

**SOMARCO**

Santiago, Octubre de 2017

**MAT.:** Informe de Complemento a Programa de Cumplimiento SOMARCO.

**Señor:**

**Camilo Orchard Rieiro**

Fiscal Instructor de la División de Sanción y Cumplimiento  
Superintendencia de Medio Ambiente

**PRESENTE**



Junto con saludar, mediante la presente remito a usted Informe de Complemento al Programa de Cumplimiento de la empresa Sociedad Marítima y Comercial SOMARCO Ltda.

Sin otro particular, le saluda atentamente,

Christian Blanc Parga

RUT: 6.865.500-5

Sociedad Marítima y Comercial SOMARCO Ltda.

# INFORME COMPLEMENTARIO

Proyecto

**"ACOPIO DE MINERALES A GRANEL- ARICA"**

Empresa

**SOCIEDAD MARÍTIMA Y COMERCIAL  
SOMARCO LTDA.**



Octubre 2017



Presentado por:  
Sociedad de Consultoría Ambiental Ltda. (SOCOAM)  
contacto@socoam.cl, Teléfono (032) 2683222.  
Calle 1 Poniente 123, Of. 213, Viña del Mar, V Región.

	INFORME COMPLEMENTARIO	Octubre 2017
	Proyecto: ACOPIO DE MINERALES A GRANEL- ARICA	Página 2 de 7

## INDICE

1. ANTECEDENTES GENERALES. ....	3
2. OBJETIVO.....	4
3. ACCIONES Y METAS APROBADAS EN PROGRAMA DE CUMPLIMIENTO (PDC).....	4
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO .....	6
5. PROPUESTA DE INCORPORACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO AL PDC .....	6

	INFORME COMPLEMENTARIO	Octubre 2017
	Proyecto: ACOPIO DE MINERALES A GRANEL- ARICA	Página 3 de 7

## 1. ANTECEDENTES GENERALES.

La Superintendencia de Medio Ambiente a través de la RES. Ex. N° 1/ROL D-006-2017 del día 03 de febrero de 2017, Formula Cargos en contra de la empresa Sociedad Marítima y Comercial Somarco Ltda., enumerados en 8 (ocho) Hechos Constitutivos de Infracción por incumplimiento a la RCA N°46/2008, principalmente relacionado al sistema de limpieza de camiones, falta de hermeticidad del galpón, almacenamiento de minerales distintos a los aprobados en la RCA indicada, instalación de ventiladores no contemplados en el proceso de evaluación y utilización de áreas que el proyecto no contemplaba intervenir.

Producto del proceso sancionatorio, se ingresó dentro de los plazos establecidos por la Autoridad el Programa de Cumplimiento del proceso sancionatorio, donde la SMA luego del proceso de revisión, evaluación y corrección, procedió a la aprobación del PDC mediante la RES. Ex. N° 7/ROL D-006-2017.

Actualmente, el Programa de Cumplimiento se encuentra en proceso de ejecución, donde ya se remitió a la SMA el Reporte Inicial de acuerdo a los plazos establecidos y comprometidos.

Adicionalmente, y con la finalidad de cumplir con las acciones comprometidas en los próximos reportes de avances, la empresa SOMARCO contrató los servicios de una empresa especialista en control de polvo y procesos industriales para la realización del diseño del nuevo sistema de captura de material particulado y ventilación del galpón.

El informe de ingeniería del especialista presenta dos alternativas de diseño que permitirán dar solución al sistema de captura y ventilación del galpón, pero la ejecución de dichas alternativas representan mejoras respecto a lo comprometido en el Programa de Cumplimiento (HCI N°5), por lo que se presentan a continuación los detalles de las soluciones propuestas con la finalidad de informar a la SMA respecto de los estudios realizados y consultar su incorporación en el Programa de Cumplimiento aprobado, principalmente por no ser concordantes en su totalidad.

	INFORME COMPLEMENTARIO	Octubre 2017
	Proyecto: ACOPIO DE MINERALES A GRANEL- ARICA	Página 4 de 7

## 2. OBJETIVO

El objetivo del presente informe complementario es presentar a la SMA las alternativas de mejora al sistema de captura y ventilación del galpón que resultan efectivas para el Proyecto y determinar la forma de adecuar y/o incorporar dichos antecedentes al Programa de Cumplimiento.

## 3. ACCIONES Y METAS APROBADAS EN PROGRAMA DE CUMPLIMIENTO (PDC)

El hecho constitutivo de infracción N°5 consiste en la *“Instalación de 11 ventiladores de extracción de aire en el techo del galpón, no considerados en la RCA, sin pronunciamiento ambiental previo”*. Producto de dicho Hecho se establecieron una serie de acciones y metas en el Programa de Cumplimiento, las cuales se resumen a continuación:

**HECHO N° 5** *“Instalación de 11 ventiladores de extracción de aire en el techo del galpón, no considerados en la RCA, sin pronunciamiento ambiental previo”*.

<b>Acción y Meta N° 12</b>	Asegurar el óptimo funcionamiento de los 11 extractores instalados en el techo, mientras se desarrolla la acción n° 13.
<b>Forma de Implementación</b>	Se realizarán mantenencias periódicas y se mantendrán procedimientos internos en caso de fallas y/o contingencias.
<b>Fecha de Inicio de Ejecución</b>	Junio 2011

<b>Acción y Meta N° 13</b>	Retiro de los 11 ventiladores de extracción ubicados en el techo y diseño de un nuevo sistema de captura de material particulado al interior
<b>Forma de Implementación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Diseño de nuevo sistema de mejora de la condición de trabajo al interior del galpón, con captura de material particulado al interior y sin sistema de extracción al exterior.</li> <li>b) Presentación ante el SEA de Pertinencia de Ingreso al SEIA por la implementación de nuevo sistema de ventilación.</li> <li>c) Implementación del nuevo sistema de mejora de la condición de trabajo al interior del galpón.</li> <li>d) Retiro de los extractores ubicados en el techo.</li> </ul>
<b>Fecha de Inicio de Ejecución</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) 45 días una vez aprobado el PDC.</li> <li>b) 65 días una vez aprobado el PDC.</li> <li>c) 30 días posteriores al pronunciamiento del SEA., se iniciará implementación del nuevo sistema.</li> <li>d) 30 días finalizada la implementación del nuevo sistema indicado anteriormente.</li> </ul>

	INFORME COMPLEMENTARIO	Octubre 2017
	Proyecto: ACOPIO DE MINERALES A GRANEL- ARICA	Página 5 de 7

Acción y Meta	Presentación de un nuevo proyecto para la obtención de la Resolución de Calificación Ambiental Favorable de la actividad desarrollada.
Forma de Implementación	Someter a evaluación del SEIA la presentación de un nuevo proyecto.
Fecha de Inicio de Ejecución	Presentación de un nuevo proyecto en 60 días contados desde la notificación de la Resolución que indica el ingreso al SEIA de Acción Principal

Los registros de la Acción y Meta N°12 fueron presentados en el reporte inicial de acuerdo a lo establecido en el PDC.

SOMARCO, con la finalidad de dar cumplimiento a las próximas acciones y registros que deben ser presentados en los reportes de avances, específicamente a lo establecido en la Acción y Meta N°13, contrató los servicios de una empresa especialista en control de polvo y procesos industriales para la realización del diseño del nuevo sistema de captura de material particulado y ventilación del galpón.

El informe de ingeniería del especialista presenta dos alternativas de diseño que permitirá dar solución al sistema de ventilación, pero dichas alternativas recomiendan primordialmente mantener los 11 ventiladores de extracción ubicados en el techo, los cuales fueron comprometidos para ser retirados en el PDC en la Acción y Meta n°13.

Si bien, lo empresa aún no determina cuál de las dos alternativas implementará para el proyecto (debido a que se encuentra a nivel de ingeniería conceptual y básica), lo cual deberá definirse prontamente para adjuntar el diseño definitivo al reporte de avance del PDC (situación que se logrará obtenida la Ingeniería de detalle), si considera que cualquiera de las dos opciones permitirá dar una solución definitiva al sistema de ventilación, que representa el objetivo de fondo de las infracción.

El informe con las alternativas de diseño del sistema de ventilación se presentan en **Anexo I** del Presente documento.

	INFORME COMPLEMENTARIO	Octubre 2017
	Proyecto: ACOPIO DE MINERALES A GRANEL- ARICA	Página 6 de 7

#### 4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO

El informe presentado en **Anexo I** establece que el retiro de los ventiladores de extracción ubicados en el techo no es lo más recomendable para mejorar el sistema de ventilación, ya que estos se encuentran mejor posicionados que los ventiladores extractores de la pared lateral, por estar más cerca del personal que opera en el proceso de carga y descarga de camiones y más cerca del ingreso de aire limpio.

Las alternativas u opciones propuestas son las siguientes:

**Opción 1:** Reduce extractores a 11 y ubica captaciones en medio de la nave, aumentando el área de filtrado.

**Opción 2:** Cambio de ventiladores axiales, por ventiladores con mayor presión estática, y control de presiones.

Los detalles de ambas opciones se describen en **Anexo I**, cabe destacar que ambas alternativas recomiendan la mantención de ventiladores en el techo, mejorando las características y condiciones con las que operan actualmente y permitiendo de esta manera dar una solución definitiva al sistema de ventilación del galpón.

#### 5. PROPUESTA DE INCORPORACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO AL PDC

Debido a que el PDC se encuentra actualmente aprobado y en proceso de ejecución y que los estudios que originaron la presentación de este informe complementario fueron realizados con el objetivo de dar cumplimiento a las acciones aprobadas en PDC, se desconoce la forma de incorporar los antecedentes expuestos en el presente documento al Programa de Cumplimiento, razón por la cual se solicita el apoyo y orientación de la SMA.

De manera complementaria se presenta a continuación una propuesta de incorporación de los antecedentes presentados a las acciones y metas del Programa de Cumplimiento, quedando a la espera de las recomendaciones que realice la Autoridad.

	INFORME COMPLEMENTARIO	Octubre 2017
	Proyecto: ACOPIO DE MINERALES A GRANEL- ARICA	Página 7 de 7

Las modificaciones sugeridas se presentan en color azul.

**HECHO N°5 “Instalación de 11 ventiladores de extracción de aire en el techo del galpón, no considerados en la RCA, sin pronunciamiento ambiental previo”.**

<b>Acción y Meta N° 12</b>	Asegurar el óptimo funcionamiento de los 11 extractores instalados en el techo, mientras se desarrolla la acción n° 13.
<b>Forma de Implementación</b>	Se realizarán mantenciones periódicas y se mantendrán procedimientos internos en caso de fallas y/o contingencias.
<b>Fecha de Inicio de Ejecución</b>	Junio 2011

<b>Acción y Meta N° 13</b>	Diseño de un nuevo sistema de captura de material particulado, con pronunciamiento ambiental para su implementación
<b>Forma de Implementación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Diseño de nuevo sistema de mejora de la condición de trabajo al interior del galpón.</li> <li>b) Presentación ante el SEA de Pertinencia de Ingreso al SEIA por la implementación de nuevo sistema de ventilación.</li> <li>c) Implementación del nuevo sistema de mejora de la condición de trabajo al interior del galpón.</li> </ul>
<b>Fecha de Inicio de Ejecución</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) 45 días una vez aprobado el PDC.</li> <li>b) 65 días una vez aprobado el PDC.</li> <li>c) 30 días posteriores al pronunciamiento del SEA., se iniciará implementación del nuevo sistema.</li> </ul>

<b>Acción y Meta</b>	Presentación de un nuevo proyecto para la obtención de la Resolución de Calificación Ambiental Favorable de la actividad desarrollada.
<b>Forma de Implementación</b>	Someter a evaluación del SEIA la presentación de un nuevo proyecto.
<b>Fecha de Inicio de Ejecución</b>	Presentación de un nuevo proyecto en 60 días contados desde la notificación de la Resolución que indica el ingreso al SEIA de Acción Principal

Las modificaciones indicadas sólo omiten el retiro de los 11 ventiladores de extracción ubicados en el techo, manteniendo el compromiso principal de presentar un nuevo diseño para el sistema de ventilación del galpón, cuya implementación se realizará luego del pronunciamiento ambiental del Proyecto, subsanando el hecho constitutivo de infracción de contar con ventiladores sin pronunciamiento ambiental.



JMR-IC-SOM-2017-001\_1

Septiembre de 2017

INFORME DE INGENIERIA CONCEPTUAL

ESTUDIO PARA MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTURA Y VENTILACIÓN  
EN GALPON DE CARGA Y DESCARGA DE MINERAL CONCENTRADO  
EN EL PUERTO DE ARICA



## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	3
2.	RESUMEN DE ALCANCE Y OBJETIVO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL.....	3
3.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	4
3.1	EMISIONES EN LA OPERACIÓN .....	5
3.2	SITUACIÓN ACTUAL .....	5
3.3	PROPUESTA DE ELIMINACIÓN DE EXTRACTORES Y FILTRADO INTERIOR NAVE.....	6
4.	BASE DE ENFOQUE AL ESTUDIO .....	6
4.1	DETECCIÓN DE FACTORES INCIDENTES, EN AUMENTAR EL POTENCIAL DE EMISIONES. ....	7
5.	DESARROLLO DE LAS OPCIONES Y DIMENSIONAMIENTO.....	9
5.1	BASE DE DATOS DEL PROBLEMA .....	9
5.2.-	DIMENSIONAMIENTO DEL VOLUMEN DE CAPTURA.....	10
5.3.-	FÓRMULA DEL VOLUMEN DE CAPTURA EN CAMPANAS .....	15
5.4.	CONCLUSIÓN AL PUNTO 5 - CAUDAL DE DISEÑO.....	17
5.4.1	FUNDAMENTACIÓN DE DS 594/99.....	17
6.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORAS .....	20
6.1	VENTAJAS VISTAS AL DISEÑO DE OPCIONES .....	20
6.2	ESQUEMAS DE SOLUCIONE PROPUESTAS (OPCIONES 1 Y 2) .....	21
6.2.1	Opción de Mejora N°1 .....	22
6.2.1	Opción de Mejora N°2 .....	23
6.3	Análisis de Equipos Existentes.....	25
6.3	DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS PARA OPCIONES DE MEJORAS.....	26
6.3.1	POTENCIA TEÓRICA DEL VENTILADOR Y DEL MOTOR:.....	26
6.3.2	CARACTERÍSTICAS SELECCIÓN TIPO, DE EXTRACTORES DE OPCIÓN 2 .....	27
6.4	EQUIPO COMPLEMENTARIO .....	28
6.4.1	Celosías gravitacionales. -.....	28
6.4.2	Banco de captura de polvo. (recinto de limpieza filtros). ....	28
7.	ANÁLISIS DE MUESTRA DE POLVO.....	29
8.	COMENTARIOS FINALES .....	30
9.	ANEXOS.....	32

## **1. INTRODUCCIÓN**

SOMARCO LTDA, Ha solicitado a JMR-PROYECTOS INDUSTRIALES, una ingeniería en control de polvo, que lleve a cabo un servicio de estudio en relación con la contaminación ambiental ocurrente en su planta de carga y descarga, ubicada en el terminal portuario de Arica. La planta dispone de una RCA 046/ con fecha 2008 y posteriormente un RCA 032/ con fecha 2011, para ampliación de almacenamiento con mejoras del apilado; adecuación de recintos por traspaso de terrenos del entorno y transferencia al exterior, de las instalaciones de lavado de camiones, con una readecuación en la trayectoria de salida de camiones descargados según se describe en documentos.

El presente trabajo contiene la definición a nivel de perfil de una propuesta con soluciones factibles de instaurar para el mejoramiento operacional del sistema instalado actualmente, corrigiendo observaciones funcionales y operativas a la instalación de abatimiento y ventilación actual.

**Objetivo del estudio.** - El objetivo buscado en el estudio de mejora de la instalación, es operar a satisfacción de los organismos ambientales, garantizando una operación controlada en relación con emisión de material particulado bajo la norma y una condición segura para el personal, el entorno y la planta.

El abanico de soluciones propuestas abarca el estudio de la capacidad instalada de extracción considerando los diversos requerimientos que indica las normativas de ventilación para los distintos factores identificados en la operación de SOMARCO, aunado a los requerimientos de captura de material particulado presente en la operación. A ese fin se considera: la emisión de gases y calor desde los equipos móviles, renovaciones según el tipo de operación, requerimiento de aire del personal, temperatura permisible, emisiones de material particulado, grado de filtración y volumen de aire para captura del particulado presente.

## **2. RESUMEN DE ALCANCE Y OBJETIVO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL**

- Estudiar y plantear opciones de mejora del sistema de ventilación y captura.
- Mostrar la implementación probable y su estimación global, como base de toma de decisión para el desarrollo de una ingeniería de implementación de alguna de las opciones.
- Realizar la estimación de equipamiento a las opciones definidas y las estimaciones de Potencia que demandaría el sistema mejorado en sus opciones.
- Valorar el orden de magnitud de las mejoras que se indiquen, realizando las cubicaciones necesarias para estimar la magnitud de los valores,

Figura N °1: Ubicación y fotografías de puntos de monitoreo.



### 3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

SOMARCO opera una bodega de acopio y carguío de concentrado mineral proveniente de Bolivia, con un área en planta de 7425 m<sup>2</sup>; En la instalación realiza una operación de descarga, mezclado y acopiado de concentrado de zinc [densidad: 4.0 [t/m<sup>3</sup>]. Para dichas operaciones se emplean tracto camiones con rampla de 3 ejes de aprox. 20m<sup>3</sup> de capacidad; Potencia del camión: 430 HP; También se emplean en forma permanente, 2 cargadores frontales de potencia: 170 HP cada uno, cuya capacidad de carga en pala es de 9 m<sup>3</sup> [ o 16,2 ton], además de dos grúas horquillas y un mini cargador.

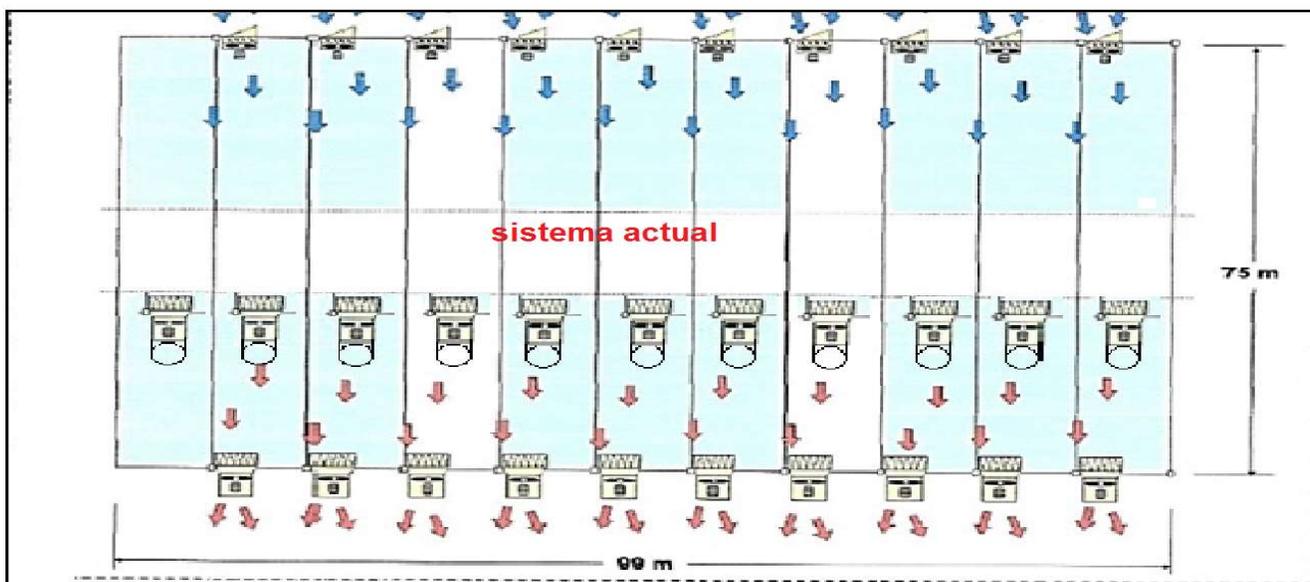
Los camiones transportan el concentrado desde la minera y lo descargan dentro del galpón de apilado para lo cual se dispone de una calle de acceso con puertas de batiente alineadas colineal mente en ambos extremos del galpón, el material es descargado en la calle de acceso así formada, formando pilas de material caracterizadas desde proceso. Este material es eventualmente mezclado para conformar una mezcla uniforme y ya homogenizada, es colocada en una de varias pilas de acopio. En otra operación este material es alimentado a camiones para fines de despacho y embarque en el Puerto de Arica en una instalación de TPA al embarque mecanizado. Todos los camiones posteriores a la recepción de carga son lavados en una instalación de SOMARCO, antes de abandonar el recinto.

### **3.1 EMISIONES EN LA OPERACIÓN**

En el proceso de transferencia, mezclado, acopio y operación de maquinaria motriz a combustión, se generan emisiones de polvo y acumulación de gases de combustión, contaminando el aire del recinto, por lo cual se requiere hacer extracción y reemplazo de aire, a definir mediante consideraciones de renovación o flujos de captura por emisión de particulado, propio de los procesos de transferencia de material.

### **3.2 SITUACIÓN ACTUAL**

La nave de operaciones tiene implementado un sistema de ventilación y captura en flujo cruzado de oeste a este, el cual se muestra en planta en **fig. 2.** que consta de 10 ventiladores de impulsión (inyectores) emplazados regularmente, a una altura aproximada de 7 metros, en la pared de la nave y de 21 ventiladores de extracción, de los cuales están emplazados a la misma altura de los inyectores en la pared opuesta de la nave y 11 extractores están ubicados a 7,5 m del eje de la nave, estos dos grupos en ejes paralelos separados aproximadamente en 30 mts.



**Fig. 2.-Diseño funcional actual, de la ventilación y captura. -**

El sistema implementado y mejorado en 2011 (con aumento de 11 extractores centrales), está pendiente de visado de conformidad y cumplimiento; donde la observación principal es la imputación de generar niveles de contaminación con material particulado por sobre la Norma.

SOMARCO dispone de numerosos muestreos en PMS y PM10 que arrojan sedimentación de finos, pero hay incertidumbre sobre si la fuente es la instalación y operación de SOMARCO, el propio del entorno de la ciudad de Arica o la gran actividad portuaria en el emplazamiento.

### **3.3 PROPUESTA DE ELIMINACIÓN DE EXTRACTORES Y FILTRADO INTERIOR NAVE**

Al inicio de esta ingeniería, se planteó por parte del cliente, como alternativa de solución al control de polvo, las siguientes modificaciones al diseño actual, para los equipos de control de polvo y ventilación de la nave:

- Mantener los ventiladores de inyección de aire limpio, instalados al costado izquierdo de la nave
- Eliminación de los equipos extractores, instalados en el techo del edificio
- Captación de polvo y filtrado al interior de la nave

Debemos hacer notar que este estudio concluyo que, estas modificaciones no mejoraran la actual condición de operación, sino que al contrario, solo empeoraran la situación actual.

La actual disposición de equipos de control de polvo, (la existencia de ventiladores de inyección) presenta errores en el diseño, debido a que no es posible garantizar que dentro de la nave exista siempre presión negativa, ya que basta que los filtros actualmente instalados, estén saturados, para que disminuya el caudal de aspiración, pudiendo ser mayor el caudal inyectado a la nave por los ventiladores existente, lo que genera presión positiva.

La principal característica que debe tener el diseño de este tipo de instalaciones, donde el foco principal es el polvo en suspensión dentro de la misma nave, generado por el movimiento de camiones, la descarga y posterior carga de los camiones, es el manejo de la presión negativa que debe existir, para evitar que el contaminante emane por las infiltraciones de puertas de acceso de camiones o peatonales.

Retirar los ventiladores de extracción del techo del edificio, es contraproducente, ya que estos se encuentran mejor posicionados, que los ventiladores extractores, la pared lateral derecha. Por estar más cerca del personal que opera para el proceso de descarga y carga de camiones y más cerca del ingreso de aire limpio.

Además de esta propuesta de modificación de instalar equipos colectores de polvo, dentro de la nave, con descarga de gases, dentro de la misma, generaría turbulencia y dispersión de los contaminantes por toda la nave. Empeorando la condición actual y favoreciendo la presión positiva dentro del recinto.

Por lo que se indicó, anteriormente, un buen diseño de los equipos de control de polvo, una buena determinación de los caudales de aspiración, la pérdida de carga de los equipos correctamente calculada, y una apropiado diseño de los ingresos de aire limpio, con una distribución más homogénea que el actual ingreso de aire, garantizará que dentro de la nave habrá la presión negativa mínima, para el correcto control de los contaminantes y una apropiada ventilación de la nave para el confort de los trabajadores.

### **4. BASE DE ENFOQUE AL ESTUDIO**

Se adopta la premisa de que, para obtener un sistema eficiente en captura de emisiones, el diseño debe considerar la captura de la mayor parte de la emisión en su origen o lo más próximo a este; también, que el sistema tenga la menor cantidad de puntos potenciales de emitir en el lado de presión o descarga. Con eso en mente, se observaron los siguientes factores, factibles de modificar para mejorar y garantizar el control de emisiones.

#### 4.1 DETECCIÓN DE FACTORES INCIDENTES, EN AUMENTAR EL POTENCIAL DE EMISIONES.

##### A.- Factores por patrón de flujo del aire. -

**1.-Flujo del aire.** - La Disposición en flujo cruzado al mismo nivel, de inyectores a extractores y la gran distancia entre inyección y captura (45 y 75 metros), promueve la dispersión de las emisiones contaminantes por todo el interior, antes de que el material en suspensión pueda ser capturado y filtrado.

Además, la velocidad de tránsito o de arrastre del flujo de aire inyectado, es menor a la velocidad de sedimentación para gran parte del particulado de tamaño superior a 20 micrones, por lo que esa fracción, sedimentaría sobre la superficie interior de la nave de operación. Es lo que muestra a continuación, la Tabla 1.- generada para particulado de tamaño PM10 hacia arriba, para el flujo de diseño actual y la densidad informada del material

**TABLA 1 .- Resultados de Sedimentación estimativa .- Ec. Stokes para arrastre partículas -Patrón de flujo largo**

SOMARCO 2017/junio Con la disposición actual													jnc-pp/JMR.eirl		
350,000		m3/hr		30[msnm]		23 °C		2.5		flux 2009		ducto			
m3/seg	m	m		s	s	m/s	m/s	m/s	m/s2	k/m3	kl/m3	mm		Diam.( M)	
Q	W	H	L	tt	ts	Vprom	Vt	Vcapt	g	den.p	den.gas	Dp	µgas	0.80	
Tamaño de agregación supuesto														veloc m/s	
97.22	99		9	70	564.538	767.251	0.1240	0.01173	0.02933	9.8	4000	1.2	0.010	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	191.813	0.1240	0.04692	0.11730	9.8	4000	1.2	0.020	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	85.250	0.1240	0.10557	0.26393	9.8	4000	1.2	0.030	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	47.953	0.1240	0.18768	0.46921	9.8	4000	1.2	0.040	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	30.690	0.1240	0.29325	0.73314	9.8	4000	1.2	0.050	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	21.313	0.1240	0.42229	1.05572	9.8	4000	1.2	0.060	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	15.658	0.1240	0.57478	1.43695	9.8	4000	1.2	0.070	18.56	
97.22	99		9	70	564.538	11.988	0.1240	0.75073	1.87683	9.8	4000	1.2	0.080	18.56	
97.22	99		9	70	564.538	9.472	0.1240	0.95015	2.37536	9.8	4000	1.2	0.090	18.56	
97.22	99		9	70	564.538	8.501	0.1240	1.05865	2.64663	9.8	4000	1.2	0.095	18.56	
97.22	99		9	70	564.538	7.673	0.1240	1.17302	2.93255	9.8	4000	1.2	0.100	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	3.410	0.1240	2.63929	6.59824	9.8	4000	1.2	0.150	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	1.918	0.1240	4.69208	11.73020	9.8	4000	1.2	0.200	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	1.228	0.1240	7.33137	18.32843	9.8	4000	1.2	0.250	18.56	9.22

##### 2.- Altura de ingreso de aire nuevo (o inyección).-

La disposición actual en que ingresa el aire nuevo al recinto de trabajo impide barrer las emisiones al nivel en que opera el personal de terreno y alejarlo a su exposición. Debido a la gran sección de cruce (891 m2 al eje del galpón), la velocidad de flujo del aire, pese al gran caudal inyectado, es inferior en un 50% a lo indicado de 15 m/min. (ver extracto abajo del DS N°72 Art. N°398)

##### Extracto D.S. N° 72, Art. N° 398

Artículo 398.- La velocidad promedio de la corriente de aire de ventilación en los lugares de trabajo, no debe ser inferior a quince metros (15 m.) por minuto. Para lugares de trabajo con alta generación de polvo, este valor puede ser considerado hasta un cien por ciento (100%) mayor.

**3.- Puntos de monitoreo en altura.-** La inspección de control o mantenimiento punto a punto y en altura, dificulta la detección a tiempo de anomalías funcionales por saturación, o contaminación por rotura o desgaste de filtros. Se observan muchos filtros de bolsa con áreas gastadas y/o rotas.

## **B. Factores Por Procedimiento De Mantenimiento De Filtros.**

**1.- Re-emisión de particulado capturado.-** El sistema de limpieza de filtros, mediante “sopleteo” con aire comprimido para desprender el material capturado en forma libre y dentro del recinto, reincorpora todo el material fino capturado al ambiente, con el agravante de ser el más fino, contribuyendo a recargar la contaminación interna del recinto y anulando el sentido de filtrar y atrapar.

**2.- Montaje de filtros .-** Se observa la necesidad de reinstruir al personal de mantenimiento de filtros en la importancia del montaje correcto, para la eficiencia y vida útil de los mismos; Se observa el montaje invertido de filtros de panel, con el soporte de malla hacia el flujo de ingreso.

**3.- Re-emplazo de filtros.-** se observan varios filtros de bolsa “PackGuard” de alto flujo, con numerosas zonas áreas desgastadas o rotas.

## **C. Resumen de observaciones y propuesta de modificación.-**

La “Tabla 2” resume estas observaciones y la propuesta de opciones de mejora, interviniendo el sistema actual para obtener un mejor patrón de flujo de captura y de ventilación dentro de la Nave de acopio vista.

<b>Tabla 2.- RESUMEN DE OBSERVACIONES Y PROPUESTA CON OPCIONES DE MEJORA</b>				
	<b>Deficiencia observada</b>	<b>propuesta</b>	<b>medida</b>	<b>efecto</b>
<b>A</b>	Trayectoria de captura muy largo	Trayectoria mas eficiente	1.- Captura sobre el eje central de la nave 2.- inyección de aire por ambos flancos de la nave 3.- Bajar la altura de la inyección al nivel de personal 4.- Celosia gravitacional en reemplazo de inyectores 5.- Ventiladores de recirculación orientables	optimiza con 2y3, el patrón de flujo y captura canaliza flujo hacia el centro inyecta aire al nivel de la emisión controla la presión interior mejora el flujo local sin aumento de caudal
<b>B</b>	Circuito de descarga abierta multipunto	Disminuir pto. De descarga y cerrar el circuito .	1.- Colector seco de polvo, autolimpiable con jet pulse	reduce la descarga a un solo punto controlado con instrumentación fija.
	Flujo presunto insuficiente	cambio de extractores Op.B.2	2.- Reducir a 11 los extractores con doble caudal aprovecha punto y boca de captura actual	reduce puntos de control a 11
	1)Columna inicial de filtros en serie DP40A y Pack -Guard superan la columna disponible del ventilador (160 Pa inicial/260 Pa saturados		2a.- traslada extracto y filtro al exterior	infraestructura de pasillo de servicio sobre techo traslada mantenimiento a cubierta
	2)Incerteza en la medición de flujo y datos	Revisar procedim.	Contrastar medición con pitot	
<b>C</b>	Polucion por mantencion filtros	Cabina y mesa de vacío	1.- Sopleteo bajo campana de captura	delimitar sector y equipo bag dump 3000 M3 /Hr con jet pulse para dos cartridge
	Polucion por filtros en condicion deficiente	control de presión diferencial	2.- instalar control diferencial instrumental en cada punto de filtrado como medida sobre lo actual.	controlar la colmatacion o rotura de filtros
<b>D</b>	iRuptura de vacío al ingreso camiones	túnel doble puerta excluyente	1.- Túnel de acceso con 2 cortinas ,de apertura bajo control excluyente y temporización de retardo.	Controlar la pérdida de presión negativa y eliminar el tiempo de recuperación actual del mismo .

## 5. DESARROLLO DE LAS OPCIONES Y DIMENSIONAMIENTO

### 5.1 BASE DE DATOS DEL PROBLEMA

#### Datos del emplazamiento. -

- Emplazamiento : primera región -
- Ubicación : puerto de Arica
- Altura geográfica : 30 msnm
- Condiciones ambientales : Rango temperatura. 15 a 27 °C.
- Recinto de trabajo : Largo: 99 m / ancho: 75m /altura cumbre10 m; Altura Hombro: 9 m.
- Volumen Vacío : 66 800 m<sup>3</sup>
- Volumen acopio al 70% : 6300 m<sup>3</sup> de concentrado
- Volumen efectivo : 46.700 m<sup>3</sup>

#### Datos de proceso. -

- Medio de transporte : 4 Tracto camiones global 560 HP
- Medio de carga : 2 Cargador frontales-global340 HP
- Grúas horquillas : 2 x 49 HP = global 98 HP
- Mini cargador : 70 HP
- Volumen de carga mineral : 25 m<sup>3</sup> por camión - Tolva Plana 3 ejes
- N° camiones/hora : 4 unidades x 10 horas.
- Tiempo de permanencia : 15 minutos /camión→ 50 min. /hr
  
- Operaciones de cargador : [2,2 / 25 ton] x 10 = 22 /hora.
- Volumen de la pala usada : 9 m<sup>3</sup> efectivo
- Rinde de llenado : 100% asumido

#### Datos asumidos. -

- Eficiencia de ciclo diésel (é) : 35%
- Rac con 10 % exceso : 16,14 con diésel
- Hermeticidad del galpón : sellado
- Entalpía del combustible (Hc) : 9.500 kcal/hr 1 Kw = 1,36 HP--→ 1 HP /1,36 = 1Kw = 860 Kcal
- Potencia instalada Ni : 1068 HP/hr [\*]
- Combustible consumido : Diesel

**Datos del conjunto filtro-ventilador. -**

- Filtro DP40 : limpio 6.6 mm.c.a; sucio 25.4 mm.c.a
- Filtro bolsa Clean Pack : limpio 10.16 mm.c.a; sucio 38.1 mm.c.a
- Extractor : Capacidad 15.000 m<sup>3</sup>/hr a 16 mm.c.a.

**5.2.- DIMENSIONAMIENTO DEL VOLUMEN DE CAPTURA**

Volumen de aire efectivo. - Se define como el volumen efectivo de aire existente en el galpón, en condiciones de un 70% de volumen de acopio permanente.

Volumen del recinto : 66.800 m<sup>3</sup> libres [área interior del galpón]

Volumen del apilado : 6.000 m<sup>3</sup> al 100% apilado

Volumen del apilado : 4.200 m<sup>3</sup> al 70 % apilado [Volumen cte. de diseño]

Volumen aire efectivo : 62.600 m<sup>3</sup> [volumen libre interior – volumen de la pila de stock]

**Determinación de los caudales de captura o ventilación. –**

se hace una prospección de volúmenes en función de los siguientes criterios:

5.2.A.- Reposición de aire x combustión
5.2.B.- Renovación por ventilación
5.2.C.- Volumen de captura x transferencia
5.2.D.- Volumen para personal
5.2.E.- Volumen para velocidad
5.2.F.- Requerido por equipo diésel
5.2.G.- Campanas para captura en la base

**5.2.A.- RENOVACIÓN DE AIRE POR COMBUSTIÓN O APORTE CALÓRICO. -**

La relación aire combustible RAC para la combustión del Diesel es de 16 a 1, para una combustión perfecta, no obstante, se requiere un mínimo de 10% de sobrealimentación por los defectos de flujo en los mecanismos, además de considerar el rendimiento de 35% del ciclo Otto.

El tiempo de operación informada es de 10 horas continuas con el parque observado a la potencia operativa: 1068 Hp/hr

Para la Potencia motriz instalada de: 1068 HP /hr [o 785KW], y considerando una entalpía de: 9500 Kcal por kilo de combustible, se tiene para el consumo de 202 [kg/hr] de combustible, un gasto de energía de 675.353 Kcal/hr; asumiendo un rendimiento de 35% del ciclo de combustión diésel, el aporte calórico al ambiente sería de aprox.

236.373 kcal. A partir de la RAC establecida de 16,15 el aire desprovisto de oxígeno en el proceso corresponderá a 3742 {kg} o 3118 [m3 /hora] a reponer y 8600 kg de gases contaminado. Luego por este concepto la reposición de aire volumétrico dentro del galpón sería de aprox. 11800 m3, lo que representa sólo un 17,7% del volumen total; no obstante, el aporte calórico es importante, duplicando la entalpía de aire del recinto y por este concepto, la renovación de aire debe ser al menos de 81.800 m3/hr. [1,22 renovaciones].

Potencia instalada cargadores	: 170 x 2	340 HP/hr
Potencia grúas horquillas	: 49x2	98 HP/hr
Potencia de camiones a plena carga	: 140x4	560 HP/hr
Potencia de mini cargador	: 70 x1	70 Hp/hr
Potencia total operando	: 1068 Hp	
Eficiencia de combustión diésel	: 35 %	
Entalpía del combustible	: 9500 kcal/kg	
Potencia energética neta (785 Kw)	: 675.353 Kcal [1Kw: 860 kcal]	
Consumo real de combustible	: 202 kl diesel/hr = [[786 Kw/0.35 x 860]/9500]r	
Consumo de aire	: 3.742 kl aire /hr [202/0.95x RAC x 1.1= 3118 m3/hr]	
Aporte calórico al ambiente	: 236.373 Kcal /hr	

**\*Aire de reposición por combustión : 81.800 m3/hr** para bloquear el aumento de temperatura  
***Este aire de combustión es aire consumido sin oxígeno. por lo cual debe agregarse a la ventilación.***  
*Según norma se requieren 2.83 m3/min x cada Hp y un FS de 2. Según esto:*

$$Q = 2.83 \times 2 \times 1068 \times 60 = 362.693 \text{ m3/hr}$$

### **5.2.B.- RENOVACIÓN DE AIRE POR CONCEPTO DE VENTILACIÓN DE AIRE EN RECINTOS INDUSTRIALES**

Como se indica en el Art. 34 del D.S.N° 594/99 en relación a la magnitud de la concentración del contaminante, el mínimo número de recambios de aire, para generar una apropiada ventilación de la nave es 6 renovaciones del volumen total en una hora.

Volumen total del recinto: 66.800 m<sup>3</sup>

Q: 66.800 m<sup>3</sup> x 6 ren. /hr

**Q: 400.800 m3/hr**

***Artículo 34 DEL D.S. 594/99: "Los locales de trabajo se diseñarán de forma que por cada trabajador se provea un volumen de 10 metros cúbicos, como mínimo, salvo que se justifique una renovación adecuada del aire por medios mecánicos. En este caso deberán recibir aire fresco y limpio a razón de 20 metros cúbicos por hora y por persona o una cantidad tal que provean 6 cambios por hora, como mínimo, pudiendo alcanzar hasta los 60 cambios***

por hora, según sean las condiciones ambientales existentes, o en razón de la magnitud de la concentración de los contaminantes”.

**NOTA:** Ver “5.4.1 FUNDAMENTACIÓN DE DS 594/99”

“TÍTULO III, De las Condiciones Ambientales, Párrafo I, De la Ventilación” del D.S. 594/99”

### 5.2.C OTRAS RECOMENDACIONES DE SIMILAR APLICACIÓN

- a) **Manual Práctico de ventilación:** En la siguiente tabla muestra el número de renovaciones recomendados en base al volumen del recinto a considerar, como se muestra en la Tabla 2.7.- adjunta

Volumen	Nº renovaciones / hora
$V \leq 1000 \text{ m}^3$	20
$1000 \text{ m}^3 \leq V \leq 5000 \text{ m}^3$	15
$5000 \text{ m}^3 \leq V \leq 10000 \text{ m}^3$	10
$V \geq 10000 \text{ m}^3$	6

Tabla 2.7

Considerando el valor para volúmenes ambientes mayores de 10.000 m<sup>3</sup> y la recomendación de un rango de: 5 a 10 renovaciones recomendado para “fábricas en general”, se tendría, que el volumen de renovación mínima para el galpón en consideración debería ser de 334.000 m<sup>3</sup>/hr, pero adoptando el criterio del Art. 34 - D.S. 594 se tiene que el caudal recomendado es 400.800 m<sup>3</sup>/hr

- b) **Ventilación Industrial, Manual de Recomendaciones Practicas:** Para establecimiento industriales, la experiencia indica que cuando el aire introducido se distribuye adecuadamente en las zonas de trabajo (es decir a una altura de entre 2,5 a 3 metros mínimo) un aporte de aire exterior comprometido entre 20 y 40 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> de superficie suele dar buenos resultados.

Superficie en planta de 7425 m<sup>2</sup> x 20 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>

$$Q = 7425 \times (20 \text{ o } 40)$$

**Q = 148.500 m<sup>3</sup>/hr a 297.000 m<sup>3</sup>/hr**, lo que estaría cubierto por caudal determinado según DS 594/99 de 6 renovaciones x hora

### 5.2.D.- VOLUMEN DE CAPTURA DEL AIRE DE ESCAPE PRODUCIDO EN PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE MATERIAL:

Se hace uso de las ecuaciones de Anderson aceptadas en la minería, aplicable a trasposos de material, para determinar el monto de aire inducido.

Volumen de escape = Aire inducido + Aire desplazado + Aire generado;

0

Dónde:

**Aire generado = cero.** - Comprende aportes de aire generados por máquinas o soplantes existentes que incidan en el ingreso de aire [ya que no hay generación de aire exógeno en el proceso considerando que la hermeticidad del galpón está garantizada por sellos de ingreso y velocidad de desplazamientos son bajas]

**Aire desplazado = 25 m<sup>3</sup>/hr** [equivalente al volumen del material descargado 100 Ton/hr]. Es el aire desplazado por el ingreso de la masa de material al espacio vacío ocupado por el aire.

**Aire inducido.** - es el aire arrastrado y atrapado por el flujo de material al desplazarse. El aire inducido es aportado por las transferencias de camión a piso y operaciones de apilado y mezcla, con cargador frontal. Aplicando la ecuación de Anderson para las operaciones de transferencia de material indicadas:

- Operaciones de descargas /por camión: 5 descargas de 1 camión \* 4 camiones = 20 operaciones.
- Operaciones de vaciado /hora con cargador: 2 cargadores \* 25 descargas en pilas = 50 operaciones.

De acuerdo con Anderson. - se tendrá

El Caudal **inducido**  $Q_{ind} = 33.3 ([ 600 / T])/G$

Donde **T: tpm** (capacidad de pala cargador frontal)

**G: densidad del material**

**Caudal de captura x trasposo: 5095 m<sup>3</sup>/hr → por 70 operaciones de descarga o trasposos de material**

**Q ind = 356.650 m<sup>3</sup>/hr**

## 5.2. E.- CAUDAL REQUERIDO POR EL NÚMERO DE PERSONAS

El Art. N°138 del D.S 72, exige una corriente de aire fresco de al menos 3 m<sup>3</sup>/min por persona, en cualquier sitio al interior del recinto.

Se asume un número de 10 personas en el recinto

$$Q = F \times N \text{ (m}^3\text{/ min.)}$$

Dónde:

Q = Caudal total para “n” personas que trabajen en interior mina (m<sup>3</sup>/ min.)

F = Caudal mínimo por persona (3 m<sup>3</sup>/min)

N = Número de personas en el lugar.

Caudal horario = 1800 m<sup>3</sup>/hr según personal

## 5.2. F.- CAUDAL REQUERIDO POR EL POLVO EN SUSPENSIÓN

El criterio más aceptado es hacer pasar una velocidad de aire determinado por las áreas contaminadas y arrastrar el polvo, a zonas donde no cause problemas.

Según el Art. N° 398 D.S. N° 72 la velocidad promedio en los lugares de trabajo no debe ser inferior a los quince metros por minuto (15 m./min.).

Para lugares con alta generación de polvo, este valor puede ser considerado hasta un 100% mayor. Hasta ahora, no hay método de cálculo aceptado por todos, que tome en cuenta el polvo en suspensión. Pero, velocidades entre 30 a 45 m/min son suficientes para mantener las áreas despejadas.

**TABLA 1 .- Resultados de Sedimentación estimativa .- Ec. Stokes para arrastre partículas -Patrón de flujo largo**

SOMARCO 2017/junio Con la disposición actual													jnc-pp/JMR.eirl		
350,000		m3/hr		30[msnm]		23 °		2.5		flux 2009			ducto		
m3/seg	m	m		s	s	m/s	m/s	m/s	m/s2	k/m3	kl/m3	mm		Diam.( M)	
Q	W	H	L	tt	ts	Vprom	Vt	Vcapt	g	den.p	den.gas	Dp	μgas	0.80	
Tamaño de agregación supuesto														veloc.m/s	
97.22	99		9	70	564.538	767.251	0.1240	0.01173	0.02933	9.8	4000	1.2	0.010	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	191.813	0.1240	0.04692	0.11730	9.8	4000	1.2	0.020	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	85.250	0.1240	0.10557	0.26393	9.8	4000	1.2	0.030	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	47.953	0.1240	0.18768	0.46921	9.8	4000	1.2	0.040	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	30.690	0.1240	0.29325	0.73314	9.8	4000	1.2	0.050	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	21.313	0.1240	0.42229	1.05572	9.8	4000	1.2	0.060	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	15.658	0.1240	0.57478	1.43695	9.8	4000	1.2	0.070	18.56	
97.22	99		9	70	564.538	11.988	0.1240	0.75073	1.87683	9.8	4000	1.2	0.080	18.56	
97.22	99		9	70	564.538	9.472	0.1240	0.95015	2.37536	9.8	4000	1.2	0.090	18.56	
97.22	99		9	70	564.538	8.501	0.1240	1.05865	2.64663	9.8	4000	1.2	0.095	18.56	
97.22	99		9	70	564.538	7.673	0.1240	1.17302	2.93255	9.8	4000	1.2	0.100	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	3.410	0.1240	2.63929	6.59824	9.8	4000	1.2	0.150	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	1.918	0.1240	4.69208	11.73020	9.8	4000	1.2	0.200	18.56	9.22
97.22	99		9	70	564.538	1.228	0.1240	7.33137	18.32843	9.8	4000	1.2	0.250	18.56	9.22

Donde  $V_{prom} = 0.1240 \text{ m/s} \times (60) \rightarrow 7.44 \text{ m/min}$

De acuerdo a Tabla 1.- "sedimentación", la velocidad en la sección de cruce del aire, en la nave solo alcanza a 7 m/s, esto bajo el supuesto que fluye uniformemente en la sección:

Flujo de aire : 397.742 m<sup>3</sup>/hr  
Sección de cruce : 891 m<sup>2</sup>

**Velocidad en el área de trabajo : 7.44 [m/min] deficitario**

**Velocidad según art 138 : 15 m/min**

**Nota: Recomendación para mejorar esta condición es instalar ventiladores axiales en las columnas centrales del edificio, direccionados hacia el sector de mayor tránsito de personal de operación, con la finalidad de provocar velocidad mínima recomendada, para los trabajadores.**

### **5.2.G.- CAUDAL REQUERIDO POR EQUIPO DIESEL**

El art. N° 375 del D.S. N° 72 recomienda un mínimo de 2.83 (m<sup>3</sup>/min) por HP al freno del equipo para máquinas en buenas condiciones.

**DS N° 72, Artículo 375.- En los frentes de trabajo donde se use maquinaria diesel deberá existir una ventilación adecuada. El caudal de aire necesario por máquina debe ser el especificado por el fabricante. Si no existiese tal especificación, el aire mínimo será de dos coma ochenta y tres metros cúbicos (2,83 m<sup>3</sup>) por minuto, por caballo de fuerza efectivo al freno, para máquinas en buenas condiciones de mantención**

Se debe aclarar que los 2,83 m<sup>3</sup>/min. del art. N° 375 son el mínimo caudal de aire requerido y no acepta factores de corrección. Por lo demás, se pide la potencia al freno potencia bruta, que es la máxima potencia proporcionada por el motor sin tener en cuenta las pérdidas por transmisión, si es que no se cuenta con la curva de potencia entregada por el fabricante (gráfico KW vs. RPM) o con una recomendación de ventilación para el equipo proporcionada por el fabricante y certificada por algún organismo confiable.

Caudal = 2.83 m<sup>3</sup>/min x 1068 = 3022 m<sup>3</sup>/min, luego.

**Caudal por combustión diésel = 181.320 m<sup>3</sup>/hr según**

### **5.3.- FÓRMULA DEL VOLUMEN DE CAPTURA EN CAMPANAS**

$$Q_{cc} = V_h \cdot (10 x^2 + A),$$

Comprobación por volumen de captura en las campanas para tener una velocidad dada de captación en el punto más alejado bajo la campana, y donde, asumiendo una velocidad de captura en la base de 0,1 m/s con un emplazamiento en altura 3 m de la campana sobre la pila completa. Se tiene valorando la expresión:

$Q_{cc} = V_h * (10 x^2 + A)$ , asumiendo:

A = 4 [m<sup>2</sup>] Área abierta de la campana, supuesta

V<sub>h</sub> = 0,1 [m/s] que es velocidad de captura para PM20

X = 3 [ms], distancia de la campana a la cima del acopio

Nota. - asumir captura en la base no tiene sentido práctico de pm10.

Valorando la fórmula se obtiene:

**Volumen de captura requerido campana: 9.4 m<sup>3</sup>/s → 33.840 m<sup>3</sup>/hr para V captura: 0,1 m/s, 11 campanas**

**Q= 372.240 m<sup>3</sup>/hr**

Para X= 2 metros.....: 4,4 m<sup>3</sup>/s → 15.840 m<sup>3</sup>/hr

(\*) Con un Q<sub>cc</sub>= 36400 m<sup>3</sup>/hr, se capturaría particulado a 3.11 mts de la cima o sobre rampla de camión, lo que sería el rinde, aquí se puede mejorar sin aumentar el caudal, con adecuado uso de ventiladores recirculadores orientándolos adecuadamente.

5.2.A.- Reposición de aire x combustión	444.493 m <sup>3</sup> /hr	No cubierto por renovaciones
<b>5.2.B.- Renovación por ventilación</b>	<b>400.800 m<sup>3</sup>/hr</b>	<b>6 renovaciones DS 594/99 Art. 34</b>
5.2.C.- Volumen de captura x transferencia	356.650 m <sup>3</sup> /hr	70 a 78 operaciones de cargador frontal
5.2.D.- Volumen para personal	1.800 m <sup>3</sup> /hr	Cubierto por renovaciones
5.2.E.- Volumen para velocidad. 15 m/min	700.000 m <sup>3</sup> /hr	Excesivo a todo criterio (aplica para túnel)
5.2.F.- Requerido por equipo diésel	181.320 m <sup>3</sup> /hr	Cubierto por renovaciones
5.2.G.- Campanas para captura en la base	372.240 m <sup>3</sup> /hr	Para 11 campanas en el centro de la nave
<b>VOLUMEN DE CAPTURA SELECCIONADO</b>	<b>400.800 m<sup>3</sup>/hr</b>	<b>Cumple con captura y mínimo de renovación</b>
<i>*Observación. - se sugiere complementar con ventilador auxiliar orientable para confort del personal y cumplir el punto 5.2.E, hacerlo, por vía de más caudal es muy oneroso</i>		

#### 5.4. CONCLUSIÓN AL PUNTO 5 - CAUDAL DE DISEÑO

Luego el dimensionamiento de todas las opciones de mejora, deben considerar un caudal efectivo y permanente de al menos 400.800 m<sup>3</sup>/hr, aplicando D.S. 594/99.

##### 5.4.1 FUNDAMENTACIÓN DE DS 594/99

**Cita de Artículos considerados, del D.S. 594 tomados del documento de referencia:** “Ventilación de los lugares de trabajo. Interpretación Técnica del D.S. 594/99 del MINSAL”.- [Ver documento anexo].

Extracto del documento.

**Pto.3 Desarrollo-Ámbito de la Ventilación.** -El Decreto Supremo N°594/99 del Ministerio de Salud explicita y regula las condiciones sanitarias básicas de los lugares de trabajo, dentro de las cuales se refiere a la ventilación, específicamente en el Párrafo I del Título III de este cuerpo legal. De esta forma, la estructura de esta nota técnica considera una primera parte con un análisis técnico de los lineamientos generales de este reglamento, mientras la segunda presenta recomendaciones básicas para un sistema de ventilación localizada, así como sus elementos constituyentes.

##### **3.1.- Análisis Artículos Párrafo I, Título III.**

3.1.1.- Artículo 32: “Todo lugar de trabajo deberá mantener por medios naturales o artificiales una ventilación que contribuya a proporcionar condiciones ambientales confortables y que no causen molestias o perjudiquen la salud del trabajador”.

**Comentario del artículo:** “Este artículo se refiere a la importancia de disponer de aire limpio al interior de las empresas, libres de olores molestos y con condiciones de humedad y temperatura aceptables. Para tal fin, y considerando la especificidad de cada caso en particular, se hace necesaria la elección de criterios específicos que permitan establecer los estándares de calidad del aire que incluyan los parámetros explicitados (olores molestos, humedad y temperatura)”

3.1.2.- Artículo 33: “Cuando existan agentes definidos de contaminación ambiental que pudieran ser perjudiciales para la salud del trabajador, tales como aerosoles, humos, gases vapores u otras emanaciones nocivas, se deberá captar contaminantes desprendidos en su origen e impedir su dispersión por el local de trabajo.”

**Comentario del artículo.** -“Finalmente, al igual que el artículo anterior (32), el último párrafo expresa nuevamente como requerimiento, que independiente del sistema de ventilación empleado para la disminución de los contaminantes, la calidad del aire resultante cumpla con lo establecido en el D.S. N°594/99 del MINSAL, Título IV”

3.1.3.- Artículo 34: “Los locales de trabajo se diseñarán de forma que por cada trabajador se provea un volumen de 10 metros cúbicos, como mínimo, salvo que se justifique una renovación adecuada del aire por medios mecánicos. En este caso deberán recibir aire fresco y limpio a razón de 20 metros cúbicos por hora y por persona o una cantidad tal que provean 6 cambios por hora, como mínimo, pudiendo alcanzar hasta los 60 cambios por hora, según sean las condiciones ambientales existentes, o en razón de la magnitud de la concentración de los contaminantes”

**Comentario del artículo.** - “Como primer punto a aclarar, se debe explicitar que los 10 m cúbicos a los cuales se refiere inicialmente el artículo, corresponde al espacio físico, con su respectivo volumen de aire limpio, para que cada trabajador

realice sus actividades en forma normal durante toda su jornada de trabajo (5). Si no se cumple esta condición, necesariamente se deberá tener una “renovación adecuada” de aire, lo que se refiere a la implementación de una ventilación tipo forzada, estableciéndose en este caso que se deberá proporcionar aire limpio por trabajador, a razón de 20 metros cúbicos por hora durante la jornada de trabajo de éste (este criterio es de utilidad cuando las personas son las

principales fuentes de contaminación como oficinas y salas de reuniones entre otros). Si lo anterior no es posible de implementar, según las condiciones ambientales existentes y la magnitud de los contaminantes presentes, se deberá optar por el recambio del aire de todo el volumen del recinto, a razón de 6 a 60 cambios por hora.

En algunos casos, las indicaciones planteadas en el párrafo anterior para una ventilación forzada tipo dilución pueden dar buen resultado (6), en casos que se requiera eliminar olores molestos o reducir efectos térmicos para mayor confortabilidad.

Sin embargo, es importante considerar que el concepto de recambios de aire en un volumen determinado conlleva necesariamente la generación de movimientos de éste al interior del recinto en particular, lo que puede ser complicado desde el punto de vista de la exposición de las vías respiratorias de los trabajadores, sobre todo en aquellos casos donde se manipulan sustancias químicas con alta concentración en el ambiente<sup>7</sup>, de alta toxicidad o bien para el caso de laboratorios. Para estos casos descritos, puede ser mejor optar por la ventilación localizada<sup>8</sup>, la cual se caracteriza por estar constituida por una captación, ductos, ventilador y un retenedor (ver punto 3.2 de la presente nota), o bien, hacer uso de una cabina.

**\*(5).- Criterio que normalmente es útil en el caso de oficinas.**

**\*(6).- Desde luego está involucrada la velocidad del aire en el recinto, siendo recomendada una no mayor a 1 m/s (artículo 35 del D.S. N°594/99 del MINSAL). [Ver también. - pto. 5.2.E del Informe:” Según el Art. N° 398 D.S. N° 72 la velocidad promedio en los lugares de trabajo no debe ser inferior a los quince metros por minuto (15 m./min.)”].**

**\*(7).- Para ciertos casos, el aire necesario a inyectar o extraer puede ser de hasta 100 renovaciones/hora o más, dependiente de la demanda de aireación a consecuencia del contaminante a diluir.**

**Para lugares con alta generación de polvo, este valor puede ser considerado hasta un 100% mayor. Hasta ahora, no hay método de cálculo aceptado por todos, que tome en cuenta el polvo en suspensión. Pero, velocidades entre 30 a 45 m/min son suficientes para mantener las áreas despejadas.**

**3.1.4.- Artículo 35: “Los sistemas de ventilación empleados deberán proveer aberturas convenientemente distribuidas que permitan la entrada de aire fresco en reemplazo del extraído. La circulación del aire estará condicionada de tal modo que en las áreas ocupadas por los trabajadores la velocidad no exceda de un metro por segundo.”**

**Comentario del artículo.** - Uno de los grandes problemas con la eficiencia de los sistemas de ventilación es la falta de reposición de aire. Cuando un ventilador extrae o inyecta aire, éste debe ser compensado con aire limpio de reposición.

Para poder obtener lo anteriormente descrito, necesariamente se deberán considerar dos aspectos. El primero de ellos corresponde a la distribución del aire en el recinto, la cual dependerá de las ubicaciones de las inyecciones y de las extracciones existentes. El segundo punto corresponde a la relación entre la presión manométrica del lugar de trabajo respecto de los espacios colindantes.

*Es importante señalar que todo sistema de ventilación necesariamente deberá contar con un sistema de mantención adecuado a la especificidad de éste, ya que muchas veces la inyección y/o la extracción de aire fresco se ve afectada debido a obstrucciones en su trayectoria, o bien, a un funcionamiento del equipamiento fuera del límite de diseño.*

T I T U L O III

De las Condiciones Ambientales

PARRAFO I

De la Ventilación

Artículo 32: Todo lugar de trabajo deberá mantener, por medios naturales o artificiales, una ventilación que contribuya a proporcionar condiciones ambientales confortables y que no causen molestias o perjudiquen la salud del trabajador.

Artículo 33: Cuando existan agentes definidos de contaminación ambiental que pudieran ser perjudiciales para la salud del trabajador, tales como aerosoles, humos, gases, vapores u otras emanaciones nocivas, se deberá captar los contaminantes desprendidos en su origen e impedir su dispersión por el local de trabajo.

Con todo, cualquiera sea el procedimiento de ventilación empleado se deberá evitar que la concentración ambiental de tales contaminantes dentro del recinto de trabajo exceda los límites permisibles vigentes.

Artículo 34: Los locales de trabajo se diseñarán de forma que por cada trabajador se provea un volumen de 10 metros cúbicos, como mínimo, salvo que se justifique una renovación adecuada del aire por medios mecánicos. En este caso deberán recibir aire fresco y limpio a razón de 20 metros cúbicos por hora y por persona o una cantidad tal que provean 6 cambios por hora, como mínimo, pudiéndose alcanzar hasta los 60 cambios por hora, según sean las condiciones ambientales existentes, o en razón de la magnitud de la concentración de los contaminantes.

DTO 201, SALUD  
N° 4  
D.O. 05.07.2001

Artículo 35: Los sistemas de ventilación empleados deberán proveer aberturas convenientemente distribuidas que permitan la entrada de aire fresco en reemplazo del extraído. La circulación del aire estará condicionada de tal modo que en las áreas ocupadas por los trabajadores la velocidad no exceda de un metro por segundo.

Art. 34 del DS 595/99

## 6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORAS

Presentación gráfica de opciones de mejora, en base a tabla 2.-

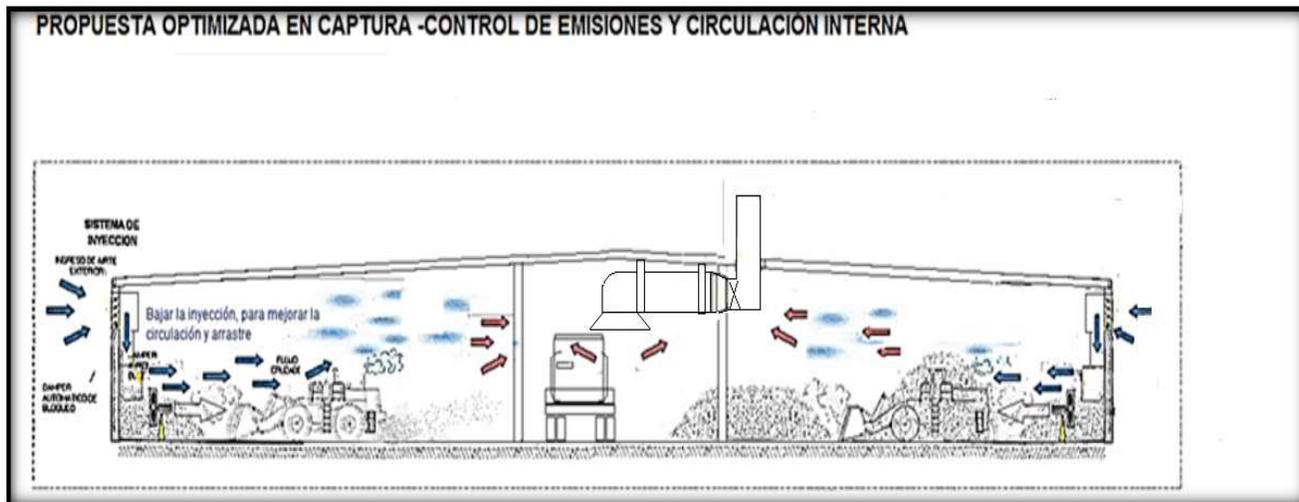
	Deficiencia observada	propuesta	medida	efecto
A	Trayectoria de captura muy largo	Trayectoria mas eficiente	1.- Captura sobre el eje central de la nave 2.- inyección de aire por ambos flancos de la nave 3.- Bajar la altura de la inyección al nivel de personal 4.- Celosia gravitacional en reemplazo de inyectores 5.- Ventiladores de recirculación orientables	optimiza con 2y3, el patrón de flujo y captura canaliza flujo hacia el centro inyecta aire al nivel de la emisión controla la presión interior mejora el flujo local sin aumento de caudal
B	Flujo presunto insuficiente	cambio de extractores Op.B.2	2.- Reducir a 11 los extractores con doble caudal	reduce puntos de control a 11
	1]Columna inicial de filtros en serie DP40A y Pack -Guard superan la columna disponible del ventilador (160 Pa inicial/260 Pa saturados		aprovecha punto y boca de captura actual 2a.- traslada extracto y filtro al exterior	infraestructura de pasillo de servicio sobre techo traslada mantenimiento a cubierta
	2]Incerteza en la medición de flujo y datos	Revisar procedim.	Contrastar medición con pitot	
C	Polucion por mantencion filtros	Cabina y mesa de vacio	1.- Sopleteo bajo campana de captura	delimitar sector y equipo bag dump 3000 M3 /Hr con jet pulse para dos cartridge
	Polucion por filtros en condicion deficiente	control de presión diferencial	2.- instalar control diferencial instrumental en cada punto de filtrado como medida sobre lo actual.	controlar la colmatacion o rotura de filtros
D	Ruptura de vacio al ingreso camiones	tunel doble puerta excluyente	1.- Tunel de acceso con 2 cortinas ,de apertura bajo control excluyente y temporización de retardo.	Controlar la pérdida de presión negativa y eliminar el tiempo de recuperación actual del mismo .

### 6.1 VENTAJAS VISTAS AL DISEÑO DE OPCIONES

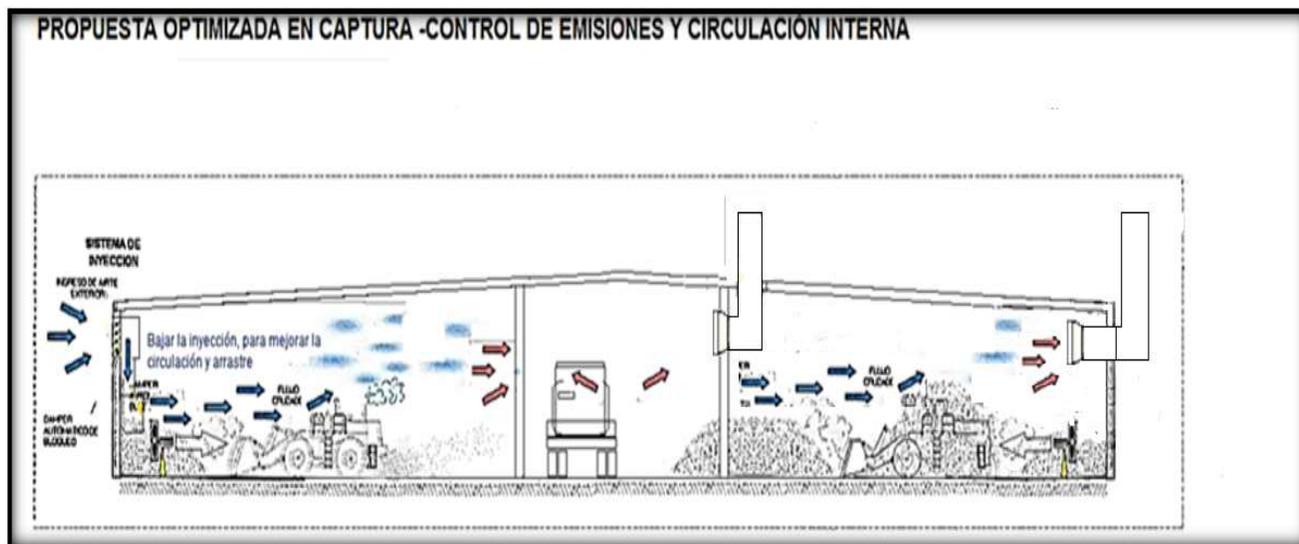
- Ingreso de aire fresco, por ambos costados de la nave
- Regulación de la presión negativa al interior nave, por celosías gravitacional
- Bajar ingreso de aire limpio al nivel de operación
- Reducción de puntos de captura a 11 usando la posición central actual con modificaciones.
- Reducción a solo punto 11 controlados, la descarga de aire filtrado.
- Eliminación de ventiladores inyectores y reemplazo por celosías gravitacionales
- Considera ventiladores de recirculación
- Detección de filtros rotos, con instrumentos de medición local y señal remota
- Centralización de control de presiones y detección de filtros rotos en PLC y HMI para seguimiento desde sala de control

## 6.2 ESQUEMAS DE SOLUCIONE PROPUESTAS (OPCIONES 1 Y 2)

**Opción 1:** Celosía ambos costados, control de presiones, traslado de filtros laterales al centro, aumento potencias, detección filtros rotos, PLC para control centralizado.



**Opción 2:** Celosía un costado, control de presiones, filtros laterales y al centro, aumento potencias, detección filtros rotos, PLC para control centralizado.



### 6.2.1 Opción de Mejora N°1

#### **Modificación al sistema de extractores: Reduce extractores a 11 y ubica captaciones en medio de la nave, aumento de área de filtrado. –**

Consiste en diseñar 11 equipos “cajas de filtros” de similares características a los existentes, con mayor área de filtrado o mayor cantidad de elementos filtrantes (con al menos 15 filtros de cada tipo), para el caudal de 400.000 m<sup>3</sup>/hr repartidos en 11 puntos de captación, con 11 campanas ubicadas al centro de la nave.

Esta opción considera el cambio de 21 ventiladores axiales existentes, por 11 ventiladores de mayor capacidad (caudal 36.400 m<sup>3</sup>/hr a 50mmca de presión estática a filtros saturados, ver curva de ventilador axial tipo).

Se eliminan los ventiladores de inyección existentes y se instalarán 22 celosías gravitacionales, 11 en cada pared lateral, estas celosías deben ser instaladas de 3 a 4 metros de altura al piso de la nave, en el mismo eje de los actuales ventiladores, para garantizar un mayor barrido y el aporte de caudal necesario (400.000 m<sup>3</sup>/hr).

Cambio de elemento filtrante, el que debe filtrar material particulado desde 0,25 micras en adelante. Esto debido a que el ensayo de granulometría practicado a los filtros instalados actualmente en la planta, arroja que un porcentaje de sobre 50% de polvo es de tamaños entre 025 micras a menos de 1 micra, (ver anexos “**INFORME DE ENSAYO N° 1.245.317**”, “**INFORME DE ENSAYO N° 1.245.314**” y “**INFORME DE ENSAYO N° 1.245.316**” del IDIEM). Siendo la eficiencia de los filtros instalados, a partir de 1 micra hacia arriba, en el mejor de los casos 95%. Se anexa ficha técnica de filtros HEPA con eficiencia de 99,97% para tamaños de sobre 0,3 micras, que sería los elementos filtrantes finales que instalar, en estos nuevos modelos de cajas de filtros.

En cada equipo de extracción (11 en el techo o similar a ubicación actual), deben ser instalados en las cámaras de aire limpio y sector de filtros sucios, puntos de medición de presión diferencial, estas mediciones deben ser canalizadas, cada una a un Photohelic que mide y transmite presión diferencial, con una señal eléctrica de 4 a 20 mA, esta señal se debe ser cableada a un PLC que controle los 11 puntos de extracción, para monitorear el estado de los filtros de cada equipo.

Además, este instrumento dispone de dos contactos secos, de baja presión y de alta presión, para generar una alarma de presión baja y alta, para con esta señal, instalar una alarma local en forma de luz piloto de señal, que indique al operador cuando el filtro haya entrado en un régimen de saturación, y la mantención no sea antes ni después del máximo aprovechamiento de filtrado.

Esta solución es la menos invasiva, ya que se debe reemplazar los ventiladores de extracción existentes, por otros de similares dimensiones, pero para más caudal y más presión, lo que solo debiera modificar el sistema matriz de cada equipo.

El control de presiones, requieren además de los instrumentos de medición y transmisión de señales, gabinetes para montaje de estos instrumentos, los que deben ser instalados, los más cerca posible del punto de medición, ese es en el pilar más cercano de cada equipo existente.

Estos gabinetes no requieren de mucho espacio para su instalación, lo que hace menos invasiva esta solución.

Por último, el gabinete de control principal de todos los puntos, pueden ser instalado por fuera de la nave de acopio, para evitar daños del PLC, y poder ser leído el estatus de los filtros, por personal externo a la operación.

Para esta solución, se debe recalcular la capacidad instalada de la planta, ya que, para esta nueva condición de operación y nuevas potencias de ventiladores, producto del aumento de caudal y presión estática, se incrementará de 40 HP instalado (aproximadamente) a 110 HP (considerando el caudal dividido en 11 equipo iguales, y una potencia unitaria de 10 HP), junto con esto, se debe verificar la capacidad de la actual puesta a tierra, para estas nuevas potencias.

Incorporación de sensor y transmisor de filtros rotos, para con esta señal, para detener el ventilador del equipo con filtros rotor.

### **6.2.1 Opción de Mejora N°2**

#### **Modificación al sistema de extractores: Cambio de ventiladores axiales, por ventiladores con mayor presión estática, y control de presiones.**

Esta solución consiste en reemplazar los 21 ventiladores existentes, otros para mayor presión estática, 40 a 50 mmca, para lograr conseguir el caudal deseado, con los filtros saturados, esto permitirá una mayor vida útil de los filtros, mejor control de la presión negativa dentro de la nave.

Los ventiladores de inyección serán retirados, se debe cerrar el espacio que dejan estos equipos, en el mismo eje pero más abajo, serán instaladas las celosías gravitacionales de 3 a 4 m de altura al piso de la nave, las que deben ser capaces de dejar ingresar aire para los 400.000 m<sup>3</sup>/hr extraídos de los equipos que serán modificados.

En cada equipo de extracción (10 en la pared y 11 en el techo), deben ser instalados entre las cámaras de aire limpio y sector de filtros sucios, puntos de medición de presión diferencial, estas mediciones deben ir dirigidas, cada una a un Photohelic que mide y transmite presión diferencial, con una señal eléctrico de 4 a 20 mA, esta señal se debe canalizar a un PLC que controle los 21 puntos de extracción, para monitorear el estado de los filtros de cada equipo.

Además, este instrumento dispone de dos contactos secos, de baja presión y de alta presión, para generar una alarma de presión baja y alta, para con esta señal, instalar una alarma local en forma

de luz piloto de señal, que indique al operador cuando el filtro haya entrado en un régimen de saturación, y la mantención no sea antes ni después del máximo aprovechamiento de filtrado.

Para esta solución, se debe re calcular la capacidad instalada de la planta, ya que, para esta nueva condición de operación y nuevas potencias de ventiladores, producto del aumento de presión estática, se incrementará de 40 HP instalado (aproximadamente) a 115,5 HP (considerando el caudal dividido en 21 equipo iguales, y una potencia unitaria de 5,5 HP), junto con esto, se debe verificar la capacidad de la actual puesta a tierra, para estas nuevas potencias.

Esta solución es la menos invasiva, ya que se debe reemplazar los ventiladores de extracción existentes, por otros de similares dimensiones, pero para más caudal y más presión, lo que solo debiera modificar el sistema motriz de cada equipo.

El control de presiones, requiere además de los instrumentos de medición y transmisión de señales, gabinetes para montaje de estos instrumentos, los que deben ser instalados, los más cerca posible del punto de medición, ese es en el pilar más cercano de cada equipo existente.

Estos gabinetes no requieren de mucho espacio para su instalación, lo que hace menos invasiva esta solución.

El gabinete de control principal de todos los puntos, puede ser instalado por fuera de la nave de acopio, para evitar daños del PLC, y poder ser leído el estatus de los filtros, por personal externo a la operación.

Incorporación de sensor y transmisor de filtros rotos, para con esta señal, para detener el ventilador del equipo con filtros rotor.

### **Soluciones Complementarias**

Ambas soluciones que serán complementadas con recomendaciones de mejoramiento operativas tales como:

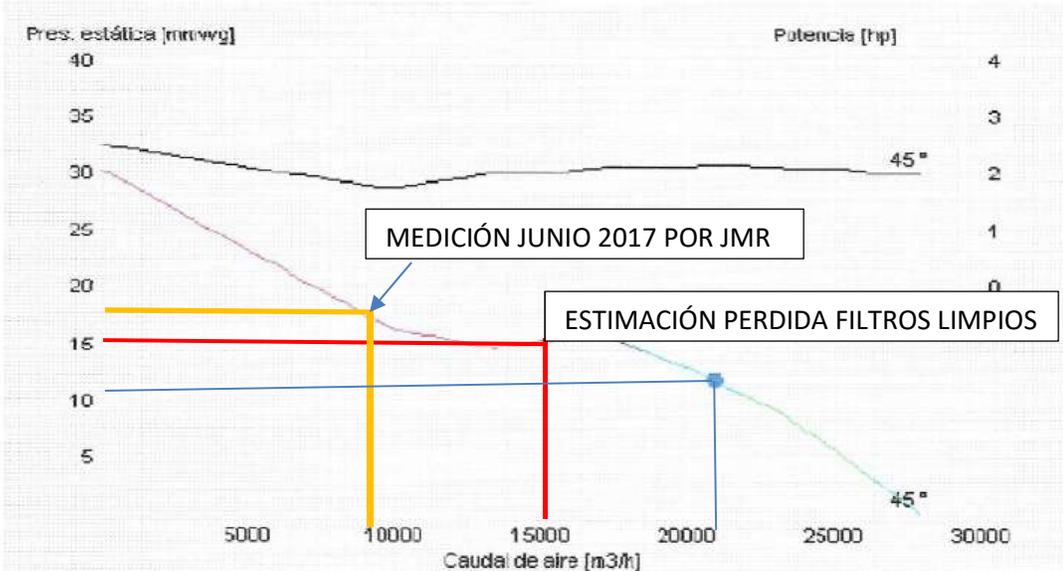
- Modificación de la lógica de operación de portones de acceso de camiones, donde no podrán abrir simultáneamente los dos portones.
- Mejoramiento y/o mantenimiento de filtros de maquinarias
- Capacitación al personal de ópera y mantiene los equipos de control de polvo
- Incorporación de unidad de limpieza de filtros para mantención
- Se instalarán ventiladores helicoidales, para generar velocidad del aire en la zona media de la nave, usando para soporte, los mismos pilares existente.

## 6.3 Análisis de Equipos Existentes

### Gráfico 1.- Curva H/Q y medición de caudales en sistema actual.

#### 4.2 Sistema Extracción

Tipo ventiladores	tubo axial		
Cantidad ventiladores	10		
Capacidad ventilador	15.000	m3/h cada uno	
Presión estática	15	mm.c.a.	( valor estimado por perdidas en filtros )
Potencia motor	2	hp	



Info. de la hélice			
Diaméto	800 mm	Velocidad	925 RPM
Número de álabes	8	Hendidura	0,5 %
Ángulo	45 °	Temperatura	21 °C
Material del álabes	AL	Altura	600 m
Tipo de álabes	B	Densidad	1.132 kg/m3
Rot. de la hélice	L		
Velocidad	39 m/s	Momento de inercia	0.0968 kgm2
Velocidad del aire	11,3 m/s	Fuerza centrífuga del álabes	375 N
Momento de torsión	16,5 Nm	Fuerza axial	95,4 N
Caudal de aire	20900 m3/h	Pres. total	19,4 mmwg
Pres. estática	12 mmwg	Potencia	2,14 hp
Presión dinámica	7,41 mmwg	Rendimiento	89 %
Presión acústica	Propagación: Sferica	Presión acústica 77 SPL dB(A)	Distancia / Unidad 1 [m]

#### (\*\*) Alcance a la Relación de presiones actuales en el sistema filtrante

#### Columnas disponibles.

- 1- Filtro DP-40 : limpio: 6.6 mm.c.a; sucios: **16 mm.c.a**
- 2- F.Clean Pack : limpio: 10.16 mm.c.a; sucios: **38.1 mm.c.a**
- 3- Extractor : 15.000 m3/hr @ App. A **16 mm.c.a.** v/s presión sistema **54 mm.c.a.**

#### Restricción de columna disponible en el extractor. - →Ver gráfico

La limitación surge porque el caudal de diseño se tiene apenas, en la condición limpia de ambos filtros (16,8 mm.c.a), pero con solo 1,5 mm.c.a. adicionales de columna (17.5 mm.c.a.), la capacidad del extractor ya ha disminuido en un 33%, a solo 10000 m3/hr.

Discrepancia con caudales informados y la interpretación de la curva. -

De acuerdo con el gráfico, el sistema actual, cumple con la capacidad de operación declarada de 350.000 m3/hr, sólo con los filtros 100% en condición limpio, una vez iniciada la captura la columna aumenta y entrega un caudal menor en forma progresiva, mostrando columna insuficiente para el conjunto filtrante montado.

Los valores entregados por la curva recibida se confrontan con las mediciones de caudal usando anemómetro efectuadas como rutina por contratista de SOMARCO, las que dan caudales sobre lo indicado por la curva H/Q del extractor [a menos que la curva entregada no corresponda]. Sin embargo, las mediciones realizadas por JMR-PROYECTOS INDUSTRIALES con el mismo método, pero adoptando mediciones distribuidas y promediadas sobre el diámetro en uno de los extractores centrales, corroboran la interpretación del gráfico, indicando que se estaría operando bajo el caudal de diseño [Ver en “Comentarios finales” Pto.A.2]

### **6.3 DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS PARA OPCIONES DE MEJORAS.**

(VALIDAR EN INGENIERÍA BÁSICA)

#### **6.3.1 POTENCIA TEÓRICA DEL VENTILADOR Y DEL MOTOR:**

Usando la ecuación  $N = Q \cdot H / 75 \cdot Fe$

Donde

N : potencia en HP

Q : Caudal de aire en m<sup>3</sup>/s

H : Columna del sistema en cms de agua

Fe : Eficiencia mecánica ventilador

75 : cte. de ajuste lineal

Reemplazando valores en la fórmula se obtiene

$$N_1 = 5.3 \cdot 54 / 75 \cdot 0.7 \text{ (para 21 nuevos ventiladores)} \cdot 21 = 114.5 \text{ HP (VALIDAR EN ING. BÁSICA)}$$

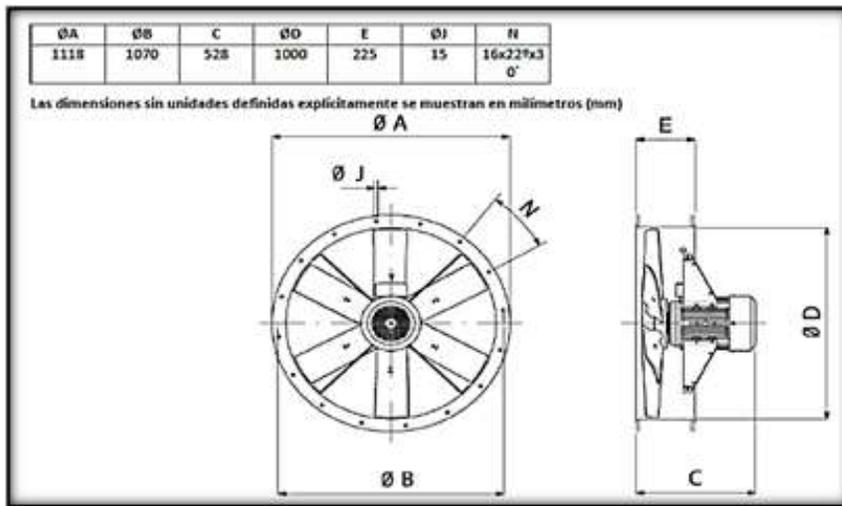
$$N_2 = 10.6 \cdot 54 / 75 \cdot 0.7 \text{ (para 11 nuevos ventiladores)} \cdot 11 = 119.9 \text{ HP}$$

(VALIDAR EN ING. BASICA)

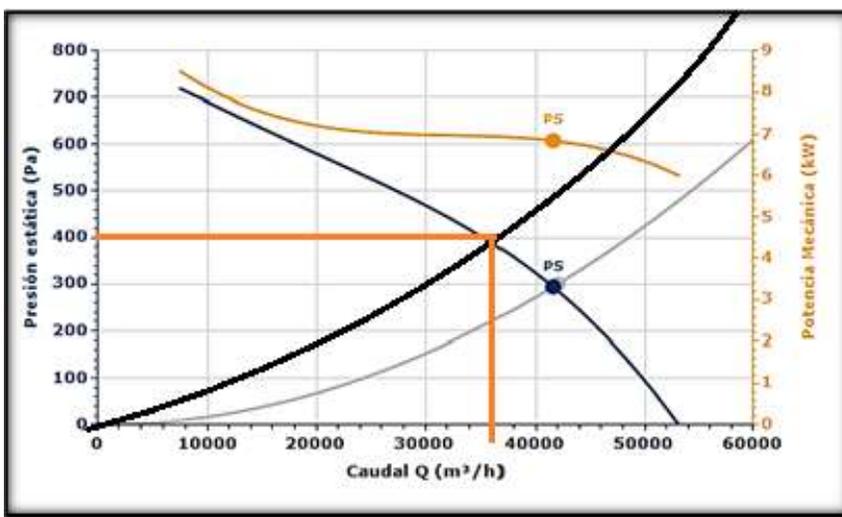
## 6.3.2 CARACTERÍSTICAS SELECCIÓN TIPO, DE EXTRACTORES DE OPCIÓN 2

Tipo	: Ventilador axial
Capacidad	: 36.400 [m <sup>3</sup> /hr] @ 40 mm.c.a (para filtro saturado)
Eficiencia	: 65% o superior
Accionamiento	: directo
Potencia	: 7.5 kw @ 1400 rpm en trabajo
Velocidad Salida aire	: 17.9 m/s
Alimentación	: 3x380/415 V-50 Hz-1455 rpm.
Peso aproximado	: 111 kg

### Dimensiones del extractor. -



Ventilador Helicoidal

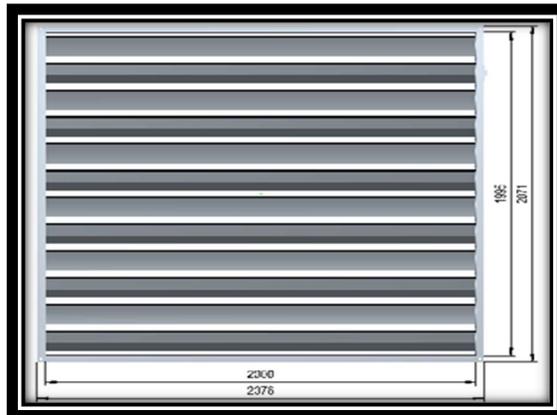


Curva de Ventilador Axial Tipo

## 6.4 EQUIPO COMPLEMENTARIO

### 6.4.1 Celosías gravitacionales. -

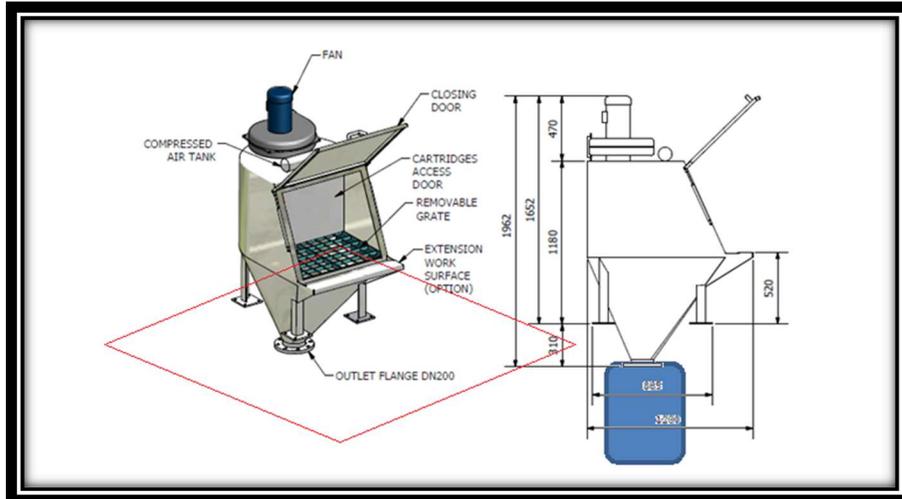
Caudal de paso	: 36.420 m <sup>3</sup> /s
Tipo	: PFG-F7-PLA-25/
Dimensiones	: 2000x1830 mm (medidas referenciales)
Material	: acero galvanizado
Nivel pot. sonora	: 60 db
Pérdida carga máx.	: 6 mmca
Par de giro	: 10 Nm
Cantidad	: 22
Peso unitario	: 93 kg.



**Celosía Gravitacional (Todas las opciones, imagen y dimensiones referenciales)**

### 6.4.2 Banco de captura de polvo. (recinto de limpieza filtros).

Caudal de captura	: 3000 m <sup>3</sup> /hr
Medio filtrante	: 2cartridge 8"x25" alta eficiencia
Potencia ventilador	: 1 Kw
Tensión	: 3x380V-50Hz
Jet pulse barrido	: 10 cfm
Capacidad tolva	: 150 kgs
Material	: AISI 306



**Filtro Tipo de Limpieza de Paneles (Opciones 1 y 2)**

## 7. ANÁLISIS DE MUESTRA DE POLVO

Del análisis de la muestra de polvo, realizadas a tres tipos de elementos filtrantes instalados en las unidades de manejo de aire de la nave de acopio de concentrado de Zinc de Somarco, se puede deducir lo siguiente:

- El polvo que se encuentra en suspensión dentro de la nave es de tamaño entre 0,25 micras a 56 micras
- En promedio el 1,5% de las muestras, corresponde a polvo de tamaño menor a 1 micras, lo que es emitido íntegramente por los medios filtrantes actualmente instalados al ambiente, ya que es de donde parte la eficiencia de éstos.
- El 5,8% y promedio de la muestra, es polvo de tamaño menor a 2,5 micras
- El 52 % y promedio de la muestra, es polvo de tamaño menor a 10 micras

Se debe considerar, que todos los elementos filtrantes, logran su mayor eficiencia, con cierto grado de saturación de polvo, y controlando la perdida de carga del ventilador o los ventiladores de aspiración. No controlar la saturación en filtros, termina traducándose en perdida de caudal de aspiración. Y en roturas de los filtros por el aumento de velocidad que se generará, en los demás elementos filtrantes, cuando alguno de ellos se haya saturado prematuramente, lo que genera una falla del sistema.

Esta falla se podría controlar, con la incorporación de tecnología para control de presiones, que considere señales de alarma, cuando se encuentre en nivel de saturación máxima un equipo de filtrado, obligando a detener la aspiración por este punto, para realizar el cambio de filtros.

## 8. COMENTARIOS FINALES

### A.- Consideraciones sugeridas en una segunda etapa. -

El desarrollo de las opciones de mejoramiento propuestas, en la siguiente etapa de Ingeniería básica y/o detalle a realizar, demandan un mejoramiento en la base de datos para el correcto dimensionamiento y especificación del equipamiento, dentro de un rango de precisión de +/- 10% sobre la inversión y eficiencia funcional de la implementación, lo que alcanza a los siguientes aspectos:

#### A.1.- Mejoramiento en Base de Datos. - para lo cual se recomienda realizar

**1.-Ensayo granulométrico de materiales de las pilas.** -Para conocer el rango y porcentajes parciales, de la dispersión granulométrica del material de acopio, mediante la realización de Muestras estadísticas y posterior Ensayos de Dispersión Laser, a objeto de determinar el rango y porcentajes del particulado presente en cada fracción, en el material de muestreo.

#### Ensayos sugeridos. -

**I- Sobre el PMS del área patios y costado.** - permite identificar el particulado aerotransportarle, estimar origen y % de atenuación probable con las medidas de mejoramiento propuestas.

**II- Sobre el Polvo de captura en filtros.** - complemento que permite corroborar carga de finos y especificación de material de filtrado.

**III- Sobre el mineral concentrado apilado.** - permite identificar la carga potencial de emisión de finos presentes y ajustar: especificaciones de filtros, medidas de control y las especificaciones funcionales en el diseño a desarrollar y en la operación de los equipos. [Optativo a esto es. - disponer de una "Caracterización granulométrica del productor"].

#### Objetivo de los ensayos:

- poder establecer la carga de particulado hasta PM 2.5 y PM10 real, bajo la presunción de que existe una carga apreciable de particulado fino, que incide en el problema actual.
- la caracterización adecuada del conjunto de filtros y su rango de captura.
- garantizar el diseño en cuanto a: eficiencia funcional, mantenimiento y control del sistema a diseñar.

**A.2.- Corroborar caudales en el sistema actual.** - haciendo un mapeo formal punto a punto en cada extractor, usando:

a] Medición mediante anemómetro en las bocas de salida, usando tabla y el método de áreas equivalentes.

b] Contrastar con medición mediante tubo pitot y manómetro diferencial en la canalización de salida de cada extractor.

c] Complementar con flujo de inyección punto a punto en condiciones

Objetivo de la medición. -

- Corroborar los montos de flujo actuales para referenciar las modificaciones
- Identificar las posibles desviaciones en el diseño y su consideración en el rediseño propuesto.
- Evaluar potencia consumida en relación con propuesta de mejora.
- Verificar la curva H/Q para corroborar las observaciones realizadas al sistema y refrendar la base de diseño de la propuesta de mejora.

## **B.- Resumen de mejoras en el rediseño propuesto**

Todas las opciones propuestas consideran las mejoras, desde el punto de vista de una mejor circulación interna del aire y establecer un flujo facilitador de la captura o el arrastre de la contaminación, optimizando las condiciones funcionales.

La mejora de diseño propuesto, se resumen en lo funcional a:

- Reducir el potencial de contaminación, bajando el número de descargas de aire al exterior, desde un 50% para la solución menos restrictiva
- Operar el sistema con presión negativa aprovechando la hermeticidad lograda con el sello de la nave, que presenta pocos detalles y subsanables.
- Mejorar la mecánica de arrastre y captura de la contaminación, acortando la trayectoria de captura mediante:
  - Ingreso simétrico o simultáneo de aire “fresco” (ex inyección), por ambos costados del galpón; [Este y Weste, en lugar de solo por costado Este].
  - Centralizar la captura en el centro de la nave, creando “un trayecto corto de captura” de las emisiones.
- Evitar el problema actual de difusión de la contaminación por toda la nave, al tener que cruzar de extremo a extremo el aire de barrido.
- Mediante la colocación de ventiladores de recirculación interior, dar y direccionar flujo adecuado de aire al personal en faena, alejando la contaminación.

**C.- Ventajas del Diseño en flujo cerrado, como recomendación preferente.** - Finalmente una implementación del sistema de ventilación y captura, bajo un diseño que considere, el respeto a los dos principios básicos de eficiencia enumerados: “captura lo más cercana, al origen de la contaminación y un circuito lo más cerrado posible respecto a la emisión más el trabajar con presión negativa interior, permitiría obtener las ventajas de:

- Garantizar por construcción: la no emisión de particulado en la operación, o muy debajo de la norma.
- Establecer control y trazabilidad funcional, en la operación del sistema de ventilación y captura mediante colector de polvo.
- Garantizar el grado de cumplimiento del sistema e instalación, con la normativa vigente.
- Facilita deslindar responsabilidades en la contaminación del entorno, por otros agentes o circunstancias ajenas a la operación, presentes en el entorno frente a la autoridad y ajenas a la operación de SOMARCO mediante la trazabilidad funcional instrumental

**Ventajas de la propuesta. - colector y cambio del modelo de flujo. -**

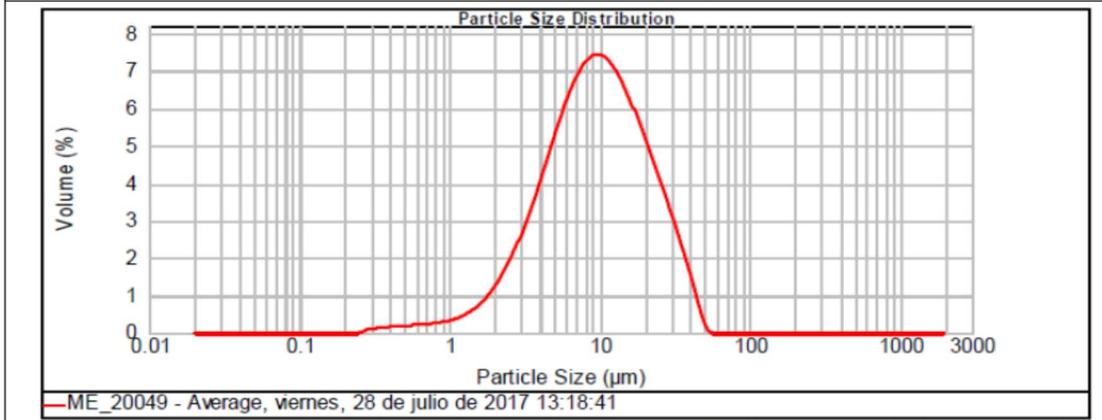
- 1.- Optimiza la extracción a una sola opción de descarga controlada mediante instrumentación, facilitando el servicio y la seguridad funcional, en una operación limpia y trazable.**
- 2.- Elimina el potencial actual de contaminación múltiple sobre el techo de la nave, ante una falla de filtros, con su posterior aero -transportación, originando PMS al entorno.**
- 3.- Focaliza y optimiza el flujo de captura de las emisiones en la operación, alimentando aire limpio en cada banda de la instalación, dirigido al barrido de la emisión hacia la captura, alejándola del personal**
- 4.- Con la aplicación de ventiladores de recirculación orientables, permite mover el aire a los sectores con proceso en forma preferente, y sin aumentar el caudal de ventilación, mejorar la velocidad de flujo sobre el personal.**

**9. ANEXOS**

1. Informe de Granulometría muestra de polvo, Filtro de Cartón (**INFORME DE ENSAYO N° 1.245.317**)
2. Informe de Granulometría muestra de polvo, Filtro de Malla (**INFORME DE ENSAYO N° 1.245.314**)
3. Informe de Granulometría muestra de polvo, filtro de Bolsa (**INFORME DE ENSAYO N° 1.245.316**)
4. Filtro HEPA para partícula desde 0,3 micras

INFORME DE ENSAYO N° 1.245.316		FECHA EMISIÓN : 31-jul-2017		
<b>ANTECEDENTES GENERALES</b>				
REFERENCIA	: Análisis químico a muestra de polvo.			
SOLICITANTE	: SOCIEDAD MARÍTIMA Y COMERCIAL SOMARCO LTDA.			
DIRECCIÓN DEL SOLICITANTE	: Alonso de Córdova 5670 P.9, Las Condes Santiago.			
DESTINATARIO	: Cristian Nebreda.			
OBRA	: No informada.			
<b>ANTECEDENTES DEL MUESTREO<sup>(1)</sup></b>				
EFECTUADO POR	: Solicitante.			
LUGAR DE OBTENCIÓN	: No informada.			
FECHA	: No informada.			
<b>ANTECEDENTES DE LA MUESTRA</b>				
N° SAG	: 20049.			
FECHA DE RECEPCIÓN EN LAB. <sup>(3)</sup>	: 20-07-2017.			
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS <sup>(2)</sup>	: 20049.-1 Muestra M2, polvo filtro bolsa.			
	: 20049.-2 --			
	: 20049.-3 --			
	: 20049.-4 --			
<b>METODOLOGÍA</b>				
Análisis por granulometría láser:				
- Instrumento: Mastersizer 2000 - Medición granulométrica.				
- Rango: De 0,02 µm hasta 2000 µm.				
- Tipo de dispersión: Alcohol Isopropílico (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHOH.				
- Precisión de ± 1%.				
- Mecanismo de dispersión: bomba centrífuga de velocidad variable y unidad ultrasónica de potencia variable - Aplicaciones típicas.				
<b>OBSERVACIONES</b>				
(1) La muestra fue proporcionada por el solicitante.				
(2) Los ensayos informados corresponden a los indicados por el solicitante.				
(3) Boleta recepción N° 00001826.				
<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS</b>				
FECHA DE LOS ENSAYOS	: Inicio : 21-07-2017.	Fin : 28-07-2017.		
<b>Ensayos Realizados</b>	<b>20049.-1</b>	<b>20049.-2</b>	<b>20049.-3</b>	<b>20049.-4</b>
Distribución Tamaño de Partícula, mediante G. Laser	Ver anexo	--	--	--

Anexo 1: Distribución de partículas



Size (µm)	Volume In %										
0.020	0.00	0.142	0.00	1.002	0.27	7.096	5.34	50.238	0.04	355.656	0.00
0.022	0.00	0.159	0.00	1.125	0.33	7.982	5.53	56.368	0.00	399.052	0.00
0.025	0.00	0.178	0.00	1.262	0.41	8.934	5.61	63.246	0.00	447.744	0.00
0.028	0.00	0.200	0.00	1.418	0.51	10.024	5.58	70.983	0.00	502.377	0.00
0.032	0.00	0.224	0.00	1.589	0.65	11.247	5.43	79.621	0.00	563.677	0.00
0.036	0.00	0.252	0.00	1.783	0.82	12.619	5.20	89.337	0.00	632.456	0.00
0.040	0.00	0.283	0.03	2.000	1.04	14.159	4.88	100.237	0.00	709.627	0.00
0.045	0.00	0.317	0.07	2.244	1.30	15.887	4.51	112.468	0.00	796.214	0.00
0.050	0.00	0.356	0.11	2.518	1.62	17.825	4.11	126.191	0.00	893.367	0.00
0.056	0.00	0.399	0.13	2.825	1.98	20.000	3.69	141.589	0.00	1002.374	0.00
0.063	0.00	0.448	0.14	3.170	2.38	22.440	3.26	158.866	0.00	1124.883	0.00
0.071	0.00	0.502	0.14	3.557	2.84	25.179	2.83	178.250	0.00	1261.915	0.00
0.080	0.00	0.564	0.15	3.991	3.30	28.251	2.39	200.000	0.00	1415.862	0.00
0.089	0.00	0.632	0.16	4.477	3.78	31.698	1.92	224.404	0.00	1588.656	0.00
0.100	0.00	0.710	0.17	5.024	4.25	35.586	1.44	251.785	0.00	1782.502	0.00
0.112	0.00	0.796	0.21	5.637	4.68	39.905	0.93	282.508	0.00	2000.000	0.00
0.126	0.00	0.893	0.23	6.325	5.05	44.774	0.39	318.970	0.00		
0.142	0.00	1.002	0.23	7.096	5.05	50.238	0.39	355.656	0.00		

**PATRICIA ALEJANDRA RIQUELME**  
Coordinadora Técnica Laboratorio  
Química del Hormigón.



**MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ TALEP**  
Jefe de Proyectos  
División Hormigones Ingeniería

NOTAS:

1. Los resultados de los ensayos no avalan producciones (lotes de producción o lotes de inspección) pasadas, presentes o futuras y son aplicables solamente a las muestras ensayadas.
2. Los resultados de ensayos de este informe no pueden ser reproducidos parcialmente sin la aprobación escrita del IDIEM.

PLAZA ERCILLA 883 - Santiago - Fonos (56-2) 2978 4172 - (56-2) 2978 4886

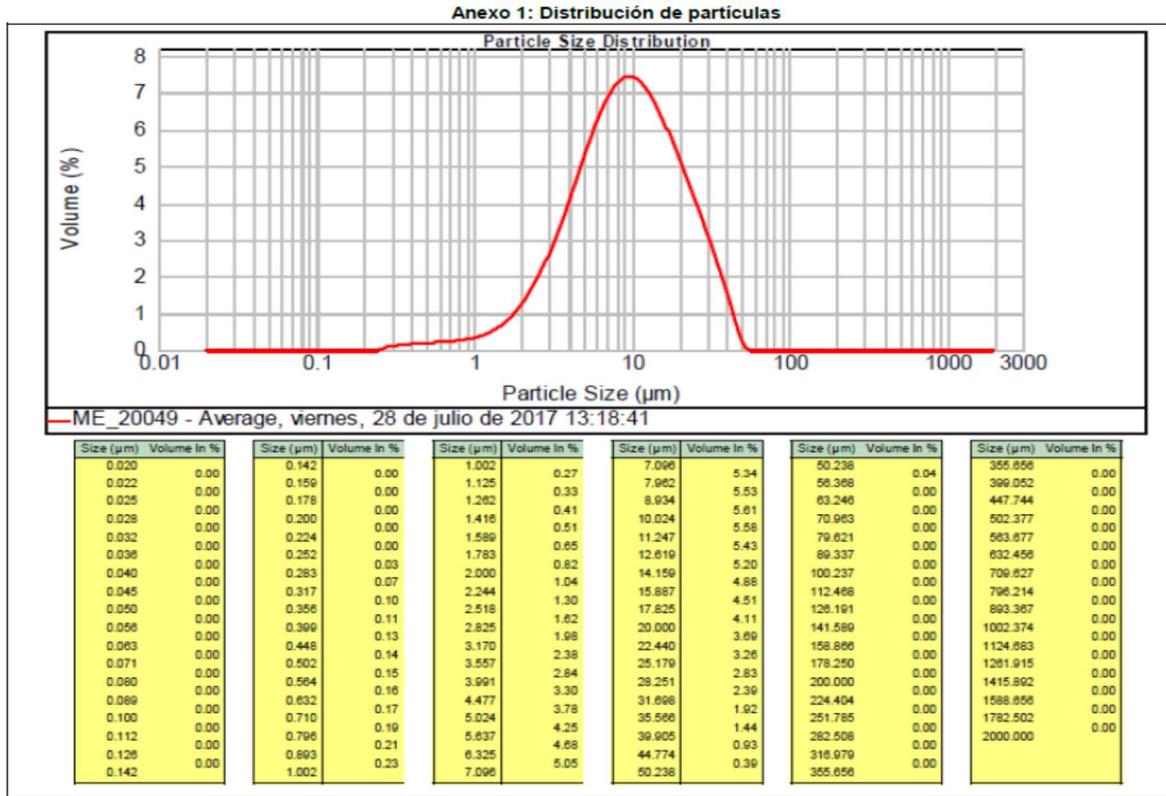


STC-FOR-027F Versión: 1

PLAZA ERCILLA 883 - Santiago - Fonos (56-2) 2978 4172 - (56-2) 2978 4886

www.idiem.cl

Página 2 de 2



**PATRICIA ALEJANDRA RIQUELME**  
 Coordinadora Técnica Laboratorio  
 Química del Hormigón.



**MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ TALEP**  
 Jefe de Proyectos  
 División Homígones Ingeniería

**NOTAS:**

1. Los resultados de los ensayos no avalan producciones (lotes de producción o lotes de inspección) pasadas, presentes o futuras y son aplicables solamente a las muestras ensayadas.
2. Los resultados de ensayos de este informe no pueden ser reproducidos parcialmente sin la aprobación escrita del IDIEM.

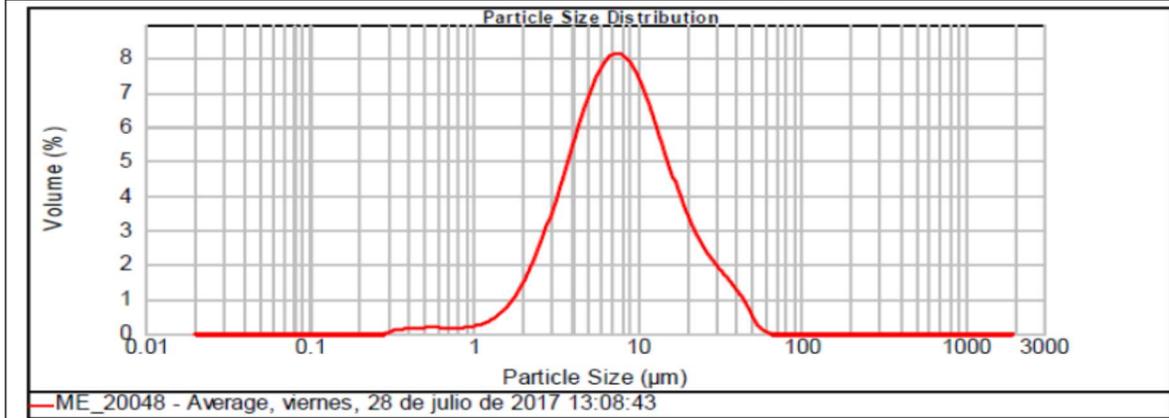
PLAZA ERCILLA 883 - Santiago - Fonos (56-2) 2978 4172 - (56-2) 2978 4886



www.ididem.cl

INFORME DE ENSAYO N° 1.245.314		FECHA EMISIÓN : 31-jul-2017		
<b>ANTECEDENTES GENERALES</b>				
REFERENCIA	: Análisis químico a muestra de polvo.			
SOLICITANTE	: SOCIEDAD MARÍTIMA Y COMERCIAL SOMARCO LTDA.			
DIRECCIÓN DEL SOLICITANTE	: Alonso de Córdova 5670 P.9, Las Condes Santiago.			
DESTINATARIO	: Cristian Nebreda.			
OBRA	: No informada.			
<b>ANTECEDENTES DEL MUESTREO<sup>(1)</sup></b>				
EFFECTUADO POR	: Solicitante.			
LUGAR DE OBTENCIÓN	: No informada.			
FECHA	: No informada.			
<b>ANTECEDENTES DE LA MUESTRA</b>				
N° SAG	: 20048.			
FECHA DE RECEPCIÓN EN LAB. <sup>(3)</sup>	: 20-07-2017.			
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS <sup>(2)</sup>	: 20048.-1 Muestra M1, polvo filtro malla.			
	: 20048.-2 --			
	: 20048.-3 --			
	: 20048.-4 --			
<b>METODOLOGÍA</b>				
Análisis por granulometría láser:				
- Instrumento: Mastersizer 2000 - Medición granulométrica.				
- Rango: De 0,02 µm hasta 2000 µm.				
- Tipo de dispersión: Alcohol Isopropílico (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHOH.				
- Precisión de ± 1%.				
- Mecanismo de dispersión: bomba centrífuga de velocidad variable y unidad ultrasónica de potencia variable - Aplicaciones típicas.				
<b>OBSERVACIONES</b>				
(1) La muestra fue proporcionada por el solicitante.				
(2) Los ensayos informados corresponden a los indicados por el solicitante.				
(3) Boleta recepción N° 00001826.				
<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS</b>				
FECHA DE LOS ENSAYOS	: Inicio : 21-07-2017.	Fin : 28-07-2017.		
<b>Ensayos Realizados</b>	<b>20048.-1</b>	<b>20048.-2</b>	<b>20048.-3</b>	<b>20048.-4</b>
Distribución Tamaño de Partícula, mediante G. Laser	Ver anexo	--	--	--

Anexo 1: Distribución de partículas



Size (µm)	Volume In %										
0.020	0.00	0.142	0.00	1.002	0.18	7.096	6.12	50.238	0.21	355.656	0.00
0.022	0.00	0.159	0.00	1.125	0.24	7.962	6.05	56.368	0.06	399.052	0.00
0.025	0.00	0.178	0.00	1.262	0.33	8.934	5.83	63.246	0.00	447.744	0.00
0.028	0.00	0.200	0.00	1.416	0.47	10.024	5.46	70.963	0.00	502.377	0.00
0.032	0.00	0.224	0.00	1.589	0.66	11.247	4.99	79.621	0.00	563.677	0.00
0.036	0.00	0.252	0.00	1.783	0.92	12.619	4.45	89.337	0.00	632.456	0.00
0.040	0.00	0.283	0.00	2.000	1.25	14.159	3.89	100.237	0.00	709.627	0.00
0.045	0.00	0.317	0.01	2.244	1.64	15.867	3.34	112.468	0.00	796.214	0.00
0.050	0.00	0.356	0.01	2.518	2.10	17.825	2.83	126.191	0.00	893.367	0.00
0.056	0.00	0.399	0.02	2.825	2.63	20.000	2.40	141.589	0.00	1002.374	0.00
0.063	0.00	0.448	0.03	3.170	3.20	22.440	2.04	158.866	0.00	1124.683	0.00
0.071	0.00	0.502	0.03	3.557	3.80	25.179	1.75	178.250	0.00	1261.915	0.00
0.080	0.00	0.564	0.04	3.991	4.38	28.251	1.51	200.000	0.00	1415.862	0.00
0.089	0.00	0.632	0.03	4.477	4.93	31.696	1.31	224.404	0.00	1588.656	0.00
0.100	0.00	0.710	0.03	5.024	5.41	35.566	1.09	251.785	0.00	1782.502	0.00
0.112	0.00	0.796	0.03	5.637	5.79	39.905	0.85	282.506	0.00	2000.000	0.00
0.126	0.00	0.893	0.03	6.325	6.03	44.774	0.60	316.979	0.00		
0.142	0.00	1.002	0.15	7.096	6.03	50.238	0.60	355.656	0.00		

  
**PATRICIA ALEJANDRA RIQUELME**  
 Coordinadora Técnica Laboratorio Químico del Hormigón.



  
**MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ TALEP**  
 Jefe de Proyectos División Hormigones Ingeniería

NOTAS:  
 1. Los resultados de los ensayos no avalan producciones (lotes de producción o lotes de inspección) pasadas, presentes o futuras y son aplicables solamente a las muestras ensayadas.  
 2. Los resultados de ensayos de este informe no pueden ser reproducidos parcialmente sin la aprobación escrita del IDIEM.

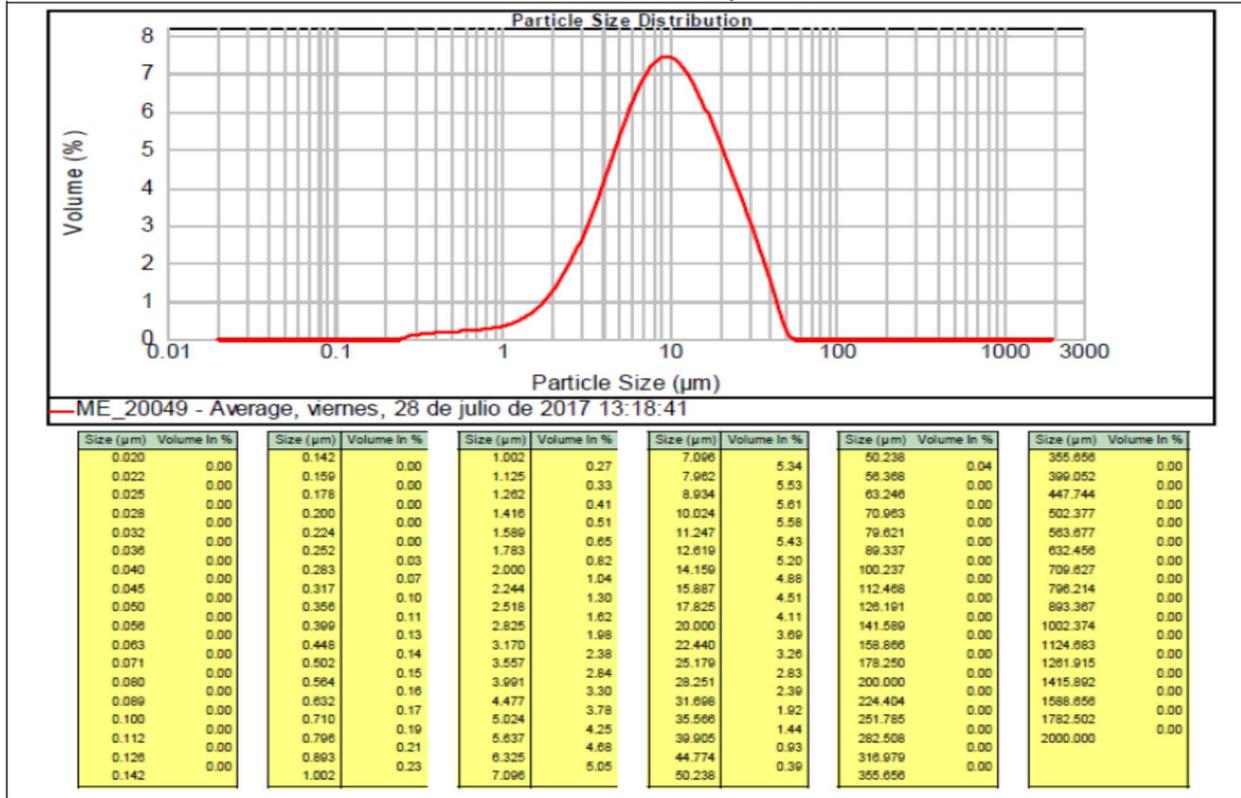
PLAZA ERCILLA 883 - Santiago - Fonos (56-2) 2978 4172 - (56-2) 2978 4886



www.idiem.cl

INFORME DE ENSAYO N° 1.245.316		FECHA EMISIÓN : 31-jul-2017		
<b>ANTECEDENTES GENERALES</b>				
REFERENCIA	: Análisis químico a muestra de polvo.			
SOLICITANTE	: SOCIEDAD MARÍTIMA Y COMERCIAL SOMARCO LTDA.			
DIRECCIÓN DEL SOLICITANTE	: Alonso de Córdova 5670 P.9, Las Condes Santiago.			
DESTINATARIO	: Cristian Nebreda.			
OBRA	: No informada.			
<b>ANTECEDENTES DEL MUESTREO<sup>(1)</sup></b>				
EFFECTUADO POR	: Solicitante.			
LUGAR DE OBTENCIÓN	: No informada.			
FECHA	: No informada.			
<b>ANTECEDENTES DE LA MUESTRA</b>				
N° SAG	: 20049.			
FECHA DE RECEPCIÓN EN LAB. <sup>(3)</sup>	: 20-07-2017.			
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS <sup>(2)</sup>	: 20049.-1 Muestra M2, polvo filtro bolsa.			
	: 20049.-2 –			
	: 20049.-3 –			
	: 20049.-4 –			
<b>METODOLOGÍA</b>				
Análisis por granulometría láser:				
- Instrumento: Mastersizer 2000 - Medición granulométrica.				
- Rango: De 0,02 µm hasta 2000 µm.				
- Tipo de dispersión: Alcohol Isopropílico (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHOH.				
- Precisión de ± 1%.				
- Mecanismo de dispersión: bomba centrífuga de velocidad variable y unidad ultrasónica de potencia variable - Aplicaciones típicas.				
<b>OBSERVACIONES</b>				
(1) La muestra fue proporcionada por el solicitante.				
(2) Los ensayos informados corresponden a los indicados por el solicitante.				
(3) Boleta recepción N° 00001826.				
<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS</b>				
FECHA DE LOS ENSAYOS	: Inicio : 21-07-2017.	Fin : 28-07-2017.		
<b>Ensayos Realizados</b>	<b>20049.-1</b>	<b>20049.-2</b>	<b>20049.-3</b>	<b>20049.-4</b>
Distribución Tamaño de Partícula, mediante G. Laser	Ver anexo	--	--	--

Anexo 1: Distribución de partículas



  
**PATRICIA ALEJANDRA RIQUELME**  
 Coordinadora Técnica Laboratorio  
 Química del Hormigón.



  
**MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ TALEP**  
 Jefe de Proyectos  
 División Hormigones Ingeniería

NOTAS:

1. Los resultados de los ensayos no avalan producciones (lotes de producción o lotes de inspección) pasadas, presentes o futuras y son aplicables solamente a las muestras ensayadas.
2. Los resultados de ensayos de este informe no pueden ser reproducidos parcialmente sin la aprobación escrita del IDIEM.

PLAZA ERCILLA 883 - Santiago - Fonos (56-2) 2978 4172 - (56-2) 2978 4886

Donaldson.  
Torit®

**HEPA & 95% DOP  
PANEL FILTERS**



**READY  
2SHIP**

### HEPA & 95% DOP Panel Filters:

- **99.97% or higher** filtration efficiency on 0.3 micron particles for HEPA panel filters
- **95.0% or higher** filtration efficiency on 0.3 micron particles for 95% DOP panel filters
- **Variety** of sizes and airflow capacities to meet specific application requirements
- **Sturdy aluminum** separator media pack
- **Durable aluminum** frame construction with built-in handles
- **High-density urethane gaskets** with interlocking dovetail corners provide reliable seal
- **Airflows** rated from 500 to 2300 cfm

## Take a Closer Look at our Panel Filter Products

### GASKETS/CORNERS

- High density urethane gaskets
- Interlocking and sealed dovetail corners
- Single gasket design allows the filter to be installed with the gasket either upstream or downstream depending on application

### BUILT-IN HANDLES

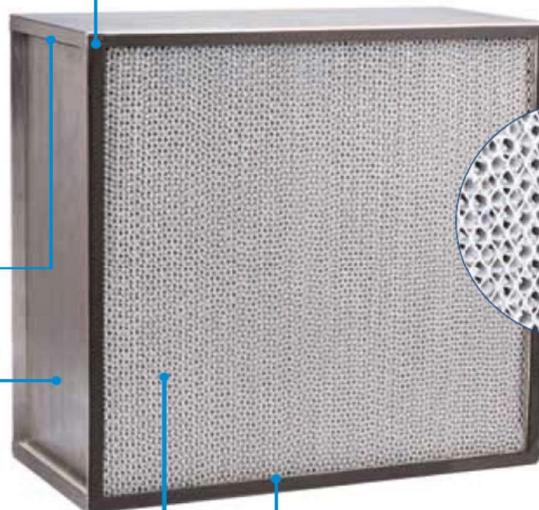
For easier maintenance

### LIGHTWEIGHT ALUMINUM

- Provides built-in corrosion resistance
- Resists swelling in moist conditions
- Less weight than wood board, galvanized, or stainless steel frames

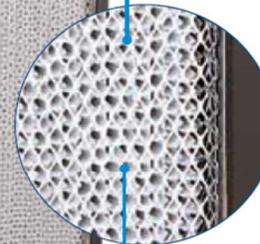
### EXPANDED METAL LINERS

- Reinforced squareness and rigidity in frame construction
- Protects filter media from damage



### PROVEN SEPARATOR PACK DESIGN

- Creates uniform flow channels
- Every pleat has positive separation



### FILTER MEDIA

- Our HEPA and 95% DOP medias both outperform the leading competitors
- Proprietary, premium materials
- Non-glass fiber content provides greater media strength
- Enhanced oil loading capabilities in both HEPA and 95% DOP

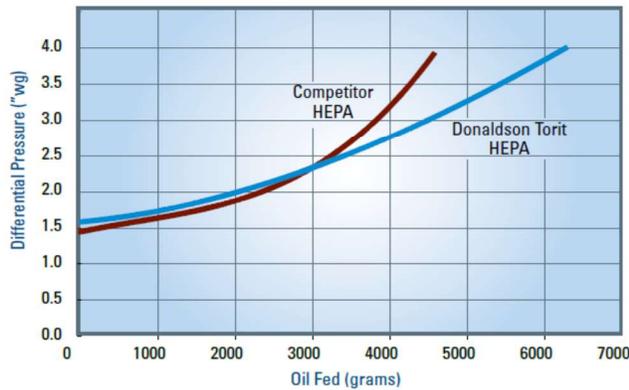
### URETHANE POTTING COMPOUND

Media pack is securely attached to the frame interior

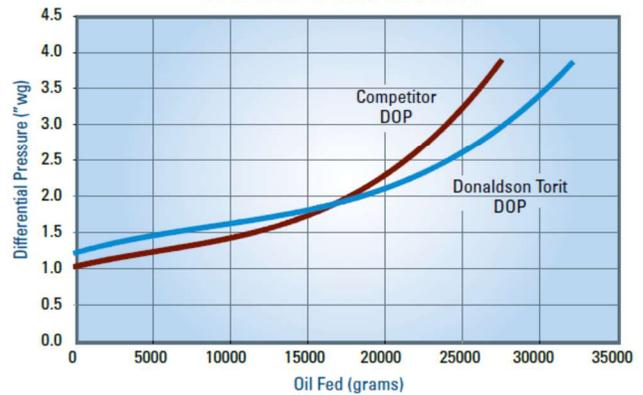
## Proprietary Filter Media is the Basis for Panel Filters that Outperform Our Toughest Competitors

### DONALDSON® TORIT® PANEL FILTERS EXHIBIT SUPERIOR OIL HANDLING

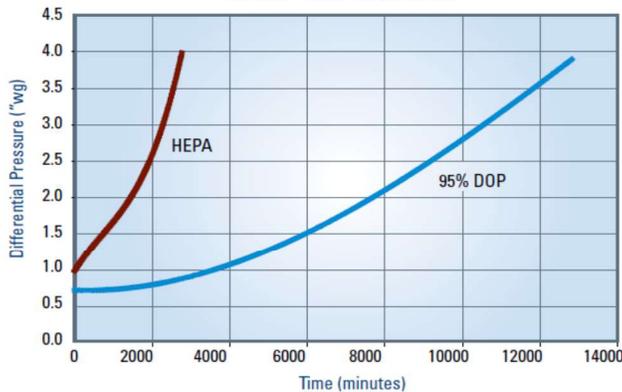
HEPA COMPARISON\*



95% DOP COMPARISON\*\*



HEPA VS. 95% DOP\*\*\*



\* Donaldson Torit HEPA panel filters handle 35% more oil than competitor HEPA filters, resulting in 35% longer filter life.

\*\* Donaldson Torit 95% DOP panel filters handle 15% more oil than competitor DOP panel filters resulting, in 15% longer filter life.

\*\*\* Applications where 95% DOP filters provide adequate filtration efficiency (see page 4), the 95% DOP filters last 3-5 times longer than the HEPA filters, as shown above in this oil test. Based on accelerated test results. Oil fed at a rate of 8 grams/minute with additional submicron oil generators.

GENUINE  
**Torit-Built®**  
 FILTERS ENGINEERED FOR  
 Dust, Fume & Mist Collection

**LONGER  
 FILTER LIFE**  
 THAN THE LEADING COMPETITORS