  interno de 600 mm y rellena de anillos Pall Ring  $\varnothing$  2" en PP - de distribución randómica-, lo que produce una pérdida de carga relativa y nivel de incrustación bajos, representando un servicio de mantenimiento bajo o nulo. También incluye un redistribuidor de líquido de polipropileno superior, y un tanque de recirculación del líquido neutralizante incorporado al propio lavador, formando un conjunto único.
- Sistema de recirculación de líquido lavador compuesto por un conjunto de cañerías  $\varnothing$  1 y 1.1/2" en PP, una bomba de recirculación, el manifold con los soportes necesarios y dos válvulas (de control y de retención del líquido) de PP interconectando el tanque de recirculación con el distribuidor superior de la columna.

## PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN EN SERIE (CABINAS 2 Y 3)

Las cabinas en serie – Cabinas N°2 y N°3- son utilizadas por personal técnico para la manipulación de diversos contaminantes, sin considerar materiales constructivos de la mismas. Lo mismo ocurre con el ventilador, los conductos del sistema de extracción y de liberación a la atmósfera. Por lo tanto, se procede a destinarla al uso exclusivo de solventes orgánicos, lo cual implica materiales de acero inoxidable para la cabina y de chapa galvanizada para el ventilador y los conductos.

Por otro lado, el sistema de extracción actual, no presenta equipamiento para el tratamiento de los contaminantes. Respecto al tratamiento, es sumamente necesario diseñar correctamente la descarga para lograr una buena dispersión atmosférica, y que el contaminante no vuelva a ingresar al edificio tanto a través de la ventilación general como por infiltración desde las aberturas. Para ello, y tal como fuera mencionado en la mejora de la cabina N° 1, el conducto de emisión debe estar ubicado 3 m por encima de la terraza o que el centro de cualquier entrada de aire, ubicados dentro de una circunferencia de 15 m de diámetro con centro en el conducto de descarga.

Además, no es recomendable utilizar sombrerete en la descarga, ya que este tipo de descarga dirige hacia abajo los gases expulsados que, con la velocidad conferida por la salida, pueden difundirse por el techo y las paredes altas del edificio, con ventanas, e introducirse de nuevo en el mismo. La pérdida de carga, además, es muy importante en este caso. Se recomienda la chimenea tipo americana.

El tipo de contaminante que se libera– vapores orgánicos - y el riesgo que representa para la contaminación atmosférica, implican la incorporación de un equipo de tratamiento adecuado. El equipo de tratamiento utilizado para solventes orgánicos son los equipos de adsorción con carbón activado, y presentan una pérdida de carga del orden de los 60 mmca.

### Caracterización del sistema

- Contaminante: solventes orgánicos.
- Material de los conductos: chapa de hierro galvanizada.
- Pérdida de presión máxima del equipo de tratamiento expresada en altura de columna de agua: 60 mmca.

### DESARROLLO

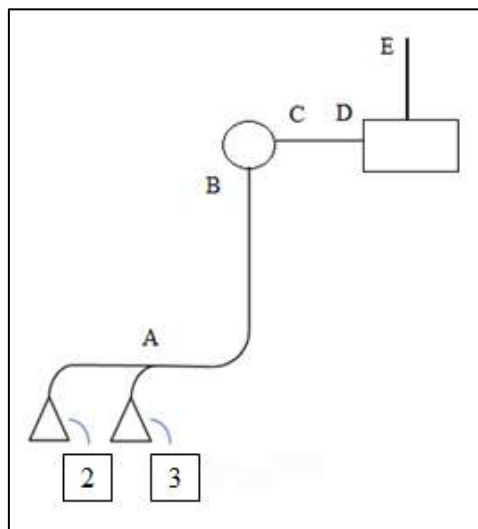
- Los conductos son circulares.

En cuanto a la determinación de la velocidad mínima en los conductos, se adopta una velocidad de 10 m/s ya que se transportan gases y vapores en el mismo (Tabla I correspondiente al Anexo).

En la Tabla 4 y Figura 9 se presentan la información adicional que surge de la propuesta realizada.

Tramo	Campana	Caudal Campana (m <sup>3</sup> /s)	Longitud del tramo L (m)	Curvas por tramo	Empalme	Ángulo de campana
2-A	Cabina	0,46	1,5	R/D: 2 - 90°	-----	150°
3-A	Cabina	0,46		R/D: 2 - 90°	-----	150°
A-B	-----	-----	19,5	R/D: 2 - 90°	-----	-----
C-D	-----	-----	3	-----	-----	-----
E-F	-----	-----	3	-----	-----	-----

*Tabla 4: Datos del sistema de extracción de solventes orgánicos propuesto.  
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 9: Vista frontal del sistema de extracción propuesto, indicando los tramos.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Para que el diseño del SVLE funcione correctamente, es necesaria la siguiente relación entre las caídas de presión en el conducto:  $\Sigma h_{2-A} = \Sigma h_{3-A}$

Donde  $\Sigma h$  es igual a la sumatoria de las pérdidas de carga correspondientes al tramo considerado. Es decir, que por cualquiera de los caminos que recorra desde las cabinas N°2 y N°3 hasta el nudo A (Figura 10), la pérdida de carga debe ser la misma.

Se caracterizan los tramos de los conductos entre nodos o entradas a equipos y se plantean las singularidades de cada tramo para caracterizar las pérdidas de carga correspondientes, cuyo cálculo conduce a la selección del ventilador como resultado final.

Determinación de las pérdidas de carga de los tramos del SVLE para solventes orgánicos

Tramo 2-A

Considerando que los conductos son circulares,  $v = 10 \text{ m/s}$ ,  $Q = 0,46 \text{ m}^3/\text{s}$  y empleando la ecuación (10), se obtiene el valor del diámetro del conducto:

$$D=0,242\text{m}=242\text{mm}$$

Se toma la tubería normalizada más próxima:  $D=200\text{mm}$ , con el cual la velocidad en el conducto resulta ser  $14,64 \text{ m/s}$ .

Longitud del tramo recto:  $1,5 \text{ m}$

Un codo de  $90^\circ$ ,  $R=2D$  equivale a:  $3,1 \text{ m}$

Longitud total de tramo2-A ( $L_{\text{total}}$ ):  $4,6 \text{ m}$

Con la ecuación (16),  $v=14,64 \text{ m/s}$  y adoptando a  $f_c=1$  por ser los conductos de CHG, se calculan la pérdidas por fricción del tramo recto y las pérdidas por los accesorios.

$$h_{1t} = 6,32 \text{ mmcda}$$

Luego, se procede al cálculo de las pérdidas de entrada utilizando la ecuación (17). Las cabinas N°2 y 3, son iguales en cuanto a diseño y dimensiones, a la cabina N°1, por lo que el cálculo ya fue realizado con anterioridad:

$$h_3 = 23,82 \text{ mmcda}$$

Las pérdidas de carga asociadas al tramo 2-A, son la sumatoria de  $h_{1t}$  y  $h_3$ :

$$h_{2-A} = 30,14 \text{ mmcda}$$

DESARROLLO



## Tramo 3-A

Considerando que los conductos son circulares,  $v = 10 \text{ m/s}$ ,  $Q = 0,46 \text{ m}^3/\text{s}$  es y empleando la ecuación (10), se obtiene el valor del diámetro del conducto:

$$D=0,242\text{m}=242\text{mm}$$

Se toma la tubería normalizada más próxima:  $D=200\text{mm}$ , con el cual la velocidad en el conducto resulta ser  $14,64 \text{ m/s}$ .

Se procede a utilizar el método de la longitud equivalente para determinar la pérdida de carga en los accidentes considerando el diámetro de  $200\text{mm}$ .

Un codo de  $90^\circ$ ,  $R=2D$  equivale a:  $3,1 \text{ m}$ .

Con la ecuación (16),  $v=14,64 \text{ m/s}$  y adoptando a  $f_c=1$  por ser los conductos de CHG, se calculan la pérdidas por fricción de los accesorios.

$$h_{1t} = 4,26 \text{ mmcda}$$

En cuanto a las pérdidas de carga en la entrada, como en el caso del tramo 2-A, la cabina N° 2 posee las mismas especificaciones respecto de la cabina N°3, por lo que el cálculo ya fue realizado con anterioridad:

$$h_3=23,82 \text{ mmcda}$$

Las pérdidas de carga asociadas al tramo 3-A, son la sumatoria de  $h_{1t}$  y  $h_3$ :

$$h_{3-A} = 28,08 \text{ mmcda}$$

## Análisis del equilibrio dinámico en el Nudo A

Se debe cumplir en el Nudo A que  $\Sigma h_{2-A} = \Sigma h_{3-A}$ . Pero  $\Sigma h_{2-A} = 30,14 \text{ mmcda}$  y  $\Sigma h_{3-A} = 28,08 \text{ mmcda}$ .

Se comparan las pérdidas de presión totales de ambos ramales -ya que no se encuentran en equilibrio- utilizando la ecuación (3), en la cual  $\Sigma \Delta h_F$  se denomina a la

pérdida de carga producida por el ramal 2-A (30,14 mmcda) y  $\sum \Delta h_v$  a la pérdida de carga total del ramal 3-A (28,08 mmcda).

Como se cumple que  $5\% < \Delta \sum h \leq 20\%$ , se recalcula el tramo que presenta la menor pérdida, aumentando el caudal que circula por él, hasta lograr que  $\Delta \sum h \leq 5\%$ . Los caudales de aspiración, tomados como datos en esta etapa del diseño, nunca deben ser disminuidos en valor numérico ya que el objetivo de los mismos es asegurar que el ambiente de trabajo no se encuentre contaminado, para proteger la salud de los trabajadores.

Este nuevo caudal, se obtiene a través de la ecuación (6):

$$Q' = 0,48 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se recalcula el tramo 3-A para este nuevo caudal  $Q'$  y se obtiene:  $D=200\text{mm}$ ,  $v=15,28 \text{ m/s}$ ,  $h_2=4,62\text{mmcda}$ ,  $h_3=25,50 \text{ mmcda}$ , con una pérdida de carga total de 30,12 mmcda, cumpliendo con la condición de  $\Delta \sum h \leq 5\%$ .

Planteando el balance dinámico en el nudo A, resulta:

$$Q_1 \cdot h_{D1} + Q_2 \cdot h_2 = (Q_1 + Q_2) \cdot h_{DD} \quad (\text{mmcda}) \quad (28)$$

donde:  $h_{DD}$  es la altura de presión dinámica disponible a la salida del nudo A.

$$Q_1 + Q_2 = Q_{A-B} = 0,94 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$Q_2 = Q' = 0,48 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Reemplazando resulta:  $h_{DD}=13,7 \text{ mmcda}$ . Y considerando las ecuaciones (2) y (10), se obtiene la velocidad en el tramo A-B y el diámetro del conducto de dicho tramo:

$$V_{A-B}=14,97 \text{ m/s} \quad D_{A-B}= 283 \text{ mm}$$

Tramo A-B:

Se calcula la pérdida de carga del mismo, como en los tramos anteriores, considerando que el tramo presenta 19,5 m de conducto recto, un codo  $R=2D$  cuyo grado de curvatura es de  $90^\circ$ -que con el método de la longitud equivalente da una longitud recta de 3,1m-, y se adopta la tubería normalizada más próxima:  $D=250\text{mm}$ , con lo cual la velocidad en el conducto resulta ser de 19,15 m/s.

DESARROLLO

$$h_{A-B} = 39,4 \text{ mmcda}$$

#### Tramo C-D y Tramo E-F

En estos tramos, las pérdidas de carga están asociadas únicamente a los tramos rectos. Al ser la longitud de cada tramo de 3 m, y considerando  $v = 19,15 \text{ m/s}$  y  $D = 250 \text{ mm}$ , las pérdidas de carga resultan:

$$h_{C-D} = h_{E-F} = 5,23 \text{ mmmcda}$$

#### Determinación de $h_{Ds}$ , $h_{Ee}$ , $h_{Es}$

Este valor de la altura de presión dinámica en la sección de salida del ventilador ( $h_{Ds}$ ), se calcula utilizando la ecuación (2):

$$h_{Ds} = v^2 / 16,35 = 22,43 \text{ mmcda}$$

Al ser los conductos de entrada y salida del ventilador del mismo diámetro, la altura de presión dinámica en la sección de entrada del ventilador ( $h_{De}$ ) coincide con el valor de  $h_{Ds}$ .

La altura de presión estática en la sección de la entrada del ventilador ( $h_{Ee}$ ), es la sumatoria de las presiones estáticas correspondientes a los tramos 1-A (o bien 2-A, ya que se encuentran en equilibrio en el nudo A) y A-B.

$$h_{Ee} = 69,54 \text{ mmcda}$$

La altura de presión estática en la sección de salida del ventilador ( $h_{Es}$ ), implica considerar la pérdida de carga referida al equipo de tratamiento (60 mmcda), las pérdidas de carga del tramo C-D (un ventilador y equipo de tratamiento) y las pérdidas de carga correspondientes al tramo E-F (conducto de emisión de los contaminantes).

$$h_{Es} = 70,46 \text{ mmcda}$$

#### Cálculo de la potencia que se debe entregar al aire ( $Pot_a$ )

El caudal ( $Q$ ) que se requiere mover a través del SVLE es  $= 0,94 \text{ m}^3/\text{s}$ . Se calcula la altura de presión total del ventilador ( $h_{TV}$ ) mediante la siguiente ecuación (19):

#### DESARROLLO

$$h_{TV} = 70,46 + 69,54 = 140 \text{ mmcda}$$

La altura de presión estática del ventilador ( $h_{EV}$ ) mediante la ecuación (21):

$$h_{EV} = 140 - 22,43 = 117,57 \text{ mmcda}$$

La potencia ( $Pot_a$ ) que se debe entregar al aire para que pueda vencer las resistencias del sistema se calcula según la ecuación (18):

$$Pot_a = 1291 \text{ W} = 1,73 \text{ HP}$$

Selección del ventilador y cálculo de la potencia del mismo ( $Pot_v$ )

Se debe seleccionar un ventilador que impulse un caudal ( $Q$ ) de  $0,94 \text{ m}^3/\text{s}$ , venciendo una altura de presión total ( $h_{TV}$ ) de 140 mmcda o una altura de presión estática ( $h_{EV}$ ) de 117,57 mmcda, en condiciones estándares.

Buenas eficiencias de los ventiladores oscilan entre 0,5 y 0,65. Utilizando la ecuación (20) y considerando una eficiencia de 0,6, resulta:

$$Pot_v = 2,88 \text{ HP}$$

Además, el material del ventilador debe ser acorde a las sustancias a manipular, como ocurre con los conductos. Se selecciona un ventilador centrífugo de chapa galvanizada para tal fin.

Selección del equipo de tratamiento para solventes orgánicos.

En función del caudal volumétrico ( $3384 \text{ m}^3/\text{h}$ ) y del tipo de contaminantes – vapores de solventes orgánicos-, se selecciona un sistema de filtrado como equipo de tratamiento del SVLE en serie para las Cabinas N° 2 y 3.

El equipo de tratamiento es una unidad de impulsión, filtrado y purificación de aire perteneciente a la empresa Casiba S.A, cuyo modelo es ADS -1930-4GK124G-0402. El equipo está construido en chapa de acero galvanizado y consta de un módulo para alojar 8

celdas reciclables de captura: 4 celdas de carbón activado vegetal de alta calidad y pureza – para compuestos de alto peso molecular -, y 4 celdas de albúmina activada impregnada con una solución de permanganato de potasio al 4% - para compuestos de bajo peso molecular-. Además, dos filtros plisados de mediana eficiencia y 2 manómetros diferenciales para medir la saturación de los filtros y determinar cuál es el momento correcto para proceder a su reemplazo o limpieza conforman el equipo de tratamiento recomendado.

En cuanto a la disposición final de los contaminantes retenidos en el equipo de tratamiento, tanto las celdas de carbón activado como las constituidas por albúmina activada deben disponerse como residuo peligroso de acuerdo a lo que indica la Ley 24.051/1992.

## VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE TRATAMIENTO

Una vez instalados los equipos de tratamiento de los efluentes gaseosos (lavador y sistema de filtrado) propuestos para el Laboratorio Fares Taie, el funcionamiento de los mismos deberá ser controlado periódicamente para que el efluente liberado cumpla con los niveles guía establecidos en las Tablas A y B del Decreto 3395/96. De las sustancias liberadas por el Laboratorio, cinco de ellas están comprendidas en la Tabla B (acetona, ácido sulfúrico, amoníaco, tolueno y xileno). Por lo tanto la verificación del equipamiento instalado debe cumplir las normas de emisión de efluentes y las de calidad de aire del Decreto mencionado.

El Anexo I de la Resolución 242/97 establece el instructivo para la aplicación de modelos de difusión atmosférica a efluentes gaseosos, permitiendo alcanzar una herramienta que relaciona la emisión con la calidad del aire, y así comparar el aire liberado con las normas establecidas. Estas técnicas que requieren ser aplicadas para comprobar si el efluente produce un impacto en el receptor que provocaría efectos nocivos en los organismos y la salud del hombre, pueden ser aplicados para la verificación del funcionamiento del equipo instalado y de esta manera saber cuándo deben ser reemplazados los filtros y/o mantenimiento del lavador. La resolución establece 3 etapas de comprobación de los niveles liberados, la Etapa I (de sondeo simple), la Etapa II (de sondeo detallado) y la Etapa III (de modelación detallada). Estas etapas van siendo aplicadas de acuerdo al porcentaje de superación de los límites de calidad de aire establecidos, y en cada una de ellas se establece una serie de determinaciones para condiciones variadas (estables, desfavorables), como también permite evaluar la concentración media máxima en distintos períodos de tiempo (corto plazo: hasta 24hs; largo plazo: mensual estacional o anual).

## DESARROLLO

Por lo tanto, se propone realizar el monitoreo de la liberación de los efluentes gaseosos asociados a los ácidos y solventes orgánicos empleados en el Laboratorio Fares Taie y contenidos en las Tablas del Decreto, para poder saber cuándo renovar los filtros del sistema de cabinas N° 2 y 3 y el relleno del lavador de la cabina N° 1.

## PAUTAS DE BUEN USO PARA EL FUNCIONAMIENTO CORRECTO DE LAS CABINAS

Durante el uso de las cabinas de extracción es imprescindible seguir determinadas pautas para su correcto funcionamiento. Si lo que se desea es controlar el contaminante y que no se disperse a la atmósfera del laboratorio, las normas de buen uso son tan importantes como lo es el diseño, y deben ser acorde a las sustancias que en ellas se manipulan.

Las recomendaciones a tener en cuenta para un buen uso de las cabinas en el laboratorio son:

- Comprobar que no haya puertas ni ventanas abiertas, principalmente en el entorno cercano, que puedan distorsionar el correcto funcionamiento de la cabina.
- No se debe utilizar la cabina como unidad de almacenamiento.
- Se debe disponer en el interior de la cabina del material indispensable para llevar a cabo el trabajo que se vaya a realizar, evitando el material innecesario que dificulte el buen funcionamiento de la misma.
- Situar las operaciones que puedan generar contaminación a una distancia no inferior a 15 cm del plano de abertura de la cabina.
- Evitar, siempre que sea posible, la emisión de contaminantes a alta velocidad o desde posiciones elevadas respecto a la superficie de trabajo, para limitar el tiempo de residencia del contaminante en el interior de la cabina.
- Evitar la obstrucción de paso de aire al pleno y ranuras de la cabina.
- Manipular las cantidades mínimas de sustancias necesarias.
- Limitar las fuentes de calor a las mínimas necesarias, ya que perturban la aspiración del aire de la cabina.
- Reducir la abertura de la cabina al mínimo espacio compatible con el trabajo que se va a realizar. No introducir la cabeza en la cámara interior de la cabina.
- Realizar movimientos lentos con el fin de evitar turbulencias.

Además, el operador no debe detectar olores fuertes procedentes del material ubicado en el interior de la cabina. En el caso de detectar una anomalía en la aspiración, se

debe proceder a cerrar la guillotina y dar a conocer la situación a la autoridad correspondiente. No utilizar la cabina y señalizarla convenientemente como fuera de uso o averiada.

Después de su utilización cerrar la guillotina y dejar la cabina funcionando hasta que se haya eliminado la contaminación generada (15-30 minutos). Las cabinas deben quedar limpias y ordenadas para la siguiente operación.

## EPP ASOCIADOS AL USO DE ÁCIDOS Y SOLVENTES

Si bien los sistemas de extracción localizada constituyen una medida de protección colectiva, la manipulación de ácidos y vapores orgánicos en las tareas habituales del laboratorio requieren del uso de diversos EPP, como así lo indica el Artículo 202 correspondiente al Anexo I de la Ley 19587/1972 de Higiene y Salud Laboral: “Los trabajadores expuestos a sustancias tóxicas, irritantes o infectantes estarán provistos de ropas de trabajo y elementos de protección personal adecuados al riesgo a prevenir y serán de uso obligatorio con indicaciones concretas y claras sobre forma y tiempo de utilización”. El marco legal regulatorio de la Ley 19587 y el Decreto 351/79 menciona específicamente a los EPP en sus Artículos 188 al 203 (Título VI, Capítulo XIX). Los EPP que se utilizan en el laboratorio, incluyen semimáscaras con sus correspondientes filtros de retención, guantes de látex y de nitrilo, gafas, guardapolvo y calzado cerrado y antideslizante.

El Artículo 194 hace referencia al uso de elementos de protección ocular en función al riesgo de exposición, siendo aquellos de proyección o exposición de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas los requeridos en el Laboratorio Fares Taie. Este tipo de protección resguarda al personal del Laboratorio Fares Taie a exposiciones directas, a los operarios que manipulan y trabajan con los ácidos y/o solventes, como asimismo, al personal que trabaja en posiciones cercanas. En este mismo Artículo y en el 195, la Reglamentación detalla las características apropiadas de acuerdo a las necesidades de protección al riesgo. Para un correcto trabajo en el área de cabinas del Laboratorio es necesario que las mismas sean cerradas y bien ajustadas al rostro, de fácil limpieza y deben reducir lo menos posible el campo visual. Así como deben estar libres de rayaduras u otros defectos. Por lo tanto, las protecciones oculares que deberán usarse en el Laboratorio son: gafas y máscaras completas.

Asimismo, el Artículo 202 indica los requerimientos de la ropa de trabajo que se debe usar de acuerdo a los riesgos de exposición. En el Laboratorio se deberá usar guardapolvo con elástico en los puños (evita que la ropa personal sobrepase los mismos), de manera de proteger la ropa de salpicaduras o impactos de mayor envergadura de líquidos. Tal como indica el Artículo, el guardapolvo deberá quedar en el Laboratorio, indicándose sus usos (ácidos y/o solventes) y deberá ser lavado asiduamente para retirar residuos de los productos manipulados. El guardapolvo deberá ser usado no solamente por quienes trabajan en las cabinas, sino toda aquella persona que manipula (transporte, almacenamiento, entre otros) envases de las sustancias. Asimismo, quienes están en relación con el descarte de los residuos obtenidos durante los análisis.

En cuanto a la protección de manos y piernas, la Reglamentación, en sus Artículos 197 y 198, respectivamente, establece los cuidados a considerar. Como en el Laboratorio FARES TAIE se trabaja con compuestos corrosivos, es recomendable que los pies estén protegidos de zapatos o botines de suela apropiada. Mientras que las manos deben estar siempre protegidas por guantes para evitar el impacto directo de ácidos y/o solventes, concentrados y/o diluidos. Para la utilización de ácidos y solventes se emplean los guantes de nitrilo debido a la resistencia química que los mismos presentan.

Finalmente, las vías respiratorias deben ser protegidas (Artículo 199) de acuerdo al riesgo de exposición, tanto por la/s sustancia/s involucradas como por la dispersión de las mismas en el ámbito de trabajo. Debido a que en el Laboratorio se emplean tanto ácidos como solventes, las máscaras deberán ser las indicadas para tales sustancias, es decir, deberán tener el filtro respectivo. Además, deben limpiarse a *posteriori* de su uso, chequear el vencimiento de los filtros, la goma que hace contacto con la piel no se encuentre corroída de manera que ajuste correctamente, entre otros relevamientos periódicos que deben hacerse sobre las máscaras.

Teniendo en cuenta que los EPP son la última barrera entre el riesgo y el accidente, es de suma importancia considerar que el uso de elementos de protección personal *no elimina el riesgo existente*, sino que constituyen una barrera entre el agente agresor y el cuerpo del trabajador, o un área de él.



## MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS CABINAS

Los sistemas de extracción del Laboratorio, deben tener un programa de mantenimiento preventivo con el fin de prolongar su vida útil y proteger la seguridad del operador.

Entre las operaciones que se aconsejan realizar *semanalmente*, se encuentran:

- Control del funcionamiento del indicador de caudal y de su alarma.
- Repaso de limpieza del interior de la cabina y de la guillotina.

Entre las operaciones que se aconsejan realizar *semestralmente*, se encuentran:

- Limpieza de las ranuras y pleno con una solución de detergente diluida.
- Inspeccionar los mecanismos de funcionamiento de la guillotina.

Entre las operaciones a realizar *anualmente*, se encuentran:

- Visualización de las corrientes de aire.
- Control de aspiración (medida de velocidad del aire en el plano de la guillotina o de caudal de extracción).
- Inspección detallada de los mecanismos de maniobra de la guillotina.
- Examen visual del conducto de extracción y sus accesorios; revisión del equipo de aspiración.
- Control del nivel de ruido.
- Control del nivel de iluminación.
- Revisión del estado de instalaciones de servicios asociados a la cabina.

Independientemente a estas operaciones de mantenimiento, no hay que omitir las operaciones de *mantenimiento correctivo* a realizar:

- En caso de anomalía detectada en los equipos de aspiración, se deben revisar los mismos.
- En caso que el operador lo estime oportuno, se puede analizar más profundamente el comportamiento de la cabina comprobando *in situ* su contención.

Cada sistema de extracción localizada y cabina debe disponer de un registro en el cual se anoten las operaciones realizadas. El mismo debe conservarse durante toda la vida

útil de la cabina. El modelo de Registro de mantenimiento preventivo se indica en la Figura V correspondiente al Anexo.

## GESTIÓN DE COMPRAS Y MANEJO DE REACTIVOS USADOS EN LAS DIVISIONES DE ALIMENTOS Y MEDIO AMBIENTE DE FARES TAIE

Las Divisiones Análisis de Medio Ambiente y Análisis de Alimentos, del Laboratorio Fares Taie Instituto de Análisis, se encuadran en las normativas de procedimientos del Registro Nacional de Precursores Químicos ([www.renpre.gov.ar](http://www.renpre.gov.ar)). Para tal fin, las divisiones llevan a cabo el Procedimiento para manipulación y almacenamiento de productos químicos. En éste, se establecen los siguientes responsables: representante de la dirección (responsabilidad de la higiene química), representante de Medio Ambiente y de Alimentos (desarrolla y lleva a cabo políticas de higiene químicas) y personal de laboratorio (cumple con lo establecido en las operaciones que realizan). Asimismo, la empresa se rige por los Manuales de Procedimientos del Registro Nacional de Precursores Químicos y el Básico de Precursores Químicos.

La reglamentación vigente (Ley 26.045/2.005) establece el procedimiento de toda entidad registrada en la Dirección Nacional del Registro, Análisis Técnico y Control del Uso de Precursores Químicos (Subsecretaría de Lucha contra el Narcotráfico del Ministerio de Seguridad de la Nación), mediante la Dirección del Registro Nacional de Precursores Químicos (RNPQ) lleva a cabo el control de los movimientos de los precursores químicos. El Laboratorio Fares Taie, Instituto de Análisis es una entidad registrada (N° 17.427/14) para la compra y manejo de reactivos considerados precursores químicos. Se denominan precursores químicos a las sustancias químicas que están presentes en productos de uso cotidiano, siendo su utilización con fines industriales, farmacéuticos y científicos lícita.

### Compras de precursores químicos

Aquellos reactivos que fueron relevados como de uso frecuente en el Laboratorio (Tabla 1), y que son considerados precursores químicos (Tabla 5), son comprados mediante el registro del Laboratorio Fares Taie, Instituto de Análisis ante el RENPRE.

Reactivo	Lista integrante
Acetonitrilo	III
Ácido clorhídrico	I
Cloruro de amonio	III
Alcohol metílico	III
Alcohol isobutílico	III
Éter etílico	I
Hexano	II
Tolueno	II
Xileno	II
Alcohol etílico	III
Cloroformo	III
2-propanona	I
Ácido acético	II
Anhídrido acético	I
Diclorometano	II

*Tabla 5: Listado de precursores químicos existentes en el Laboratorio.  
Fuente: Elaboración propia.*

Donde las Listas I y II son de control obligatorio, si bien es más riguroso para los precursores de la Lista I, mientras que la Lista III es de control voluntario.

#### Rotulado

Los reactivos son conservados en sus envases originales y son rotulados mediante un número arbitrario y correlativo de acuerdo al listado de almacenamiento de reactivos en el Laboratorio. Además, son clasificados de acuerdo a su peligrosidad y riesgo, considerando su característica de acuerdo a que sea explosivo, comburente, inflamable, tóxico y corrosivo, ya sea de carácter singular o conjunto.

#### Almacenamiento

En el Laboratorio Fares Taie, Instituto de Análisis se aplica la regla de reducir el stock al mínimo. Los reactivos son almacenados en armarios con las medidas de ventilación y el espaciado de los estantes. Asimismo, se almacenan de manera separada los ácidos y solventes orgánicos, como se considera posibles reacciones entre sustancias. Estos armarios se encuentran en la zona de laboratorios de la entidad y no cercanos a la zona de oficinas. La clasificación mencionada en la sección Rotulado es considerada para su almacenamiento, para asegurar la separación de sustancias incompatibles y el agrupamiento de sustancias con características similares.

## Manejo interno

Los ácidos y solventes orgánicos son transportados dentro de las instalaciones por el personal capacitado para tal fin, y lo realizan mediante contenedores evitando el manipuleo directo de envases por riesgo de algún derrame previo no registrado. Este accionar evita que se resbalen y se vuelquen o caigan ocasionando derrames importantes e impacto en las personas y/o estructuras del Laboratorio. Se utilizan portadores de botellas para los recipientes de reactivos con volúmenes superiores a 500ml.

Se mantiene un registro encarpeta de las hojas de seguridad actualizadas de cada reactivo, incluso de aquellos que no son considerados precursores químicos. Estas hojas son actualizadas periódicamente por el personal responsable de los químicos.

Asimismo, se realiza un monitoreo de los reactivos para evidenciar pérdidas, roturas de envases, envejecimiento, etc. Y se lleva un registro de accidentes (incendios, derrames, etc.) tanto digital como en carpeta impresa.

Periódicamente se realizan simulacros de eventualidades posibles a ocurrir. Asimismo, se realizan jornadas de entrenamiento para el manipuleo, desde su recepción como compra hasta su disposición final.

## Disposición final de residuos

La Ley 24.051/1.992 reglamenta las normas relacionadas con los residuos peligrosos comprendiendo desde el ámbito de aplicación hasta su recolección y disposición final. El Laboratorio Fares Taie, Instituto de Análisis tiene contrato con la empresa Mar del Plata Transervice S.R.L., la cual es la responsable del retiro de los residuos peligrosos, encargándose de todas las fases de la operatoria (retiro, transporte y disposición). Se consideran como residuo peligroso todo material que ha estado en contacto con los reactivos, de manera directa y/o indirecta, los cuales son retirados de igual manera.

Los residuos son colocados en envases plásticos con llenado hasta 75% de su volumen, rotulados de acuerdo a la categoría de control (letra Y acompañada del número correspondiente, Ley 24.051/1.992), y almacenados en cabinas acondicionadas. Asimismo, se lleva un registro en planillas de formato establecido donde se registra la sustancia categorizada y volumen.

## ACTUACIÓN EN CASO DE DERRAMES DE ÁCIDOS Y SOLVENTES

Siempre que se produce la manipulación de productos químicos se está expuesto al riesgo que se produzca, de manera accidental, un vertido ocasionado por la caída, ya sea en la manipulación y/o transporte de recipientes conteniendo esta clase de sustancias.

El Laboratorio Fares Taie se encuentra establecido bajo las normas Normas Internacionales IRAM - ISO 9001:2016 de "Gestión de la Calidad", motivo por el cual posee un procedimiento escrito y codificado para la actuación en caso de derrames de sustancias químicas. Ante un derrame el área involucrada debe:

1. notificar al supervisor.
2. evacuar el área.

El Responsable de Medio Ambiente o quien él delegue, debe:

- Consultar la Ficha de Seguridad del producto pertinente para el manejo apropiado del derrame y la limpieza química necesaria.
- Determinar el riesgo potencial del derrame.
- Si tiene carácter de emergencia, evacuar el área. Si hay riesgo de fuego, eliminar la fuente de ignición.
- Establecer la seguridad del sitio para prevenir el acceso y no dañar a otros.
- Establecer que Elemento de Protección Personal se necesita.
- Si hay personal damnificado durante el derrame y/o la limpieza del área, desinfectarlo y proporcionarle atención médica.
- Limpiar el derrame usando equipo adecuado y descontaminar el área involucrada.
- Supervisar la efectividad del procedimiento de limpieza.
- Disponer apropiadamente todos los materiales asociados con el derrame. Todos los materiales absorbentes y neutralizantes usados durante la limpieza de un derrame de productos químicos serán considerados residuos peligrosos.
- Realizar un informe del incidente.

## Solventes inflamables

- No intentar limpiar un derrame de solvente inflamable en presencia de una fuente de ignición. Aplicar un absorbente (carbón activado), comenzando por la parte externa rodeando el derrame, y continuando hacia el interior del mismo. Esto reduce el riesgo de salpicaduras y evita que el derrame de la sustancia química se extienda.
- Mezclar completamente con una pala o una paleta plástica hasta que el material esté seco y no escurra, comprobando que no queda evidencia de restos líquidos libres.
- Trasladar el absorbente impregnado a una bolsa de eliminación que no sea soluble a los solventes. Cerrar la bolsa. Colocar la etiqueta correspondiente.
- Almacenar para posterior disposición como residuo especial.

## Ácidos

Los vertidos de ácidos deben absorberse con la máxima rapidez, ya que tanto el contacto directo como los vapores que se generen, pueden causar daño a las personas, instalaciones y equipamiento.

El procedimiento de actuación cuando ocurren derrames de ácidos implica:

- Aplicar un neutralizante del ácido (Spill X-A, Neutrasorb o producto equivalente como Bicarbonato de sodio) empezando desde la parte interna del derrame.
- Mezclar cuidadosamente con los cepillos y las palas disponibles. En caso de ser necesario, agregar más neutralizante de manera cuidadosa.
- Cuando existe formación de espumas, controlar el pH de la mezcla es necesario. Para este fin, añadir una cucharada del material tratado en 100 ml de agua y medir el pH con papel revelador de pH. Si éste está fuera del rango 3 a 10, agregar más neutralizante y agua.
- Cuando el material ácido se ha tratado suficientemente, recolectar el material neutralizante con una pala de y transferirlo a una bolsa o contenedor plástico para disponerlo como residuo especial. Una vez realizada la neutralización debe lavarse la superficie donde ocurrió el derrame con abundante agua y detergente.

## FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO

El Trabajo Final para acceder al título de Especialista en Seguridad e Higiene propone una mejora sustancial en el sistema de cabinas que presenta el Laboratorio Fares Taie para disminuir sustancialmente la exposición a vapores de solventes y/o ácidos en el ambiente interior de las instalaciones. Para tal fin se requiere materiales que permitan mejorar la situación actual.

### 1. Materiales requeridos:

- ventilador para sistema de ácidos: ventilador centrífugo de polipropileno, de potencia: 1,2 HP.
- ventilador para sistema de solventes: ventilador centrífugo de chapa galvanizada, de potencia: 2,88 HP.
- caños de polipropileno para los conductos de sistema de ácidos: 26 m de tramos rectos, 2 codos de 90° R/D=2.
- caños de polipropileno para los conductos de sistema de extracción de solventes: chapa galvanizada 27 m de tramos rectos y 3 codos de 90° R/D=2.
- recubrimiento acero inoxidable para la cabina 1 (superficie de la cabina 6,65m<sup>2</sup>).
- pintura epoxi (resina epoxi) poliamina anticorrosiva de alta resistencia 20L.
- sistema de alarma visual y sonora para la instalación de las cabinas existentes para el flujo de aire, en el caso de algún mal funcionamiento.
- Lavador de gases para el tratamiento de los gases ácidos.
- Equipo de filtración y adsorción destinado al tratamiento de los solventes orgánicos.

- ### 2. Mano de obra:
- El Laboratorio Fares Taie, Instituto de Análisis presenta su propia área de mantenimiento, por lo que no se requiere la contratación de personal para la realización de las mejoras.

En la Tabla 6, se indica el monto total de los insumos requeridos para la mejora.

Insumo	Cantidad	Costo individual (\$)	Costo total (\$)
Ventilador de polipropileno 1,2HP	1	9870	9870
Ventilador galvanizado 2,88HP	1	5500	8200
26m lineal Caño polipropileno (200mm x 4m)	7	720	5110
Codo polipropileno 90 <sup>a</sup>	2	150	300
27m lineal caño galvanizado (1m)	27	145	3915
Codo galvanizado 90°	3	120	360
Pintura epoxi poliamina 20l	1	2200	2200
Plancha acero inoxidable (0,6 x 0,6m)	54	600	32400
Lavador de gases con bomba	1	218820	218820
Equipo de adsorción con carbón activado	1	125618	125618
Sistema de alarma de velocidad del aire *			

*Tabla 6: Costos asociados a las mejoras del SVLE del Laboratorio Fares Taie. \* a la espera de presupuesto.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Empresas y presupuestos: las fechas de los presupuestos fueron del 10 al 14 de abril excepto para el Lavador y el Equipo de adsorción cuyos presupuestos corresponden al día 3 de mayo.

- Acero inoxidable: Urbania SA.
- Caños PP: Naplast Distribuidora.
- Caños galvanizados: Hierros Faule.
- Ventiladores: Tomasini.
- Pintura epoxi: Tekno Argentina SA.
- Cabinas comerciales: Zeilan SA, Serintec Amoblamientos.
- Lavador de gases con bomba, modelo TLG 20 de la empresa Hurner Argentina S.A. El presupuesto es de 14000 dólares. Se considera cotización del dólar del día del presupuesto (15,63).
- Equipo de impulsión, filtración y purificación de aire de la empresa CASIBA S.A. El presupuesto es de 8037 dólares. Se considera cotización del dólar del día del presupuesto (15,63).

El análisis primario de factibilidad radica en la comparación de los costos para realizar las mejoras y el costo de la compra de una cabina nueva (Tabla 7), considerando la compra de dos cabinas, una para uso con ácidos y otra para uso con solventes. Las mejoras propuestas corresponde a la mitad del costo de la compra de una cabina nueva, indicando que la propuesta realizada de mejoras es altamente factible como consecuencia del siguiente balance: necesidad de disminuir sustancialmente la exposición laboral de gases



por baja eficiencia en extracción de las cabinas actuales / cumplimiento de las CMP - costo cabinas nuevas – mejoras sustanciales resultantes de la propuesta.

Cabina completa	Mejoras
\$98674,29 (1m x 1,3m de frente)	\$ 42.755
\$ 89383,91 (1m x 1,3m de frente)	
\$ 103134,35 (1m x 1,5m de frente)	

Tabla 7: Comparación de costos de una cabina nueva vs. Costos asociados a las mejoras propuestas del SVLE del Laboratorio Fares Taie.  
Fuente: Elaboración propia.

Análisis secundario de factibilidad económica considerando la realización de las mejoras en pasos, sin perjudicar las mejoras propuestas para la extracción efectiva de los gases evitando su dispersión por la atmosfera del laboratorio (Figura 10).

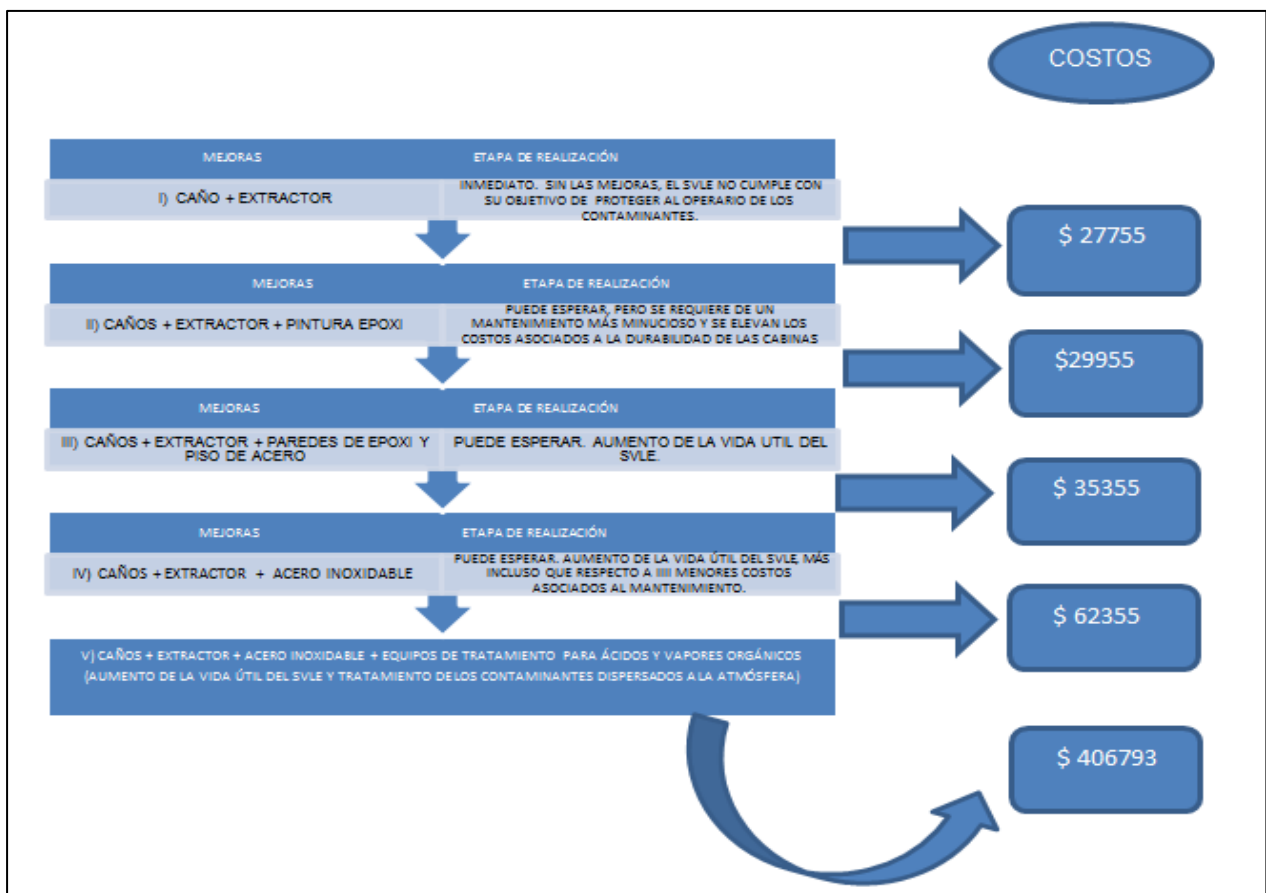


Figura 10: Diagrama de flujo de las mejoras en pasos.  
Fuente: Elaboración propia.

Referido al financiamiento del proyecto presentado, existen tanto subsidios de entidades públicas (sistemas de subsidios no reembolsables), o solicitudes a bancos privados para emprendimientos PYMES de baja tasa.

Posibles fuentes de financiamiento:

- Aportes No Reembolsables para Desarrollos Tecnológicos con Impacto Social FONTAR-ANR, tipo ANR 4800 2017 C1. Créditos a Empresas (CAE).
- FONTAR – BICE.
- Créditos bancarios: por ej., Banco Ciudad Líneas PYMES y Banca Empresas PYME-Hipotecario.

Para el caso de los subsidios FONTAR y FONTAR-ANR, debido a que son subsidios destinados íntegramente a proyectos de avances tecnológicos, las propuestas de mejoras de las cabinas estarían encuadradas dentro de un proyecto general de adquisición de insumos destinados a la prevención y optimización de las condiciones de seguridad en el Laboratorio relacionados con el uso de los equipos de alta complejidad existentes en el mismo (HPLC-MS-MS, Absorción Atómica, Cromatógrafo Gaseoso, entre otros).

## CONCLUSIONES

El relevamiento de los reactivos empleadas en el Laboratorio Fares Taie es un indicador que las sustancias que se utilizan a diario son contaminantes nocivos y perjudiciales para la salud. Su consumo en el período de un mes y su naturaleza y consecuente toxicidad, ponen de manifiesto los peligros a los que el personal de las Divisiones de Alimentos y de Medio Ambiente se encuentran habitualmente expuestos.

En el caso que se sobrepasen las CMP de las sustancias involucradas a lo largo de la jornada laboral, pudiendo ser acumulativa la exposición, por lo tanto es imperiosa la necesidad de instalar un sistema de extracción localizado apropiado, capaz de eliminar eficientemente los gases de los reactivos contaminantes y así disminuir considerablemente los niveles de exposición.

La medición de la velocidad del frente de las cabinas evidencia que las mismas no son eficaces por lo que no cumplen con el objetivo de proteger la integridad y la salud física del trabajador.

Se propone la diferenciación del uso de las cabinas existentes según el grupo de contaminante a manipular, y el material constructivo acorde para todo el sistema de extracción localizada (que involucra tanto a las cabinas, como a los conductos, el ventilador y su correspondiente descarga a la atmósfera).

Se diseña apropiadamente cada cabina, incorporándoles ranuras para que la distribución en el frente de las mismas sea uniforme y se logre la máxima eficiencia aerodinámica en la captación del contaminante.

Se considera como propuesta de mejora la incorporación de un lavador de gases como equipo de tratamiento para el SVLE simple y un equipo de adsorción con carbón activado y albúmina activada impregnada con permanganato para el SLVE en serie del Laboratorio Fares Taie.

Las mejoras propuestas del SVLE para las cabinas usadas exclusivamente con solventes orgánicos requieren de un ventilador centrífugo de potencia 2,88 HP. Este resultado implica que el ventilador que se utiliza en la actualidad (2HP), no es suficiente siquiera para vencer las pérdidas de carga del sistema de cabinas dispuestas en serie.

## CONCLUSIONES

Las mejoras propuestas del SVLE para la cabina usada exclusivamente con de ácidos requiere de un ventilador centrífugo de potencia 1,2 HP, y así vencer las pérdidas de carga originadas por el sistema. En principio, el ventilador instalado actualmente podría ser utilizado para el sistema de extracción de ácidos ya que presenta una potencia de 2 HP; el problema radica en el material constructivo del mismo, ya que no es de material plástico.

Si se consideran las mejoras en cuanto a diseño del SVLE tanto de ácidos como de solventes orgánicos se deduce que el ventilador existente en el Laboratorio *no es apropiado* para ninguna de las tres cabinas:

- Para las cabinas dispuestas en serie de utilización exclusiva de solventes orgánicos, la potencia del ventilador existente es menor a la que requiere el sistema (2 HP < 2,88 HP).
- En tanto que para el sistema de extracción simple destinado exclusivamente a ácidos, si bien la potencia alcanza para los requerimientos del sistema, el material constructivo del ventilador no es el adecuado para este tipo de contaminantes. Se requiere un ventilador de material plástico (polipropileno).

Debido a la necesidad de incorporar mejoras en el sistema de protección colectivo, se ha propuesto una serie de etapas de mejoras en cuanto al costo de las mismas y la factibilidad económica del proyecto, de modo que la gerencia del Laboratorio Fares Taie pueda evaluar alternativas en la medida de sus posibilidades, sin disminuir la mejora en la calidad del ambiente del Laboratorio contemplando las ventajas y limitaciones de seleccionar cada opción.

Las etapas propuestas involucra desde la etapa básica (Mejora I) y necesaria actualmente para mejorar la calidad atmosférica del Laboratorio y disminuir el riesgo de exposición de los operarios, que es la modificación de ventiladores y conductos, hasta el recubrimiento de las cabinas con el material constructivo necesario de acuerdo a los reactivos empleados.

Se proporciona el precio de compra de una cabina estructurada para su comparación con el costo presupuestado para la mejora de las tres cabinas instaladas actualmente, indicando que las mejoras son sustancialmente beneficiosas no solo técnicamente sino en dinero requerido.

Asimismo, se proporcionan alternativas para el financiamiento de los costos asociados al proyecto, mediante subsidios en materia de Seguridad e Higiene y/o préstamos bancarios para PYMES, de manera que se pueda mejorar las condiciones de trabajo de las Divisiones de Alimentos y de Medio Ambiente, del Laboratorio Fares Taie.

## BIBLIOGRAFIA

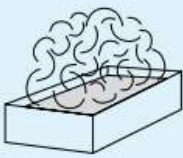
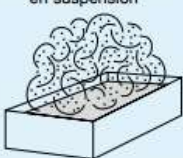
- Burton, D. Jeff (1994). Laboratory Ventilation Work Book. Fairfax, Estados Unidos. Ed American Industrial Hygiene Association U.S. 300p.
- Espinosa, M. (2012). Procedimiento para el manejo y disposición de muestras y residuos. COD: ECP 0413. Revisión 5, FARES TAIE, Instituto de Análisis. 4p.
- Goberna y col. (1992). Ventilación Industrial – Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos laborales. Valencia, España. Ed Artes Gráficas Soler S.A. 416p.
- Klaassen C. (2001). Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons 6th edition. McGraw-Hill Professional, Nueva York, 782 p.
- Kucich, N. (2015) Procedimiento de compras y evaluación de proveedores. COD: QAP0601. Revisión 17, FARES TAIE, Instituto de Análisis. 9p.
- Ley Nacional 19.587 / 1972 - Decreto Reglamentario 351/79 actualizado por Resolución 295/2003.
- Ley Nacional 24.051/1992 - Residuos peligrosos - Generación, manipulación, transporte y tratamiento.
- Ley Nacional 26.045/2005 – Registro Nacional de Precursores Químicos.
- Médici, S. (2014). Procedimiento para la manipulación y almacenamiento de productos químicos. COD: QAP 1502. Revisión 6, FARES TAEI, Instituto de Análisis. 7p.
- Resolución 295/2003. Anexo IV.
- Soler & Palau Sistemas de Ventilación S.L.U. (2012). Manual Práctico de Ventilación. España. 52p.

### Sitios web

- <https://www.atsdr.cdc.gov/MMG/MMG.asp?id=758&tid=147> (Ácido clorhídrico).
- <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=256&tid=47> (Ácido sulfúrico).
- <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp126.pdf> (Hidróxido de amonio).
- <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=393&tid=68> (Hexano).
- <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=161&tid=29> (Tolueno).
- <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp71.pdf> (Xileno).
- <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=53&tid=16> (Cloroformo).
- <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=1> (2-propanona).
- <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/TP.asp?id=234&tid=42> (Diclorometano).
- <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=474&tid=84> (Disulfuro de carbono).

- <https://www.atsdr.cdc.gov/>
- <https://www.osha.gov/>
- <http://www.renpre.gov.ar/pdfs/tutoriales/manualBasicoPeQuim.pdf> (RENPRE Registro Nacional de Precursores Químicos )
- <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/35000-39999/39624/texact.htm>
- <http://www.mecon.gov.ar/digesto/decretos/2000/decreto1116/decreto1116.htm>
- <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/260000-264999/264956/norma.htm>
- <http://www2.medioambiente.gov.ar/sian/pan/Leyes-decretos/Ley24051.htm>
- <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/96-3395.html> (Decreto 3395).
- <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/45000-49999/45978/norma.htm> (Resolución 242).
- <https://www.pce-iberica.es>

ANEXO

Únicamente gases y vapores	Características de la fuente de contaminación	Ejemplos	Velocidad de captación m/s
	Desprendimiento con velocidades casi nulas y aire quieto.	Cocinas. Evaporación en tanques. Desengrasado.	0,25 - 0,5
	Desprendimientos a baja velocidad en aire tranquilo.	Soldadura. Decapado. Talleres galvanotecnia.	0,5 - 1
	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Cabinas de pintura.	1 - 2,5
Con partículas sólidas en suspensión 	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Trituradoras.	1 - 2,5
	Desprendimiento a alta velocidad en zonas de muy rápido movimiento del aire.	Esmerilado. Rectificado.	2,5 - 10

Se adoptarán valores en la zona inferior o superior de cada intervalo según los siguientes criterios:

<b>Inferior</b> 1. Pocas corrientes de aire en el local. 2. Contaminantes de baja toxicidad. 3. Intermittencia de las operaciones. 4. Campanas grandes y caudales elevados.	<b>Superior</b> 1. Corrientes turbulentas en el local. 2. Contaminantes de alta toxicidad. 3. Operaciones continuas. 4. Campanas de pequeño tamaño.
---	---

Tabla I: Velocidades de captación en el frente de la cabina.  
 Fuente: Manual Práctico de Ventilación de Soler & Palau (2012).

VELOCIDADES RECOMENDADAS PARA DISEÑO DE CONDUCTOS		
Naturaleza del contaminante	Ejemplos	Velocidad de diseño (m/s)
Vapores, gases, humos de combustión	Todos los vapores, gases y humos	Indiferente (la velocidad óptima económicamente suele encontrarse entre 5 y 10 m/s)
Humos de soldadura	Soldadura	10-12,5
Polvo muy fino y ligero	Hilos de algodón, harina de madera, polvo de talco	12,5-15
Polvos secos	Polvo fino de caucho, baquelita en polvo para moldeo, hilos de yute, polvo de algodón, virutas (ligeras), polvo de detergente, raspaduras de cuero	15-20
Polvo ordinario	Polvo de desbarbado, hilos de muela de pulir (secos), polvo de lana de yute (residuos de sacudidor), polvo de granos de café, polvo de cuero, polvo de granito, harina de sílice, manejo de materiales pulverulentos en general, corte de ladrillos, polvo de arcilla, fundiciones (en general), polvo de caliza, polvo en el embalado y pesado de amianto en industrias textiles	17,5-20
Polvos pesados	Polvo de aserrado (pesado y húmedo), viruta metálica, polvo de desmoldeo en fundiciones, polvo en el chorreado con arena, pedazos de madera, polvo de barrer, virutas de latón, polvo en el taladrado de fundición, polvo de plomo	20-22,5
Polvo pesado húmedo	Polvo de plomo con pequeños pedazos, polvo de cemento húmedo, polvo del corte de tubos de amianto-cemento, hilos de muela de pulir (pegajosos)	> 22,5

Tabla II: Velocidades recomendadas para el diseño de conductos.  
 Fuente: Ventilación Industrial – Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos laborales (1992).



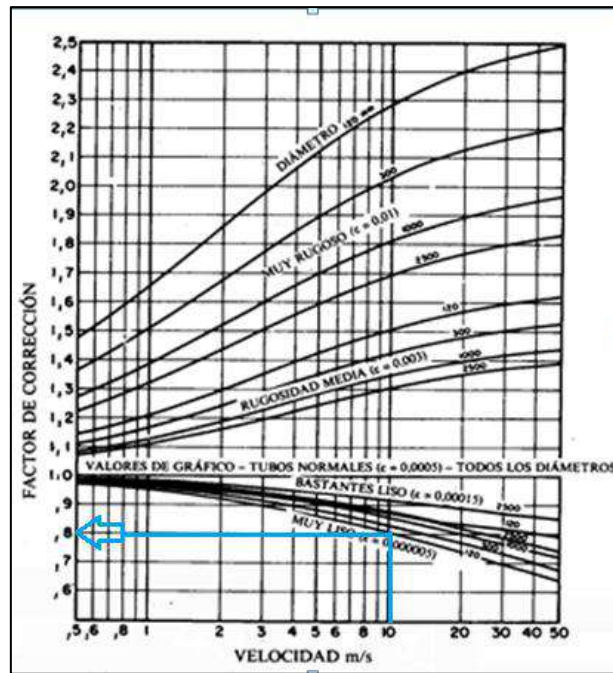

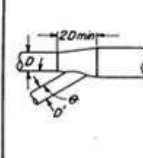
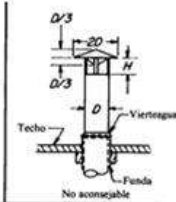


Figura I: Factor de corrección por rugosidad del conducto.  
 Fuente: Ventilación Industrial – Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos laborales (1992).

**LONGITUDES EQUIVALENTES DE ACCESORIOS EN METROS**

Diámetro en mm	Codo de 90° Radio de curvatura R			Ángulo de la unión		H, expresada en diámetros		
	1,5D	2,0D	2,5D	30°	45°	1,0 D	0,75 D	0,5 D
75	1,4	0,9	0,7	0,5	0,9	0,3	0,5	2,0
100	2,0	1,3	1,1	0,8	1,3	0,5	0,8	3,4
125	2,6	1,7	1,4	1,1	1,7	0,6	1,1	4,4
150	3,2	2,2	1,8	1,4	2,2	0,8	1,4	5,5
175	3,9	2,6	2,2	1,7	2,6	0,9	1,7	6,6
200	4,6	3,1	2,5	2,0	3,1	1,1	2,0	7,8
250	6,0	4,0	3,3	2,6	4,0	1,4	2,6	10
300	7,4	5,0	4,1	3,2	5,0	1,8	3,2	13
350	8,9	6,0	5,0	3,8	6,0	2,1	3,8	15
400	10	7,0	5,8	4,5	7,0	2,5	4,5	18
450	12	8,1	6,7	5,2	8,1	2,8	5,2	21
500	14	9,2	7,6	5,9	9,2	3,2	5,9	23
600	17	11	9,5	7,3	11	4,0	7,3	29
700	21	14	11	8,8	14	4,8	8,8	35
800	24	16	13	10	16	5,7	10	41
900	28	19	15					
1000	32	21	18					
1200	39	26	22					

Figura II: Longitudes equivalentes (m) de accesorios.  
 Fuente: Ventilación Industrial – Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos laborales (1992).



Figura III: Medición de la velocidad de captación en el frente de la cabina mediante un termoanemómetro PROVA AVM 07.  
Fuente: Elaboración propia.

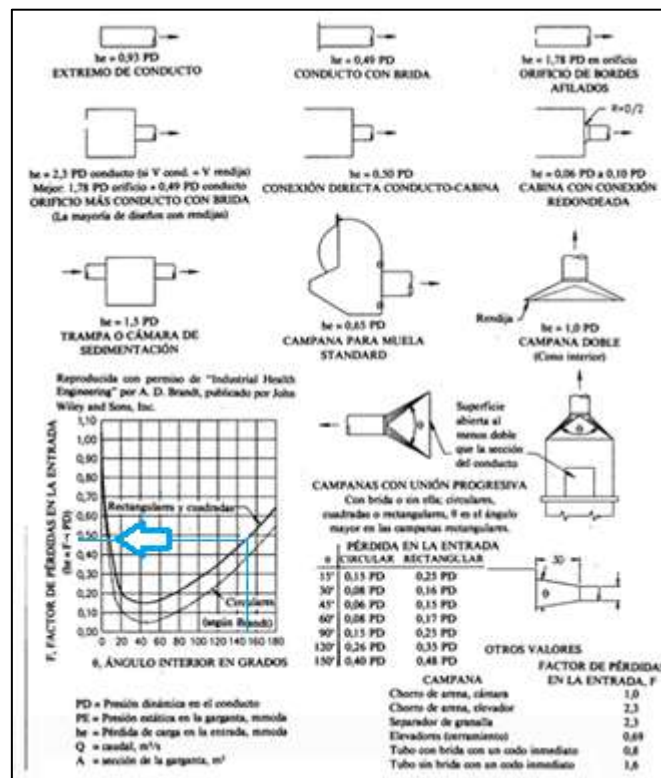


Figura IV: Coeficientes de pérdidas en entradas al sistema.  
Fuente: Ventilación Industrial – Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos laborales (1992).



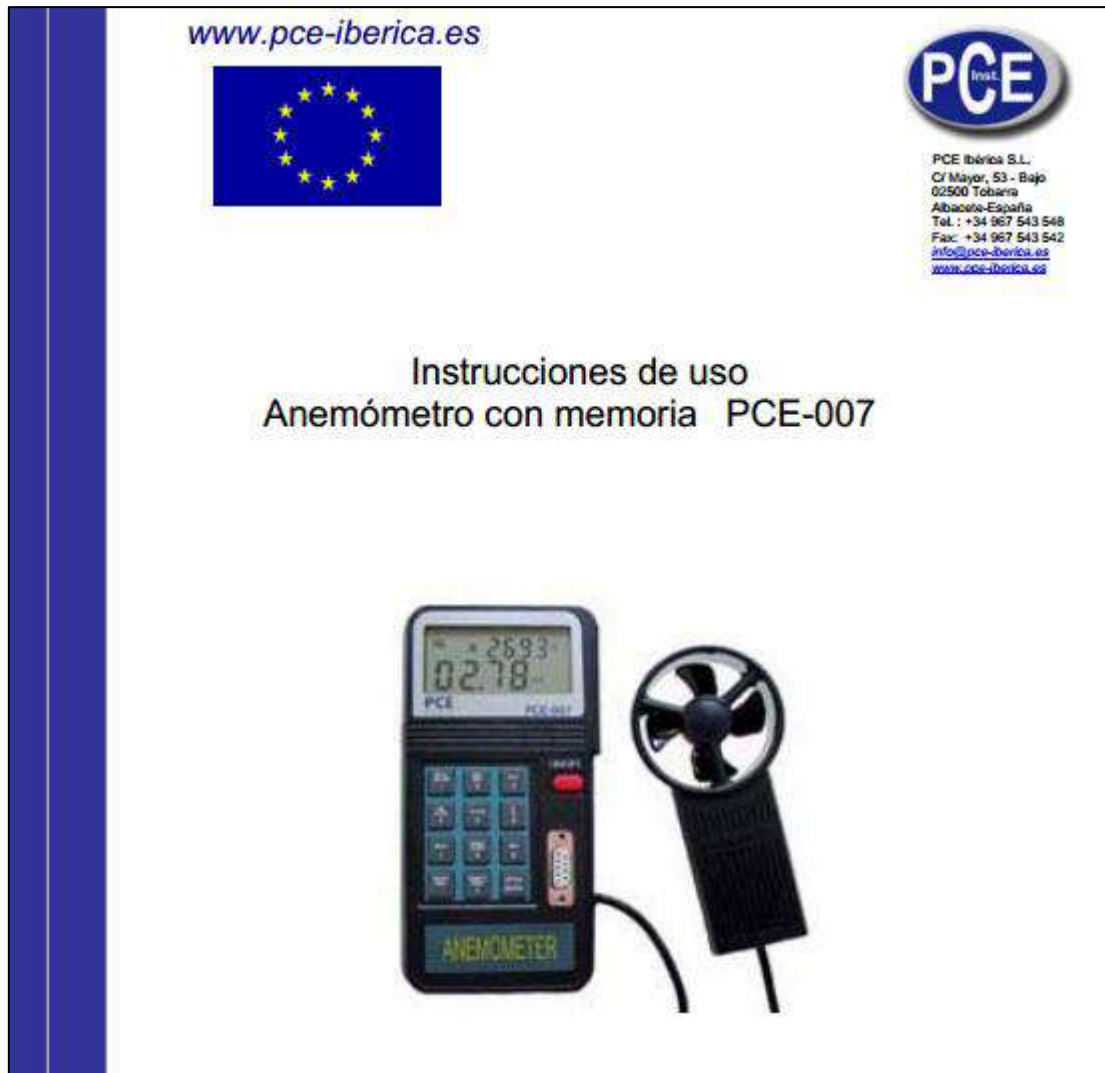


Figura VI: Manual del Anemómetro PROVA AVM 07.  
Fuente: [www.pce-iberica.es](http://www.pce-iberica.es).

<b>INDICE</b>	
<b>1. Seguridad</b>	<b>3</b>
<b>2. Descripción de los elementos</b>	<b>3</b>
<b>3. Manejo</b>	<b>4</b>
<b>3.1 Medición de la velocidad del aire</b>	<b>4</b>
<b>3.2 Medición de la temperatura del aire</b>	<b>4</b>
<b>3.3 Medición del caudal volumétrico de aire</b>	<b>4</b>
<b>3.4 Medición del caudal volumétrico de aire en 2/3 de velocidad de aire</b>	<b>4</b>
<b>3.5 Medición del caudal volumétrico de aire medio</b>	<b>4</b>
<b>3.6 Mantener el valor de medición</b>	<b>5</b>
<b>3.7 Valores MIN / MAX</b>	<b>5</b>
<b>3.8 Grabación del valor de medición</b>	<b>5</b>
<b>3.9 Grabación continuada de los valores de medición</b>	<b>5</b>
<b>3.10 Vista secuencial de los valores almacenados</b>	<b>5</b>
<b>3.11 Vista arbitraria de los valores almacenados</b>	<b>5</b>
<b>3.12 Transmisión de los valores a un PC / Laptop en pasos de 15 byte cada uno</b>	<b>5</b>
<b>3.13 Formato de los datos en la transmisión de datos (15 byte)</b>	<b>5</b>
<b>3.14 Transmisión de todos los datos guardados (Download completo) al PC</b>	<b>5</b>
<b>3.15 Borrado completo de los datos memorizados</b>	<b>5</b>
<b>4. Software compatible con Windows</b>	<b>6</b>
<b>4.1 Esquema general</b>	<b>6</b>
<b>4.2 File / Documento</b>	<b>6</b>
<b>4.3 Impresión de datos de la base de datos</b>	<b>6</b>
<b>4.4 Pantalla</b>	<b>7</b>
<b>4.5 Data Logger</b>	<b>7</b>
<b>5. Cambio de la batería</b>	<b>7</b>

*Figura VI: Manual del Anemómetro PROVA AVM 07.  
Fuente: [www.pce-iberica.es](http://www.pce-iberica.es).*

**1. Seguridad**

Lea atentamente las instrucciones antes de poner el anemómetro en funcionamiento. No nos responsabilizamos de los daños producidos por una incorrecta manipulación o interpretación de las indicaciones.

- No se deben sobrepasar los valores máximos de entrada permitidos.
- El aparato sólo debe ser usado en las condiciones de temperatura permitidas.
- El sensor debe ser protegido con su funda protectora cuando no esté siendo utilizado.
- No usar el medidor cerca de campos eléctricos (altas tensiones, motores).
- Estabilice el medidor a la temperatura ambiente antes de su puesta en funcionamiento.
- Sólo el personal especializado de PCE Group está autorizado para abrir la carcasa del aparato.
- No apoyar nunca el aparato sobre la superficie del teclado (p.e. sobre una mesa)
- No realizar ningunas modificaciones técnicas en el aparato.
- Limpiar el aparato con un paño húmedo y usar sólo productos de limpieza de pH neutro.

**2. Descripción de los elementos**

1 = Pantalla LCD  
 2 = Rueda alada  
 3 = Interruptor „On / Off“  
 4 = Interfaz RS-232  
 5 = Teclado de funciones

AVE = Este símbolo aparece al seleccionar la función de la medición de flujo medio.  
 MIN = Si presiona dos veces la tecla „MAX/MIN“ aparece este símbolo como indicador del valor mínimo.  
 2/3 V = Este símbolo se muestra junto con „MAX“ cuando se selecciona la medición de caudal volumétrico 2 / 3.  
 MAX = Si presiona una vez la tecla „MAX/MIN“ aparece este símbolo como indicador del valor máximo.  
 VEL = Si presiona la tecla „VEL/FLOW“ (4), medirá la velocidad del aire.  
 READ = Si selecciona la función de lectura, este símbolo anuncia que se pueden leer los datos almacenados en el anemómetro.  
 REC = Este símbolo aparece durante la grabación de valores de medición.  
 RS232 = Este símbolo aparecerá al elegir la función de transmisión de datos.  
 ft<sup>2</sup> = Este símbolo aparece durante la medición del caudal volumétrico cuando el área de la sección fue introducida en foot<sup>2</sup>.  
 m<sup>2</sup> = Este símbolo aparece durante la medición del caudal volumétrico cuando el área de la sección fue introducida en m<sup>2</sup>.  
 °C = Este símbolo indica la medición de la temperatura en la unidad °Celsius  
 °F = Este símbolo indica la medición de la temperatura en la unidad °Fahrenheit  
 CFM = Este símbolo indica la unidad „cubic feet per minute“ (caudal volumétrico)  
 CMM = Este símbolo indica la unidad „metro cúbico por minuto“ = m<sup>3</sup>/min (caudal volumétrico)  
 x100 = Este símbolo indica que los valores que se muestran en la pantalla son multiplicados por „100“  
 x10 = Este símbolo indica que los valores que se muestran en la pantalla son multiplicados por „10“  
 m/s = Este símbolo indica que la unidad de medida es m/s  
 ft/min = Este símbolo indica que la unidad de medida es ft/min  
 MPH = Este símbolo indica que la unidad de medida es mph  
 km/h = Este símbolo indica que la unidad de medida es km/h

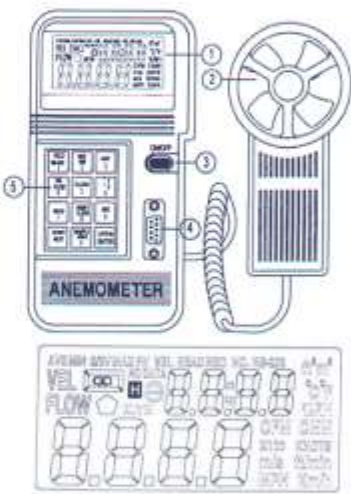


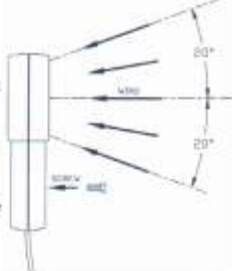
Figura VI: Manual del Anemómetro PROVA AVM 07.

Fuente: [www.pce-iberica.es](http://www.pce-iberica.es).

**3. Manejo**

**3.1 Medición de la velocidad del viento**

Observe el dibujo anterior.



- Presione la tecla „ON/OFF“ para conectar el aparato, seleccione la tecla de función „VELFLOW“ (4). El símbolo „VEL“ aparecerá en la pantalla.
- Presione la tecla „UNIT“ (3), para seleccionar la unidad de medida.
- Averigüe la dirección de flujo aproximada.
- Sujete la cabeza del anemómetro en el flujo de aire (de delante a detrás / tenga en cuenta la flecha de dirección en la parte superior)
- Espere 2 seg hasta que el valor de medición se mantenga estable.
- Para obtener la mayor precisión en la medición intente sujetar el eje de la cabeza en ángulo de 20° en dirección al flujo de aire.

**3.2 Medición de la temperatura del aire**

- Al medir la velocidad del aire, se nos da automáticamente la temperatura.
- Seleccione la unidad de medida deseada con la tecla „C/F“ (6)
- Vuelva a colocar la cabeza de medición en el flujo de aire / se mostrará la temperatura.

**3.3 Medición del caudal volumétrico de aire**

- Presione la tecla „ON/OFF“ para conectar el aparato, seleccione por medio de la tecla de función „VELFLOW“ (4) la función „FLOW“. El símbolo „FLOW“-Symbol aparece en la pantalla.
- Presione la tecla „UNIT“ (3), para seleccionar la unidad de medida (CFM o CMM)
- En la parte superior de la pantalla aparecerá la última área de sección ajustada. Para introducir una nueva presione la tecla „AREA“ (0). Los cuatros símbolos de abajo quedarán libres y podrán ser rellenados.
- Presione varias veces la tecla „OPTION“ hasta que no aparezca ningún símbolo („AVE“ „2/3VMAX“) en la pantalla. Utilice el teclado numérico para introducir los valores numéricos. Una vez que haya rellenado los campos libres presione la tecla „ENTER“ para finalizar la entrada de números. Una vez que han sido introducidos los 4 números el aparato abandona automáticamente el área.
- Averigüe la dirección de flujo aproximada.
- Sujete la cabeza del anemómetro en el flujo de aire (de delante a detrás / tenga en cuenta la flecha de dirección en la parte superior)
- Espere 2 seg hasta que el valor de medición se mantenga estable.
- El valor de caudal volumétrico mostrado es producto de la velocidad de flujo y la superficie.

**3.4 Medición del caudal volumétrico de aire con velocidad de aire 2/3**

- Presione la tecla „ON/OFF“ para conectar el aparato, seleccione por medio de la tecla de función „VELFLOW“ (4) la función „FLOW“. El símbolo „FLOW“ aparece en la pantalla.
- Presione la tecla „UNIT“ (3), para seleccionar la unidad de medida (CFM o CMM)
- En la parte superior de la pantalla aparecerá la última área de sección ajustada. Para introducir una nueva presione la tecla „AREA“ (0). Los cuatros símbolos de abajo quedarán libres y podrán ser rellenados.
- Presione varias veces la tecla „OPTION“ hasta que pueda seleccionar „2/3VMAX“
- Averigüe la dirección de flujo aproximada.
- Sujete la cabeza del anemómetro en el flujo de aire (de delante a detrás / tenga en cuenta la flecha de dirección en la parte superior)

**3.5 Medición del caudal volumétrico medio**

- Presione la tecla „ON/OFF“ para conectar el aparato, seleccione por medio de la tecla de función „VELFLOW“ (4) la función „FLOW“. El símbolo „FLOW“ aparece en la pantalla.
- Presione la tecla „UNIT“ (3), para seleccionar la unidad de medida (CFM o CMM)
- En la parte superior de la pantalla aparecerá la última área de sección ajustada. Para introducir una nueva presione la tecla „AREA“ (0). Los cuatros símbolos de abajo quedarán libres y podrán ser rellenados.
- Presione varias veces la tecla „OPTION“ hasta que pueda seleccionar „AVE“
- Presione la tecla „START“ para borrar los números de la zona superior de la pantalla.
- Averigüe la dirección de flujo aproximada
- Busque un punto de medición libre y presione la tecla „NEXT“ para averiguar el valor medio. El valor de la parte superior de la pantalla nos informa del número de notificaciones realizadas (son posibles 12)

**3.6 Mantener el valor de medición**

- Para „congelar“ el valor representado en la pantalla deberá presionar la tecla „HOLD“

**3.7 Valores MIN / MAX**

- Presione la tecla „MAX/MIN“ para mantener los valores mínimo y máximo de velocidad, temperatura y caudal volumétrico.

Figura VI: Manual del Anemómetro PROVA AVM 07.  
Fuente: [www.pce-iberica.es](http://www.pce-iberica.es).

**3.8 Grabación del valor de medición**

- Para grabar una „instantánea“ de un grupo de datos (cuota de medición 0) ponga la cuota de medición a 0 presionando la tecla „SAMPLE“ (en modo „VEL“), (se mostrará la cuota de medición anteriormente ajustada). Introduzca un „0“ y presione la tecla „ENTER“.
- Siempre que presione la tecla „ENTER“, el valor mostrado en la pantalla será grabado en la memoria interna (la memoria se mantiene aunque se extraiga la batería).

**3.9 Grabación continuada del valor de medición**

- Seleccione la cuota de medición (de 1 a 240) y presione la tecla „SAMPLE“ (0) en modo „VEL“. La cuota de medición anteriormente ajustada aparecerá en la parte superior de la pantalla.
- Introduzca el valor que desee y presione la tecla „ENTER“.
- Siempre que presione la tecla „ENTER“, todos los valores mostrados se irán grabando en la memoria (con la cuota de medición previamente dada). Los datos almacenados se mantienen aunque se extraiga la batería). El símbolo „REC“ aparece en la pantalla indicando el estado de grabación. La capacidad de memoria máxima es de 2000 grupos de datos.
- Si desea parar la grabación de datos, vuelva a presionar la tecla „REC“.

**Atención:** Si el aparato se desconecta manualmente durante la grabación o se apaga por tener la batería baja, se perderán todos los datos. Si el aparato está grabando y se llena la memoria, se apagará pero todos los datos se mantendrán en la misma.

**3.10 Vista secuencial de los valores almacenados**

- Presione la tecla „READ“ (7) para poder ver en la pantalla los valores almacenados. El número del grupo de datos (RECORD NUMBER) también se mostrará en la pantalla.
- Presione la tecla „RESET“ para abandonar el modo READ.

**3.11 Vista arbitraria de los valores almacenados**

- Si el aparato se encuentra en el modo „READ“ podrá visualizar los valores de medición seleccionados. Presione la tecla „SAMPLE“ (0) e introduzca cualquier nº de grupo de datos.
- Presione la tecla „READ“ y aparecerán en la pantalla los datos seleccionados.
- Presione la tecla „RESET“ para abandonar el modo READ.

**3.12 Transmisión de los valores a un PC / Laptop en pasos de 15 byte cada uno**

- Presione la tecla „RS-232“ (1) mientras enciende el aparato. El símbolo „RS-232“ aparecerá en la pantalla. Se enviarán 15 bytes/seg del aparato al puerto.

**3.13 Formato de los datos en la transmisión de datos (15 byte)**

- Byte1: 00 (hex)
- Byte2: bit4: velocidad OL, bit5: superficie OL, bit6: temperatura OL
- Byte3: 0: m/s, 1: ft/min, 2: knots, 3: km/h, 4: MPH
- Byte4: bit2: MAX, bit3: MIN, bit4: 0-VEL, 1: FLOW, bit5: 0-DEGREE C, 1-DEGREE F, bit7: RS-232
- Byte5: bit0: 0-CMM, 1-CFC, bit3: Low Battery, bit4: temperatura -OL, bit5: AVE, bit6: 2/3Vmax, bit7: Instant
- Byte6: valor decimal inferior LCD
- Byte7: valor decimal superior LCD, bit2: x1, bit3: dp1, bit4: dp2, bit5: dp3
- Byte8: Posición 3 en el área superior LCD
- Byte9: Posición 2 en el área superior LCD
- Byte10: Posición 1 en el área superior LCD
- Byte11: Posición 0 en el área superior LCD
- Byte12: Posición 3 en el área inferior LCD
- Byte13: Posición 2 en el área inferior LCD
- Byte14: Posición 1 en el área inferior LCD
- Byte15: Posición 0 en el área inferior LCD

**3.14 Transmisión de todos los datos guardados (Download completo) al PC**

Presione „D“, para transmitir al PC los valores de medición almacenados , la tecla „D.LOAD“ (5) para enviar todos los datos al puerto RS-232.

**3.15 Borrado completo de los datos memorizados**

Mientras presiona la tecla „CLEAR“, encienda el medidor presionando la tecla „ON“. El registro de mediciones guardadas se eliminará por completo.

Figura VI: Manual del Anemómetro PROVA AVM 07.  
Fuente: [www.pce-iberica.es](http://www.pce-iberica.es).




**4. Software compatible con Windows**

Para representar los valores del aparato directamente en el PC tendrá que activar al aparato con la interfaz RS-232. Presione la tecla „RS-232“ (1) mientras enciende el aparato. Encienda el aparato con la tecla „ON / OFF“. Aparecerá en la parte superior „RS-232“ y el símbolo „RS-232“ aparecerá en la pantalla.

**4.1 Esquema general**

Cuando inicie el programa, éste buscará automáticamente el aparato. Normalmente se encuentra conectado a uno de los puertos del PC. Si no encuentra ninguna conexión a puerto o no hay ningún puerto libre, informará con el mensaje „No communication port“ y el programa finalizará. Si la comunicación tiene éxito, aparecerá una pantalla como la que se muestra en la imagen.

- Sample : el valor „Sample“ es la cuota de medición
- Temperature : temperatura del aire
- Option : opción de pantalla = MAX, MIN, AVE, 2/3Vmax
- Unit : unidad de medida (m/s, ft/min, nudo, mph, km/h, CFM o CMM)
- Value : valor de medición del anemómetro
- Range : rango de medición
- Minimum : valor mínimo, el valor medido más pequeño
- Reset : borra los valores mínimo y máximo guardados
- Maximum : valor máximo, el valor medido más grande
- Lower : el valor más pequeño del rango de medición especificado
- Upper : el valor más grande del rango de medición especificado



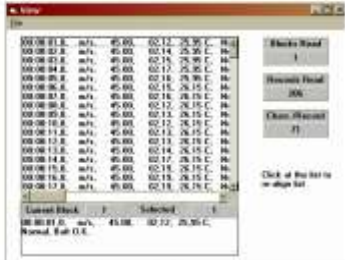
**4.2 File / Documento**

Si selecciona la opción „File“ se abre un menú Pull-Down que le mostrará 6 opciones:

- Name
- Start Recording (comienzo de la grabación)
- End Recording (finalización de la grabación)
- VIEW (vista)
- Plot Data from File (impresión de los datos)
- EXIT (finalizar)

En la imagen contigua pueden ver la ventana „VIEW“.

- File : con esta opción se puede abrir el archivo de datos. Se pedirá al usuario que de el nombre del archivo. Tras introducir el nombre y confirmar con „ENTER“, se podrá leer un bloque de datos. El nº de datos a leer dependerá de la capacidad de memoria.
- Blocks Read : muestra la cantidad de bloques a leer
- Records Read : muestra la cantidad de grupos de datos a leer
- Chars./Rec. : muestra la cantidad de caracteres a leer
- Current Block : muestra el nº del bloque actual
- Selected : muestra el nº del grupo de datos actual



**4.3 Grabación de datos de la base de datos**

Si ha seleccionado la opción „Plot Data from File“ en la ventana principal podrá imprimir la curva de datos.

File : abrir el grupo de datos para su impresión  
 Select : selección de la propiedad  
 Scale : modificar la escala del eje Y  
 X Label : selección del nº de secuencia del eje X  
 Title : introducción de la designación de los ejes X / Y  
 Grid : líneas de orientación (horizontal/ vertical)  
 Zoom : zoom de la vista  
 Clear : borrar superficie gráfica  
 Print : imprimir




Figura VI: Manual del Anemómetro PROVA AVM 07.  
 Fuente: www.pce-iberica.es.

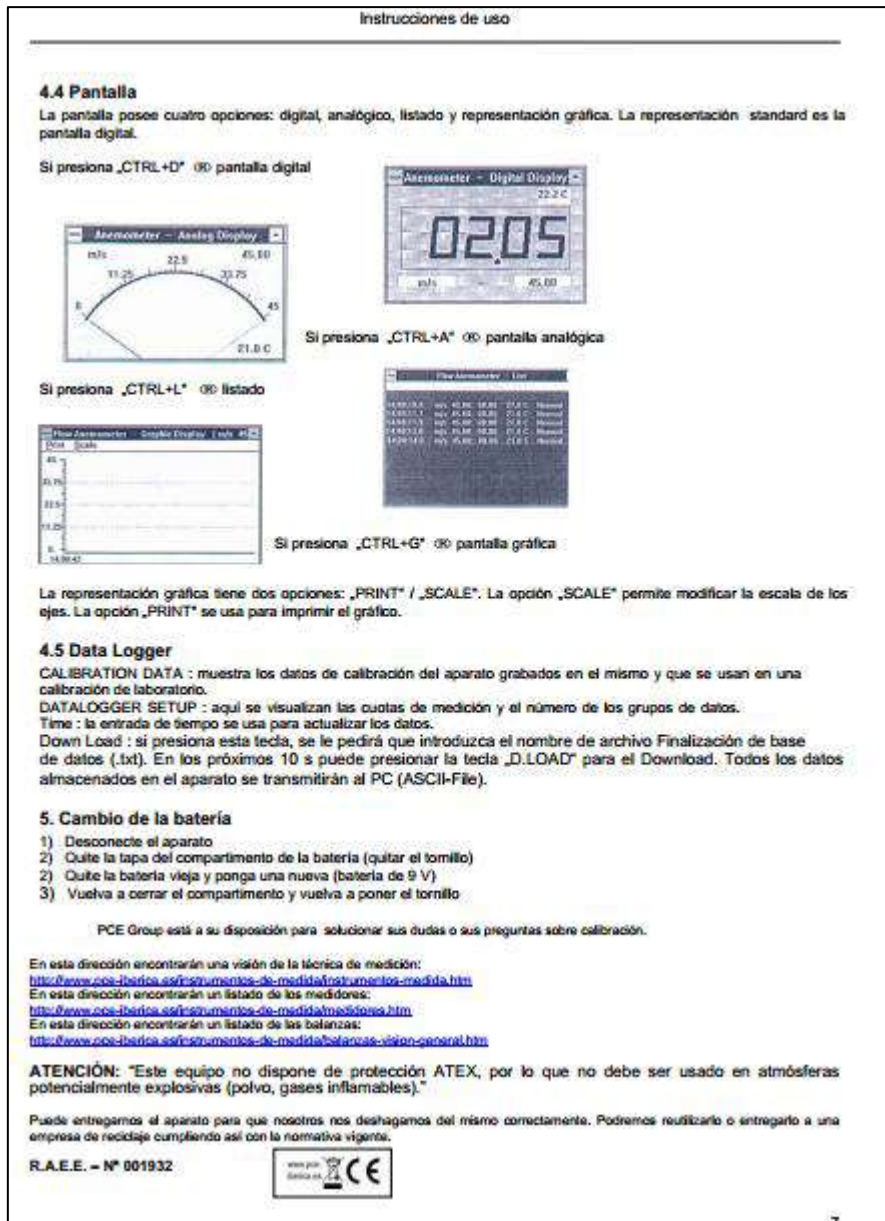


Figura VI: Manual del Anemómetro PROVA AVM 07.  
 Fuente: www.pce-iberica.es.