



Diseño de sistema de extracción de vapores derivados de la Nafta en operación de cargue para transporte terrestre por Carrotanque Ecopetrol Báscula, Apiay.

Elkin Ramiro Zuleta Moreno

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Villavicencio, Colombia
2021



Diseño de sistema de extracción de vapores derivados de la Nafta en operación de cargue para transporte terrestre por Carrotanque Ecopetrol Báscula, Apiay.

Elkin Ramiro Zuleta Moreno

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Electromecánico

Director (a):

DSc., Luis Ferney Gaitán

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Villavicencio, Colombia

2021

(Dedicatoria o lema)

En primer lugar, esta Tesis está dedicada a Dios a mi madre mi esposa y mis hijos, por tener tanta paciencia y por darme su bendición a diario, seguido a todas las personas que hicieron posible llegar al lugar donde me encuentro ahora mismo, personas que siempre creyeron en mí y su apoyo fue incondicional

Agradecimientos

Agradecimientos al Ing. Luis Ferney Gaitán A. Por su guiarme durante este proceso, a mis Profesores Ingeniera Martha Melo, Ing. Peter Velásquez, Ing. William Correa, Ing. Alberto Villarraga, ing. Heiner García.

Resumen

Las instalaciones actuales del cargadero de nafta ubicado en el área de Apiay propiedad de ECOPETROL S.A., no cuenta con un eficiente manejo de vapores perjudiciales como resultado de la operación de llenado de carrotanques con el producto Nafta; los vapores resultan ser perjudiciales para la salud del personal operativo de la planta y para la comunidad. Estos vapores contienen una carga elevada de Benceno, el cual se usa como aditivo en la gasolina para aumentar el octanaje de la misma, evitar los golpes del motor y para dilución de crudo; en consecuencia, los vapores aparecen cuando el nivel de líquido y la presión interna en el tanque aumentan los VOC o COV (Compuestos Orgánicos Volátiles). En los VOC se encuentra el componente más contaminante, el benceno, este es altamente tóxico y se ha demostrado científicamente que al ser inhalado o al tener contacto con la piel tiene efectos cancerígenos; tales como: Leucemia Mielógena, Leucemia Linfocítica, linfoma no Hodgkin, Mieloma Múltiple, Cáncer de pulmón, cáncer de riñón.

Palabras clave: Nafta, Benceno, Vapores derivados de la Nafta.

Abstract

The current facilities of the naphtha loading dock located in the Apiay area, owned by ECOPETROL SA, have a deficient management of harmful vapors as a result of the operation of filling tanks with the product naphtha; the vapors are harmful to the operating personnel and the community. These vapors contain benzene, which is used as an additive in gasoline to increase octane, prevent engine knocking and for crude oil dilution; consequently, the vapors appear when the liquid level and internal pressure increase VOCs (Volatile Organic Compounds). VOCs include the most polluting component, benzene, which is highly toxic. It has been scientifically proven that when inhaled or in contact with the skin it has carcinogenic effects, such as: [4] myelogenous leukemia, lymphocytic leukemia, non-Hodgkin's lymphoma. Multiple Myeloma. Lung cancer, kidney cancer,

Keywords: Naphtha, Benzene, Vapors derived from Naphtha

Contenido

Introducción	10
1 Marco Teórico.....	12
1.1 DEFINICIONES GLOSARIO DE TERMINOS Y ABREVIACIONES.....	14
1.2 Grado de riesgo (G.R.).....	16
1.3 Bases Legales.....	17
2 Metodología.....	18
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	19
2.1.1 Descripción del área.....	20
2.1.2 Área de cargue.....	21
2.1.3 Diagrama de cargue.....	22
2.2 INFORME DE MEDICIÓN DE AGENTES QUÍMICOS	23
a. NIVEL DE RIESGO	23
2.3 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS MEDICIONES.....	24
2.3.1 RECOMENDACIONES.....	27
3 CALCULO DE SISTEMA DE EXTRACCIÓN.....	28
3.1 Selección y diseño de la campana.....	29
3.2 Dimensionamiento Sistema de Extracción:	31
3.3 Selección del extractor.....	34
4 SELECCIÓN DEL SISTEMA.....	35
4.1 VENTILADORES CENTRIFUGOS DE DOBLE ASPIRACIÓN	35
4.2 DA – DA/B.....	36
4.2.1 Ventiladores centrífugos de doble aspiración.....	36
5 SISTEMA DE CONTROL PLC PARA EL MANEJO DEL EXTRACTOR	48
5.1 Programacion del sistema de control	50
6 CONCLUSIONES	57
7 Bibliografía	58
8 ANEXOS.....	59

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla. 1-1 categorización del riesgo.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla. 2 horarios y capacidad de cargue de la báscula.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla. 3 1.1 Dimensionamiento Sistema de Extracción:.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla. 4.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla. 5.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla. 6 selección del extractor.....</i>	<i>34</i>

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración. 1 programación del sistema de control plc.....</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración. 2 programación plc.....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración. 3 programación plc.....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración. 4 programación plc.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración. 5 programación plc.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración. 6 sistema de control.....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración. 7 control de bahía de cargue de Naptha.....</i>	<i>56</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Fig. 1 ubicación base Apiay</i>	20
<i>Fig. 2 área de cargue</i>	21
<i>Fig. 3 diagrama de cargue de Naptha</i>	22
<i>Fig. 4 dosimetría de benceno coordinación de Plantas de Proceso Apiay- Asfalto -Báscula.</i>	23
<i>Fig. 5 dosimetría de benceno coordinación de Plantas de Proceso Apiay- Asfalto -Báscula.</i>	24
<i>Fig. 6 dosimetría de benceno coordinación de Plantas de Proceso Apiay- Asfalto -Báscula.</i>	25
<i>Fig. 7 dosimetría de benceno coordinación de Plantas de Proceso Apiay- Asfalto -Báscula.</i>	25
<i>Fig. 8 dosimetría de benceno coordinación de Plantas de Proceso Apiay- Asfalto -Báscula.</i>	26
<i>Fig. 9 rango de captura de velocidades (ACGIH)</i>	28
<i>Fig. 10 Rango mínimo de velocidades para el diseño de ductos (ACGIH, 2010)</i>	28
<i>Fig. 11 Geometría para el caudal de campana de extracción. (ACGIH, 2010)</i>	29
<i>Fig. 12 Diseño del cono de extracción. (ACGIH, 2010)</i>	30
<i>Fig. 13 ventilador de doble aspiración</i>	36
<i>Fig. 14 ventilador de doble aspiración</i>	36
<i>Fig. 15 análisis de curva</i>	37
<i>Fig. 16 características de motor</i>	38
<i>Fig. 17 dimensiones del motor</i>	39
<i>Fig. 18 accesorios del motor</i>	40
<i>Fig. 19 partes del motor</i>	40
<i>Fig. 20 mantenimiento del equipo</i>	41
<i>Fig. 21 inspección de mantenimiento</i>	42
<i>Fig. 22 especificaciones de mantenimiento</i>	43
<i>Fig. 23 especificaciones de mantenimiento</i>	44
<i>Fig. 24 análisis de fallas</i>	45
<i>Fig. 25 mantenimiento en bandas</i>	46
<i>Fig. 26 especificaciones para realizar lubricación</i>	47
<i>Fig. 27 medidor de caudal de Nafta</i>	49

Introducción

Actualmente con tantos adelantos tecnológicos alcanzados por el ser humano, el riesgo químico sigue siendo uno de los más importantes en la industria petroquímica y de transporte.

Las concentraciones calculadas con base en los resultados del laboratorio, indican que para el operador hay sobre exposición al Benceno, basado en que el percentil 95 de la distribución estadística de las concentraciones medidas (P95= 0,448) se encuentra por encima del 100% (exactamente 114,7%) del TLV -TWAC (0,391ppm), que corresponde a un nivel de riesgo alto de acuerdo con la clasificación respectiva. Lo cual advierte de una variabilidad en las tareas realizadas (Procedimientos de extracción de gases en contenedores de almacenamiento atmosférico de crudo pesado, etc. Y por tanto en los niveles de exposición. Esto sugiere la necesidad de adelantar mediciones de seguimiento hasta completar un número suficiente para asegurar una caracterización completa.

El 15 de octubre de 2020 se presentó un conato de incendio encima de un carrotanque por la elevada emanación de gases inflamables.

Por consiguiente y para darle solución a este problema se propone un diseño de un sistema de extracción de vapores derivados de la Nafta, para el control de los procesos funcionales de la planta. El sistema de extracción de vapores permite disminuir el efecto negativo de las altas temperaturas, la presión y la alta toxicidad, que incide en el ambiente laboral y en los resultados de productividad de la empresa, se espera mediante el desarrollo del presente estudio poder evacuar los excesos de vapores en el área de cargue para así incrementar el bienestar de los trabajadores y la comunidad desde el punto de vista de seguridad, salud. Así mismo entre de los beneficios más significativos de este trabajo integral de grado se plantea un ahorro en el consumo energético y una mejora en la eficiencia de la operación lo cual hace

viable la implementación de la presente propuesta de diseño; para esto es necesario disponer de la instrumentación adecuada, para el desarrollo de esta propuesta.

1 Marco Teórico

En la actualidad el Benceno se recupera de las fuentes de carbón y petróleo, en su mayoría el Benceno producido mundialmente se deriva de las industrias petroquímicas y de refinación de petróleo. El Benceno (C_6H_6) fue descubierto por el científico inglés Michael Faraday en 1825 aislándolo del gas alumbrado. Pero hasta 1842 en que se descubrió la existencia del benceno en el alquitrán de hulla. El benceno puro arde con una llama humeante debido a su alto contenido de carbono mezclado con grandes proporciones de gasolina constituye un combustible aceptable. (PINO, 2006)

La inhalación de benceno puede producir somnolencia, mareo y pérdida del conocimiento. La exposición prolongada produce efectos sobre la médula de los huesos y puede causar anemia y leucemia.

Los procesos industriales son la fuente principal de benceno en el ambiente, el benceno puede pasar al aire desde el suelo y el agua, en el aire reacciona con otras sustancias químicas y se degrada en unos pocos días, este mismo puede ser arrastrado a la tierra por la lluvia; se degrada más lentamente en el agua y en el suelo, puede pasar al agua subterránea a través del suelo. El benceno no se acumula en las plantas o en los animales.

Existen niveles bajos de benceno en el aire libre producidos por el humo de tabaco, estaciones de servicio, los vehículos y las emisiones industriales

En el área de cargue y descargue de combustible de Apiay se han realizado mediciones mediante las cuales se han determinado que los niveles de benceno en el aire son elevados, es allí donde debemos intervenir realizando esta propuesta para la mejora de la salud de los operarios que laboran en esta área y de la comunidad cercana.

En la búsqueda de las mejoras adecuadas para las condiciones ambientales laborales de la empresa se ha realizado Disimetrías de Benceno, en concordancia con el programa de

vigilancia epidemiológica de sustancias químicas prioritarias, el nivel de riesgo mostrado es válido como un indicador de la tendencia de la exposición cuando se compara con los años anteriores; estos factores de riesgo representan un peligro para la salud de los trabajadores y afectan la trazabilidad de la empresa.

Es importante aclarar que:

- El riesgo laboral es un deterioro progresivo de la salud del trabajador causado por las labores o el ambiente donde desarrolla las actividades de su trabajo.
- El riesgo por agentes físicos es un factor de tipo ambiental que puede provocar efectos nocivos para la salud del trabajador dependiendo de la intensidad, la concentración y el tiempo de exposición.

1.1 DEFINICIONES GLOSARIO DE TERMINOS Y ABREVIACIONES

Para el desarrollo de esta propuesta integral de grado es necesario conocer los siguientes términos o definiciones:

AGA. American Gas Asociación

ANSI. American National Standards Institute.

API. American Society of Mechanical Engineers.

ASTM. American Society for Testing and Materials.

Bureau of Explosives. (B of E) (Oficina de explosivos) Una de las agencias de la Association of American Railroads (Asociación de los ferrocarriles americanos).

Cámara de vapor de un recipiente. El espacio que no se llena en los recipientes de GLP ubicado encima del GLP líquido.

Carro-tanque: (es fundamentalmente una designación de la DOT). Se refiere a un contenedor utilizado para el transporte en forma líquida de GLP por carretera, bien sea montándolo sobre la estructura de un camión convencional o como parte integral de un vehículo de transporte de cuya configuración es total o parcialmente el elemento más importante. Este tanque es, en esencia una parte permanente del vehículo de transporte.

CGA. Compressed Gas Association, Inc.

Exposición prolongada con el Benceno: La exposición breve (5 a 10 minutos) a niveles muy altos de benceno en el aire (10,000 a 20,000 ppm) puede producir la muerte. Niveles más bajos (700 a 3,000 ppm) pueden producir letargo, mareo, aceleración del latido del corazón, dolor de cabeza, temblores, confusión y pérdida del conocimiento. En la mayoría de los casos,

los efectos desaparecen cuando la exposición termina y la persona empieza a respirar aire fresco.

La exposición prolongada al benceno puede producir cáncer de los órganos que producen los elementos de la sangre, esta condición se llama Leucemia, puede sufrir daños de los tejidos que producen las células de la sangre, especialmente la medula de los huesos a esta condición se le llama anemia.

OSHA. Regula los niveles de benceno en el lugar de trabajo. El nivel máximo de benceno en el aire del trabajo no debe exceder 1ppm durante la jornada de 8 horas diarias, 40 horas semanales. Debido a que el benceno puede producir cáncer, el NIOSH recomienda que todos los trabajadores usen equipo de respiración especial si existe la posibilidad de exposición a niveles de benceno que exceden el límite de 0.1 ppm que se recomienda sobre una jornada de 8 horas.

Gas comprimido: Cualquier material o mezcla que dentro de un contenedor tenga una presión absoluta que sobrepase los 40 psia (276 kPa absolutos) a 70°F (21,1°C) o que sea cual fuere su presión a 70°F (21,1°C), alcance una presión absoluta a 104psia (717kPa absolutos) a 130°F (54,4°C).

Valor Límite Permisible: Para las altas temperaturas, representa condiciones por debajo de las cuales se cree que aproximadamente todos los trabajadores saludables, sin medicamentos y adecuadamente hidratados pueden ser repetidamente expuestos sin efectos adversos para su salud (ACGIH).

1.2 Grado de riesgo (G.R.)

El Grado de Riesgo es la razón entre el índice TGBH medido para un puesto de trabajo en particular sobre el valor límite permisible estipulado por norma para ese puesto de trabajo. Se calcula utilizando la siguiente relación:

Ecuación Grado de riesgo

$$GR = \frac{WBGT}{VLP}$$

(INSTITUCIONAL, 2013)

Tabla categorización del grado de Riesgo

(INSTITUCIONAL, 2013)

RANGO	CATEGORIA	ACCIONES A TOMAR
Mayor de 1	Grado de riesgo Alto	Inmediatas
0.5 -1	Grado de riesgo Medio	Mediano Plazo
Menor de 0.5	Grado de riesgo Bajo	Continuar acciones

Tabla. 1-1 categorización del riesgo

Ya conocidos los términos, definimos el sistema de extracción necesario para el desarrollo de este proyecto dando a conocer cada uno de sus componentes.

El desarrollo de los componentes electrónicos está limitado por la cantidad de vapor o presión generado en su interior, que estos son capaces de disipar al ambiente. Se recurre a la instalación de la unidad de extracción de aire del cual su principio de funcionamiento le permite guiar al aire dentro de la estructura del ventilador sin ningún tipo de turbulencia debido a la estructura aerodinámica del ventilador del extractor centrifugo de tejado tipo hongo CRH.

1.3 Bases Legales

Se debe cumplir con diferentes normas internacionales para poder crear un sistema de disipación de calor.

- **DECRETO 1609 DE 2002.** Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
- **LEY 55 DE 1993** Por medio de la cual se aprueba el “Convenio N°170 y la Recomendación N° 177 sobre la Seguridad en la utilización de los Productos Químicos en el trabajo”, adoptadas por la 77a. Reunión de la Conferencia General de la O.I.T., Ginebra 1990.
- **DECRETO 1477 DE 2014** Por el cual se expide la Tabla de Enfermedades Laborales. Nota: en esta tabla se incluye el benceno que es un componente de la Nafta.
- **DECRETO 1274 DE 1997.** por el cual se promulga el "Convenio 136 relativo a la protección contra los riesgos de intoxicación por el Benceno", adoptado por la Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo, el 23 de junio de 1971.
- **GATISO-BTX-EB (GUÍA DE ATENCIÓN INTEGRAL DE SALUD OCUPACIONAL BASADA EN LA EVIDENCIA PARA TRABAJADORES EXPUESTOS AL BENCENO Y SUS DERIVADOS).**

2 Metodología

Descripción de la empresa

Nombre: ECOPETROL S.A.

Dirección: Apiay – Meta

Ciudad: Villavicencio

Para realizar el diseño del sistema de extracción de vapores se debe proceder de la siguiente manera:

Determinación de la ubicación, orientación y sombra externa de la edificación a partir de los planos y especificaciones.

Comprobación de las rutinas de iluminación, condiciones de ocupación, identificación de equipos internos, aplicaciones y procesos que contribuyan a incrementar la carga térmica interna, determinando las frecuencias de operación y los intervalos de no ocupación.

Replanteo general del espacio a acondicionar, diseñar un plano donde se pueda interpretar todas las superficies, elementos eléctricos, ocupación por personal de trabajo.

Elaboración del cálculo de ppm general del área, analizando las cargas dadas por la exposición a los vapores de NAFTA

Elección el tipo de sistema de remoción de aire a utilizar dependiendo del que brinde mejor versatilidad, inversión, mantenimiento, consumo de energía, etc.

Selección del equipamiento a utilizar:

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El desarrollo creciente del sector de producción petrolera crea una gran demanda del producto refinado Nafta en los campos de producción el cual se utiliza para diluir el crudo en el Departamento del Meta.

Los vapores del Nafta contienen partículas de Benceno que al contacto prolongado o al ser inhalado llega a ser cancerígeno para quien lo manipule, razón por la cual se debe modificar el sistema de cargue y la recuperación de vapores.

Si se incrementan los cargues tendríamos una mayor exposición de los trabajadores a los vapores nocivos.

Su forma de trabajo es designada de la siguiente manera:

Turnos rotativos de 12 hrs cada uno, con intervalos de descanso cada 4 hrs de 15 min cada descanso.

La planta de producción trabaja de lunes a domingo, sin descaso, que los turnos del personal y las máquinas están en uso permanente generando de este modo un aumento de vapores.

Tabla de horarios y capacidad de cargue de la báscula.

Horario de operarios	Capacidad de cargue de carrotanques
00:00 – 06:00	10 carro-tanques
06:00 – 18:00	10 carro-tanques
18:00 – 00:00	7 carro -tanques

Tabla. 2 horarios y capacidad de cargue de la báscula.

2.1.1 Descripción del área

Nombre: ECOPETROL S.A.

Dirección: Apiay – Meta

Ciudad: Villavicencio



Fig. 1 ubicación base Apiay

2.1.2 Área de cargue



Fig. 2 área de cargue

2.1.3 Diagrama de cargue

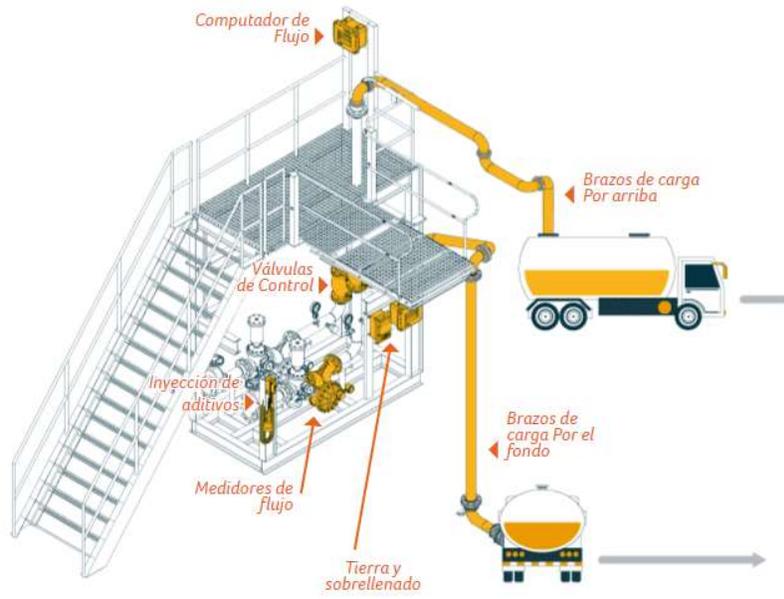


Fig. 3 diagrama de cargue de Nafta

2.2 INFORME DE MEDICIÓN DE AGENTES QUÍMICOS

En el presente estudio corresponde a un seguimiento en concordancia con el programa de vigilancia epidemiológica de sustancias químicas prioritarias. El nivel de riesgo mostrado es válido como un indicador de la tendencia de la exposición cuando se compara con años anteriores.

1. RESULTADOS

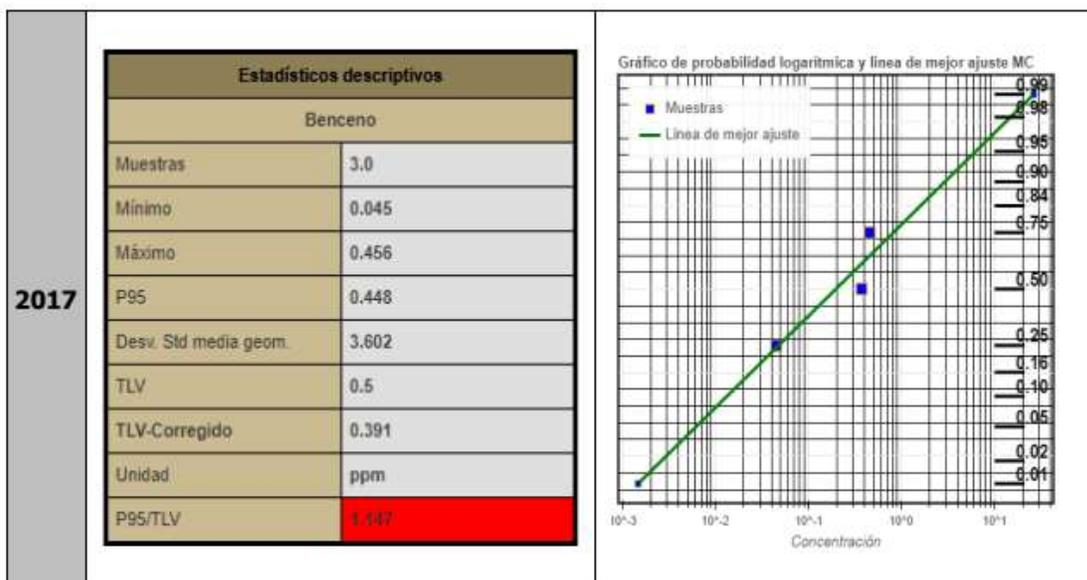


Fig. 4 dosimetría de benceno coordinación de Plantas de Proceso Apiay- Asfalto -Báscula ANEXO 1.
anexo A Informe de mediciones de agentes químicos.

a. NIVEL DE RIESGO

Las concentraciones calculadas con base en los resultados del laboratorio indican que para el operador hay sobreexposición a Benceno, basado en el hecho que el percentil 95 de la distribución estadística de las concentraciones medidas (P95= 0.448) se encuentra por encima del 100% (exactamente 114,7%) del TLV-TWAC (0.391 ppm), que corresponde a un nivel de riesgo alto de acuerdo con la clasificación respectiva. Sin embargo, la desviación geométrica estándar $\sigma=3.602$ indica una dispersión de datos superior a la deseable (alrededor de 2,5), lo cual advierte de una variabilidad en las tareas realizadas (frecuencias, procedimiento, actividades diferentes, etc.) y por tanto en los niveles de exposición. Esto sugiere la necesidad

de adelantar las mediciones de seguimiento hasta completar un número suficiente para asegurar una caracterización completa.

2.3 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS MEDICIONES

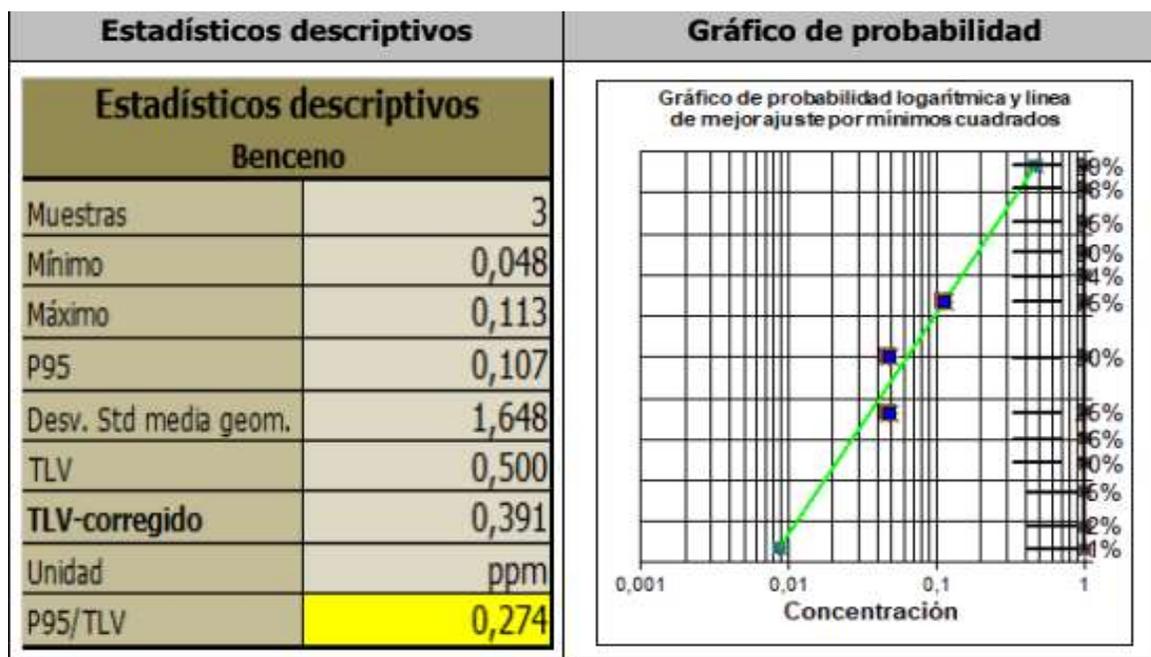


Fig. 5 dosimetría del benceno ANEXO 1.

La gráfica corresponde a las tres últimas mediciones realizadas al oficio.

Fig. 6 dosimetría de benceno coordinación de Plantas de Proceso Apiay- Asfalto -Báscula.

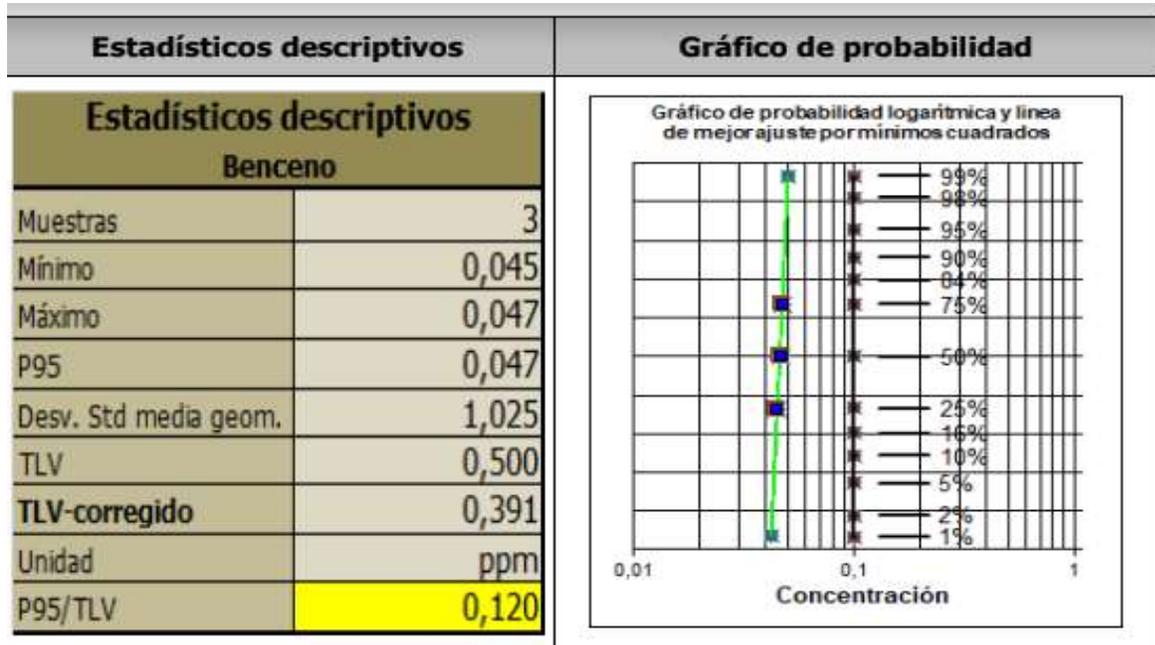


Fig. 7 dosimetría de benceno coordinación de Plantas de Proceso Apiay- Asfalto -Báscula ANEXO 1.

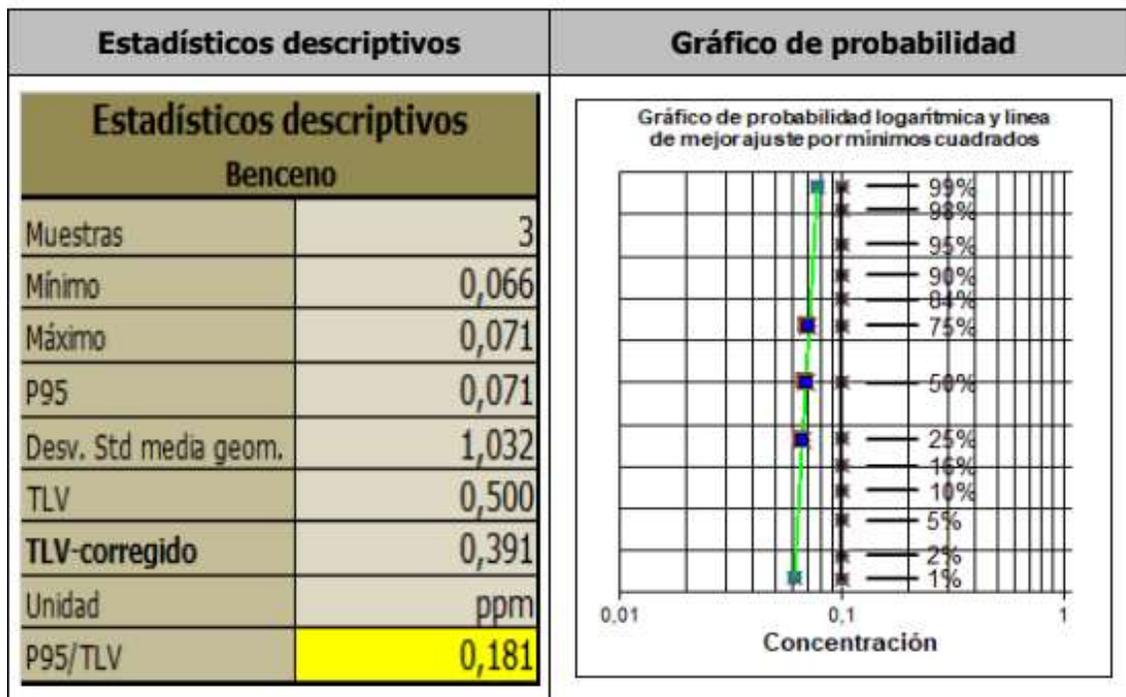


Fig. 8 dosimetría de benceno coordinación de Plantas de Proceso Apiay- Asfalto -Báscula ANEXO 1.

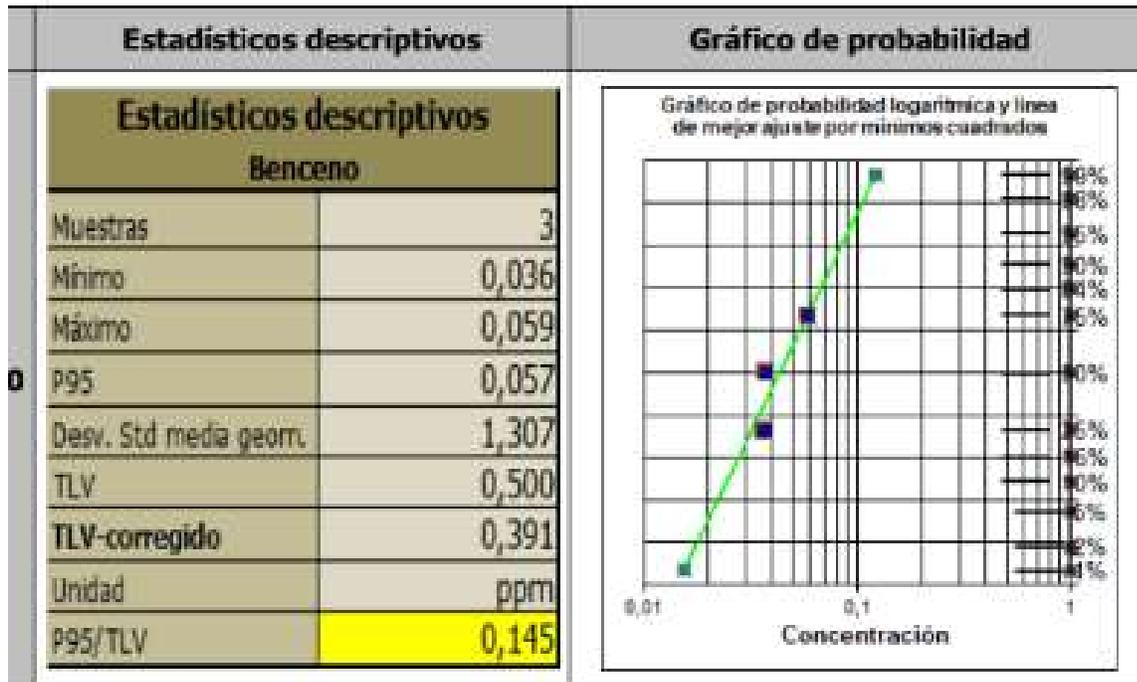


Fig. 9 dosimetría de benceno coordinación de Plantas de Proceso Apiay- Asfalto -Báscula ANEXO 1.

2.3.1 RECOMENDACIONES

A su vez se recomienda la implementación de las siguientes actividades:

- CONTROL DE FUENTES:
 - Adelantar un estudio para la optimización del proceso de llenado de carrotanques de manera que garantice la contención de emisión de vapores de hidrocarburo durante todas las etapas del proceso.
- CONTROL DE EXPOSICION:
 - Instalar manga veletas indicadores de viento, en diferentes puntos estratégicos del área de las bahías de cargue de la Báscula, de forma que al momento de realizar el cargue de los diferentes productos en los carrotanques, el operador pueda ubicarse a favor del viento para minimizar la potencias inhalación de gases y vapores.

3 CALCULO DE SISTEMA DE EXTRACCIÓN

Rango de la captura de velocidades (ACGIH, 2010)

Condition of Dispersion of Contamination	Example	Capture Velocity, fpm
Released with practically no velocity into quiet air.	Evaporation from tanks; degreasing, etc.	50–100
Released at low velocity into moderately still air.	Spray booths; intermittent container filling; low speed conveyor transfers; welding; plating; pickling	100–200
Active generation into zone of rapid air motion.	Spray painting in shallow booths; barrel filling; conveyor loading; crushers	200–500
Released at high initial velocity into zone of very rapid air motion.	Grinding; abrasive blasting; tumbling	500–2000
In each category above, a range of capture velocity is shown. The proper choice of values depends on several factors:		
<i>Lower End of Range</i>		<i>Upper End of Range</i>
1. Room air currents minimal or favorable to capture.	1. Disturbing room air currents.	
2. Contaminants of low toxicity or of nuisance value only.	2. Contaminants of high toxicity.	
3. Intermittent, low production.	3. High production, heavy use.	
4. Large hood-large air mass in motion.	4. Small hood-local control only.	

Fig. 10 rango de captura de velocidades (ACGIH)

Rango mínimo de velocidades para el diseño de ductos (ACGIH, 2010)

Nature of Contaminant	Examples	Design Velocity
Vapors, gases, smoke	All vapors, gases, and smoke	Any desired velocity (economic optimum velocity usually 1000–2000 fpm)
Fumes	Welding	2000–2500
Very fine light dust	Cotton lint, wood flour, litho powder	2500–3000
Dry dusts & powders	Fine rubber dust, Bakelite molding powder dust, jute lint, cotton dust, shavings (light), soap dust, leather shavings	3000–4000
Average industrial dust	Grinding dust, buffing lint (dry), wool jute dust (shaker waste), coffee beans, shoe dust, granite dust, silica flour, general material handling, brick cutting, clay dust, foundry (general), limestone dust, packaging and weighing asbestos dust in textile industries	3500–4000
Heavy dusts	Sawdust (heavy and wet), metal turnings, foundry tumbling barrels and shake-out, sand blast dust, wood blocks, hog waste, brass turnings, cast iron boring dust, lead dust	4000–4500
Heavy or moist	Lead dusts with small chips, moist cement dust, asbestos chunks from	4500 and up

Fig. 11 Rango mínimo de velocidades para el diseño de ductos (ACGIH, 2010)

- **Cálculo de caudal**

Se selecciona una velocidad de captación (V_c) intermedia de 0.381 m/s. (75 fpm)

La fuente de emisión es un manhole de 16" (0.41 m) de diámetro, por tanto, el perímetro es

$2\pi r$

$$P = 2 * \pi * r = 2 * 3.1416 * 0.205 = 1.28m$$



Fig. 12 Geometría para el caudal de campana de extracción. (ACGIH, 2010)

$$Q = 1.4 * v * P * D$$

V = Velocidad de captación (m/s)

P = Perímetro de la mesa de trabajo (m)

D = Distancia del foco de contaminación a la boca de la campana (m)

$$Q = 1.4 * 0.38 \frac{m}{s} * 1.28m * 0.5m = 0.34m^3 / s$$

$$Q = 720 CFM$$

3.1 Selección y diseño de la campana

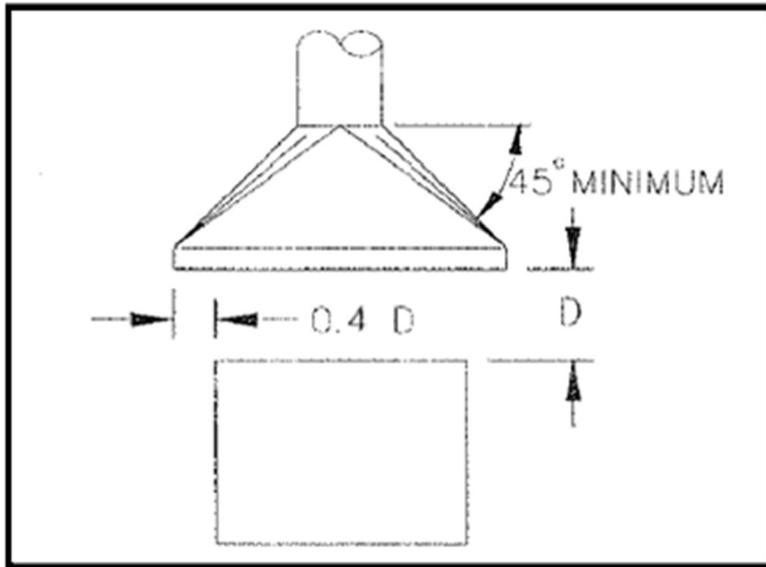


Fig. 13 Diseño del cono de extracción. (ACGIH, 2010)

Ancho y Largo de la campana

Diámetro del manhole del carrotanque 16" = 0.41 m Por geometría de la figura 1, tenemos:

$$L = 0.41 + 2 * (0.4 * 0.5)$$

$$L = 0.41m + 2 * (0.4 * 0.5m) = 0.81m$$

Ahora:

- Altura de la campana (2010, ACGIH)

$$H_p = \frac{L - D}{2} = \frac{0.81 - 0.41}{2} = 0.2 m$$

3.2 Dimensionamiento Sistema de Extracción:

Equipo/accesorios	Caudal CFM	Cantidad	Longitud
Campana	720	1	N/A
Extractor	720	1	N/A
Codos	720	3	N/A
Ducto	720	N/A	13.2' (4 m)

Tabla. 3 1.1 Dimensionamiento Sistema de Extracción:

- Diámetro de ducto y cálculo de la caída de presión

Se toma un valor de velocidad mínima de transporte por ductos, de acuerdo con la ACGIH, 10 m/s, ya que son vapores.

Caudal: $Q = 720$ cfm

Velocidad mínima: $V = 10$ m/s = 1968 fpm

Diámetro del ducto

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{720 \text{ cfm}}{1968 \text{ fpm}} = 0.37 \text{ ft}^2 = 53.2 \text{ in}^2$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \text{ despejando } D; D = \sqrt{(a * 53.2) / \pi} = 8.3 \text{ in}$$

Se selecciona en el mercado una tubería de 8 pulgadas que exista en el mercado, esta puede ser en material de PVC.

Área del ducto

$$A = \frac{\pi * 8^2}{4} = 50.3 \text{ in}^2 = 0.35 \text{ ft}^2$$

Velocidad real en ducto

$$Vr = \frac{Q}{Ad} = \frac{720}{0.35} = 2057.1 \text{ fpm} = 10.5 \text{ m/s}$$

Presión dinámica del ducto

Se calcula con la siguiente expresión

$$P_{Dc} = p * (Vc/4.43)^2 \text{ (ACGIH, 2010)}$$

Tomando una temperatura promedio de 32°C, entonces:

$$P_{Dc} = p *$$

$$P_{Dc} = p * \left(\frac{v_c}{4.13}\right)^2 = 1.153 * \left(\frac{10,5}{4.43}\right)^2 = 6.47 \text{ mmca}$$

El factor de perdidas n para la geometría de la figura 1, por ACGIH, es de 0.25, la pérdida total de la campana está dada por:

$$P_{EC} = (1 + n) * P_{DC}(5)$$

Reemplazando, la pérdida total por la campana es:

$$P_{EC} = (1 + 0,25) * 6.47 = 80.9 \text{ mmca}$$

Calculo de pérdidas en ductos:

Para las perdidas en ducto el “Manual de Ventilación Industrial de ACGIH”, menciona el uso de la ecuación de fricción Darcy- Weisbach:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{U^2}{2g} \quad (6)$$

$$\frac{U^2}{2g} = P_D \quad (7)$$

Donde:

h_f : pérdida de carga en el conducto (mmca)

f : factor de fricción del Diagrama de Moody.

L : longitud. (m)

D : Diámetro. (m)

PD : Presión dinámica (mmca)

El trabajo posterior de Loeffler presento ecuaciones para su uso en el método de cálculo de “presión de velocidad”. Utilizando los valores estándar de rugosidad superficial, se obtuvieron ecuaciones que pueden usarse con las ecuaciones de Darcy – Weisbach, en la forma de:

$$h_f = \left(12 * \frac{f}{D}\right) * L * \frac{v}{p} = H_f * L * P_D \quad (8)$$

Donde:

L es la longitud en el tramo (m)

PD: la presión dinámica (mmca, wg)

Hf es el factor de pérdidas por metro de conducción este valor se determinó experimentalmente en ductos de varios materiales, obteniéndose la siguiente ecuación:

$$H_f = 12 * \frac{F}{D} = \frac{aV^b}{Qc} \quad (9)$$

Donde la constante “a” y los exponentes “b” y “c” varían en función del material del conducto como se muestra en la tabla 4.

Duct Material	k, Ft	a	b	c
Aluminum, black iron, stainless steel	0.00015	0.0425	0.465	0.602
Galvanized sheet duct	0.00051	0.0307	0.533	0.612
Flexible duct, fabric wires covered	0.0035	0.0311	0.604	0.639

Tabla. 4

Calculando el factor de pérdidas en el tramo de la tubería:

$$H_f = \frac{aV^b}{Qc} = 0.0307 * \frac{2066,9^{0.533}}{720^{0.612}} = 0.032$$

$$H_f = H_f * L * P_D = 0.032 * 4 * 3,28 \frac{ft}{m} * 0,25 = 1.04^n \omega g = 26.4 \text{ mmca}$$

- Perdidas por codos

El factor de pérdidas para el codo de 90° se elige en base a la relación entre el radio de curvatura y el diámetro del conducto R/D. el valor recomendado y más utilizado: R/D= 2.0 y con un W/D de 0.5, por lo que el factor de perdidas será de 0.24.

Duct Material	k, Ft	a	b	c
Aluminum, black iron, stainless steel	0.00015	0.0425	0.465	0.602
Galvanized sheet duct	0.00051	0.0307	0.533	0.612
Flexible duct, fabric wires covered	0.0035	0.0311	0.604	0.639

Tabla. 5

$$h_{\text{codos}} = (H_F * L + n_{\text{codo}}) * P_{Dc} = (0.032 * 4m * \frac{3.28ft}{1m}) * 0.25 = 0.29" \text{wg}$$

$$h_{\text{ducto}} = 7.37 \text{ mmca}$$

$$\text{perdidas totales de carga} = 7.37 \text{ mmca} + 26.4 \text{ mmca} + 8.09 \text{ mmca} = 41.9 \text{ mmca}$$

3.3 Selección del extractor

Caudal Q: 0.34 m³/s = 720 cfm = 1224 m³/s

Pérdidas totales de carga: 41.9 mmca = 410 pa= 1.65" wg

Las especificaciones de caudal y perdidas corresponden a las referencias de los ventiladores centrífugos de Soler y Palau de la serie DA 9/9.

Fabricante	Soler y Palau
Serie	DA 9/9
RPM	1550
Presión estática	1.75" wg
Caudal m ³ /h	1517
Decibeles	84

Tabla. 6 selección del extractor

ACGIH. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (2010). Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice.

4 SELECCIÓN DEL SISTEMA

4.1 VENTILADORES CENTRIFUGOS DE DOBLE ASPIRACIÓN

La serie de ventiladores centrifugos de mediana presión cuenta con rodetes con alabes curvos adelantados, además dispone de dos opciones de fabricación: simple y doble aspiración.

Los rodetes empleados en las series DA, son fijados a sus extremos por anillos de acero reforzado y en el caso de los rodetes de doble aspiración se unen en la parte central a un disco doble.

El diseño del alabe está concebido para minimizar las pérdidas por turbulencias del aire, obtener la máxima eficiencia en el aprovechamiento de la potencia acoplada y generar el mínimo nivel sonoro.

El balanceo dinámico que se aplica a los rodetes garantiza un adecuado funcionamiento y duración.

Entre las aplicaciones principales de estos equipos se encuentran, la transportación de aire limpio, ventilación por ductos, equipos de aire acondicionado, plenum, manejadoras de aire, cajas de filtración, etc.

4.2 DA – DA/B

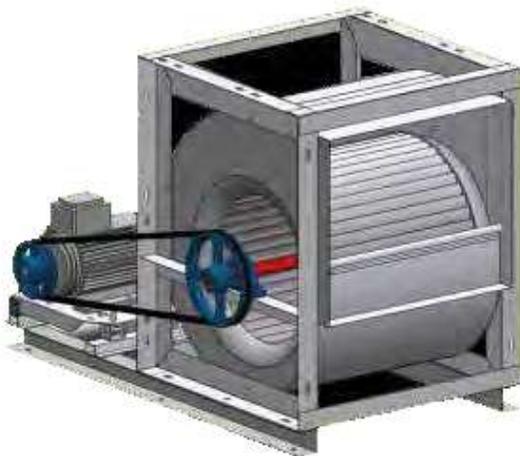
4.2.1 Ventiladores centrífugos de doble aspiración



DA (7/7, 9/9, 10/10, 12/12, 15/15,
18/18, 20/20, 22/22, 25/25, 30/28,
36/36.)

DA (7/7, 9/9, 10/10, 12/12, 15/15,
18/18, 20/20, 22/22, 25/25, 30/28,
36/36.)

Fig. 14 ventilador de doble aspiración



Estos equipos fabricados en lámina galvanizada resistente a la corrosión, están diseñados para brindar eficiencia y confiabilidad en aplicaciones de suministro, extracción y retorno de aire por conductos, su diseño permite obtener cuatro opciones de descarga (cada 90°). La serie DA integra un arreglo especial en la cual la base del motor se encuentra sobre la envolvente del equipo.

Fig. 15 ventilador de doble aspiración



CENTRIFUGOS ALABES
ADELANTADOS
DOBLE ASPIRACIÓN

DA

CURVA CARACTERÍSTICA DA 9/9

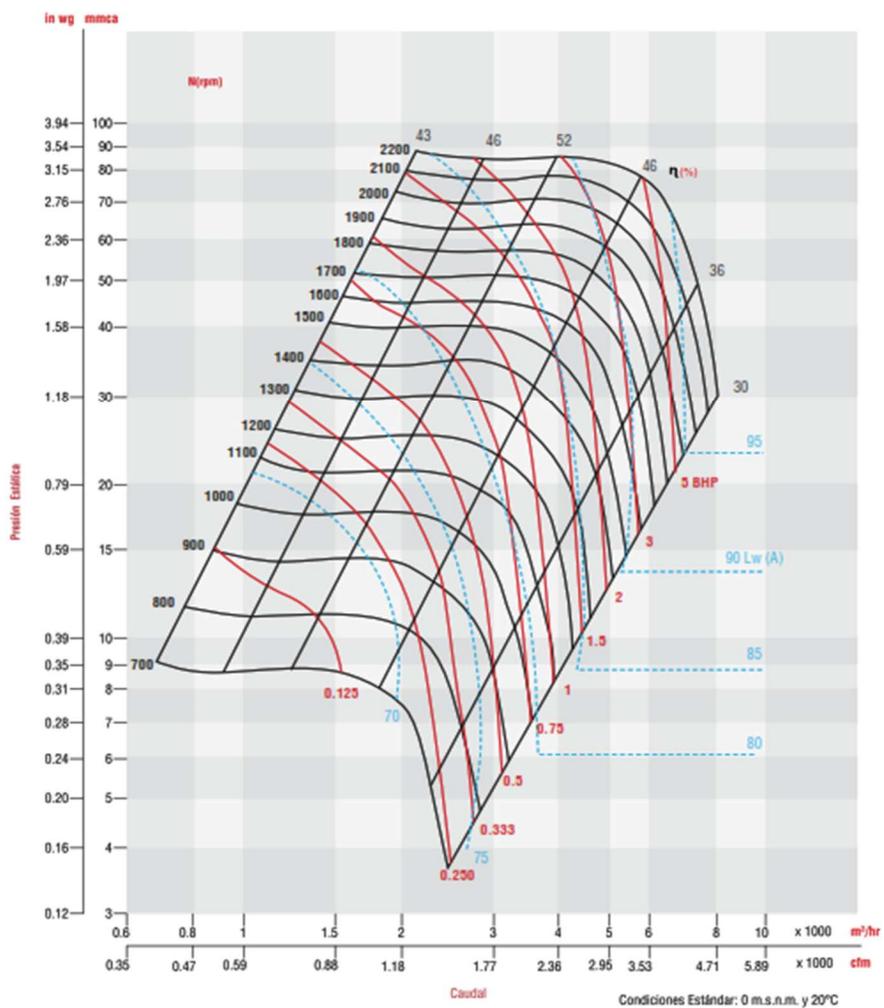


Fig. 16 análisis de curva

DISEÑO DE SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE VAPORES DERIVADOS DE LA NAFTA EN OPERACIÓN DE CARGUE PARA TRANSPORTE TERRESTRE POR CARROTANQUE ECOPETROL, BASCULA- APIAY

**CENTRIFUGOS ALABES
ADELANTADOS
DOBLE ASPIRACIÓN**

DA



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DA 9/9

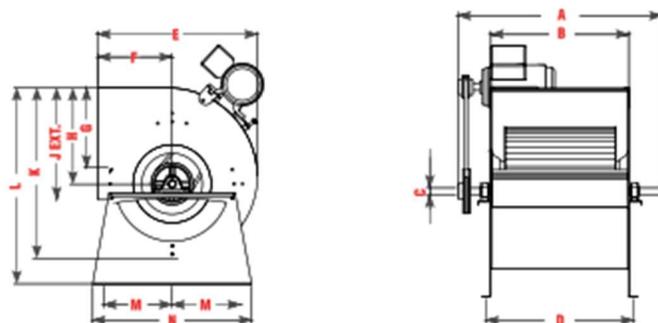
DA 9/9		PRESIÓN ESTÁTICA mmca/ inwg																								
		8.25 mm / 0.25"		9.52 mm / 0.375"		11.11 mm / 0.437"		12.70 mm / 0.500"		15.88 mm / 0.625"		18.85 mm / 0.750"		22.22 mm / 0.875"		25.81 mm / 1.000"		29.40 mm / 1.150"		33.75 mm / 1.250"		34.92 mm / 1.375"		35.18 mm / 1.380"		
RPM	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)		
																									700	1307
750	1474	0.27	1078	0.17	362	0.06																				
850	1763	0.44	1574	0.36	1407	0.31	1109	0.22																		
950	2029	0.65	1901	0.57	1814	0.53	1694	0.48	1237	0.30																
1050	2285	0.90	2184	0.83	2124	0.79	2051	0.74	1842	0.63	1441	0.44														
1150	2536	1.21	2450	1.14	2403	1.10	2349	1.05	2216	0.95	2017	0.83	1677	0.63	1279	0.43										
1250	2783	1.58	2708	1.51	2667	1.47	2623	1.42	2523	1.33	2395	1.21	2213	1.07	2087	0.99	1927	0.88								
1350	2960	1.94	2924	1.90	2887	1.85	2804	1.76	2708	1.65	2587	1.53	2512	1.46	2423	1.38	1812	0.90								
1400	3085	2.18	3051	2.14	3016	2.10	2940	2.00	2853	1.89	2748	1.77	2687	1.71	2615	1.64	2169	1.25	1724	0.89						
1450	5241	8.8	5184	8.8	5124	8.7	4995	8.7	4847	8.7	4669	8.6	4565	8.6	4443	8.5	3685	8.4	2929	8.3						
							3143	2.36	3072	2.26	2993	2.15	2900	2.04	2848	1.97	2788	1.90	2442	1.56	2159	1.31	902	0.52		
							5340	8.8	5219	8.8	5085	8.8	4927	8.7	4839	8.7	4737	8.7	4149	8.5	3668	8.4	1533	8.4		

		PRESIÓN ESTÁTICA mmca/ inwg																								
		28.53 mm / 1.125"		31.75 mm / 1.250"		35.10 mm / 1.380"		44.45 mm / 1.750"		58.80 mm / 2.300"		57.15 mm / 2.250"		66.32 mm / 2.613"		63.50 mm / 2.500"		69.85 mm / 2.750"		76.20 mm / 3.000"		88.91 mm / 3.51"		88.90 mm / 3.500"		
RPM	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)	CFM m³/hr	BHP dB (A)		
																									1500	2827
1550	2997	2.35	2868	2.19	2472	1.76	893	0.60																		
1650	3306	3.01	3211	2.86	2953	2.51	2527	2.01	926	0.71																
1750	3593	3.75	3517	3.61	3327	3.29	3051	2.88	2612	2.31	982	0.85														
1850	3868	4.58	3803	4.44	3651	4.13	3452	3.77	3166	3.32	2730	2.68	2391	2.20	1057	1.02										
1950	4134	5.50	4077	5.36	3948	5.06	3792	4.72	3587	4.32	3299	3.82	3109	3.51	2877	3.14	1152	1.22								
2025	4330	6.26	4277	6.12	4161	5.82	4025	5.49	3856	5.11	3634	4.66	3492	4.40	3323	4.10	2874	3.31								
2100	4524	7.08	4474	6.93	4368	6.63	4247	6.31	4102	5.94	3922	5.52	3812	5.29	3684	5.03	3355	4.40	2883	3.52	1300	1.57				
2150	4778	8.26	4733	8.12	4637	7.82	4530	7.49	4408	7.13	4264	6.74	4180	6.52	4085	6.29	3853	5.77	3541	5.11	3303	4.62	1300	1.75		
2200	8118	9.8	8041	9.8	7878	9.7	7697	9.7	7489	9.7	7245	9.7	7102	9.6	6940	9.6	6546	9.6	6016	9.5	5612	9.4	2209	9.4		

Condiciones Estándar: 0 m.s.n.m. y 20 °C

Fig. 17 características de motor

DIMENSIONES DA - DA/B DA: 7-7 al 18-18 (Únicamente hasta 3 HP)



MODELO	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N
7/7	440	232	19	334	307	147	145	180	219	320	370	120	294
9/9	530	300	19	334	380	184	180	218	260	392	491	150	380
10/10	580	333	19	430	420	201	213	247	286	442	512	180	400
12/12	625	396	22	430	493	229	240	293	341	524	629	203	485
15/15	700	473	22	507	573	267	270	343	403	613	731	246	570
18/18	790	556	22	590	685	314	290	418	479	743	881	300	660

Dimensiones en mm.

MODELO	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N
7/7	17 5/16	9 1/8	3/4	13 1/8	12 1/8	5 13/16	5 11/16	7 1/16	8 5/8	12 5/8	14 9/16	4 3/4	11 9/16
9/9	20 7/8	11 13/16	3/4	13 1/8	14 15/16	7 1/4	7 1/16	8 9/16	10 1/4	15 7/16	19 5/16	5 7/8	14 15/16
10/10	22 13/16	13 1/8	3/4	16 15/16	16 9/16	7 15/16	8 3/8	9 3/4	11 1/4	17 3/8	20 3/16	7 1/16	15 3/4
12/12	24 5/8	15 9/16	7/8	16 15/16	19 7/16	9	9 7/16	11 9/16	13 7/16	20 5/8	24 3/4	8	19 1/8
15/15	27 9/16	18 5/8	7/8	19 15/16	22 9/16	10 1/2	10 5/8	13 1/2	15 7/8	24 1/8	28 3/4	9 5/8	22 7/16
18/18	31 1/8	21 7/8	7/8	23 1/4	26 15/16	12 3/8	11 7/16	16 7/16	18 7/8	29 1/4	34 11/16	11 13/16	26 3/4

Dimensiones en pulgadas

Fig. 18 dimensiones del motor



ACCESORIOS PARA CONTROL DE VIBRACIÓN Y RUIDO

Dentro de las líneas que S&P ofrece, se encuentra la línea de tacones de hule y resortes especiales para el aislamiento de vibración y ruido.

- Tacones de hule: Ideales para eliminar vibraciones de alta frecuencia.
- Resortes S&P: Medio más eficiente para control de vibración debido a su capacidad de deflexión



CONECTOR FLEXIBLE DE LONA

Accesorio recomendado para aislamiento de vibraciones en instalaciones de HVAC. Fabricado con 35 mm de lámina galvanizada calibre 28 en cada extremo y 60 mm de una base poliéster con recubrimiento de PVC por ambos lados.

Rango de temperatura de funcionamiento de -30°C a 80°C, además de ser retardante de flama. Facilita la instalación de los equipos, al estar listo para ser colocado en campo.



ACCESORIOS PARA CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

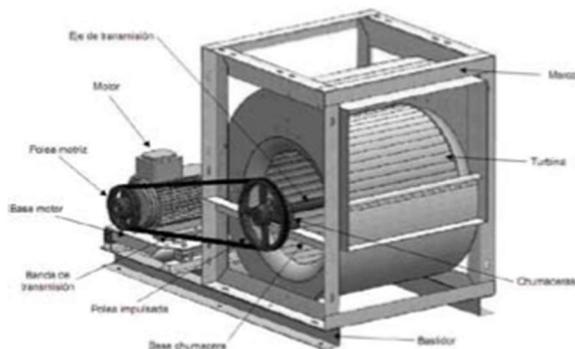
Accesorios de gran alcance, hechos para el control y correcta manipulación de los equipos en la puesta en marcha y paro de los mismos, los cuales permiten un mejor acceso a la conexión, y aumentan la seguridad.

Características:

Factor de protección IP 65, material PBT resistente a UV:F1 (UL746C), alambre incandescente 850°C (IEC 60 695-2-12), terminales aisladas, tapa bloqueada en posición ON, terminal de tierra incluida y las terminales de fuerza y tierra cuentan con factor de protección IP 20.

Fig. 19 accesorios del motor

Terminología usual de los Ventiladores Centrifugos Doble Aspiración Modelo DA – DA/B



REFACCIONES DISPONIBLES:

- Turbina
- Motor
- Eje de transmisión
- Chumaceras
- Polea motriz
- Polea impulsada
- Banda (s)

ACCESORIOS DISPONIBLES:

- Resortes con pedestal SBA
- Interruptores termo magnéticos
- Conector flexible de lona

Fig. 20 partes del motor

MANTENIMIENTO

Con el objetivo de prevenir y/o eliminar las anomalías que se generan en los equipos de ventilación o el incremento en los costos de reparación y paros no planeados, Soler & Palau recomienda la aplicación de un programa de mantenimiento predictivo basado en vibraciones.

El mantenimiento predictivo emplea tecnología de manera periódica para detectar fallas prematuras antes de convertirse en un problema grave.

Problemas detectados mediante Análisis de Vibraciones

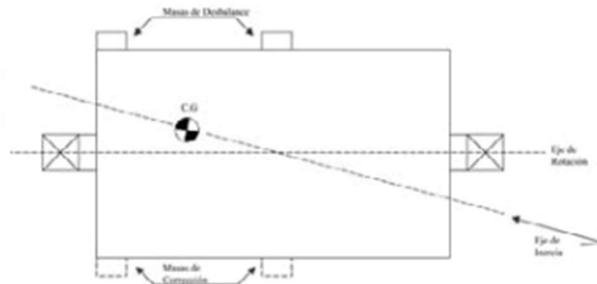
- Desbalance
- Desalineación
- Flexiones permanentes
- Fisuras en estructuras
- Rozamientos
- Deterioro o defectos en rodamientos
- Resonancias y vibraciones transmitidas
- Vibración en cimentaciones, estructuras y soportes
- Vibración inducida por flujo
- Problemas en motores eléctricos
- Problemas de lubricación

Desbalance

Cuando los componentes de una máquina rotatoria giran alrededor de un eje de rotación que no coincide con el eje principal de inercia, existe una condición comúnmente conocida como desbalance.



Al desbalance se le atribuye el 40% de las fallas.



Las causas más comunes que se atribuyen al desbalance, es la falta de material, rotura de álabes o la acumulación de material en el álabes.

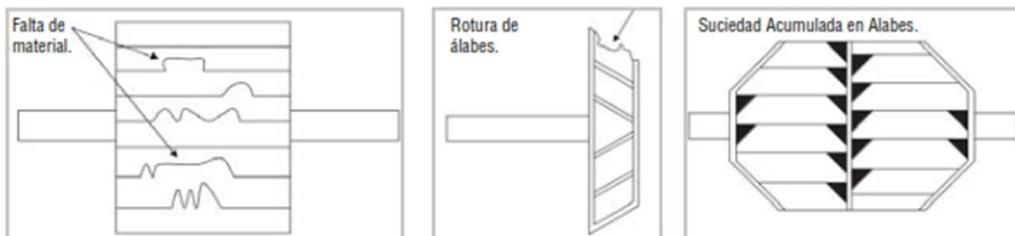


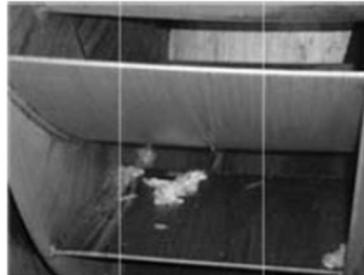
Fig. 21 mantenimiento del equipo

INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL RODETE

El uso cotidiano de un sistema de impulsión o extracción va acumulando materiales sobre las palas de un rodete, ocasionando debilitamiento en su estructura y vibraciones importantes. Si la vibración es muy fuerte, el daño puede ocasionar que los rodamientos y la propia estructura del ventilador sufran serios daños.

⚠ PRECAUCIÓN

Examine periódicamente el rodete para saber si hay acumulación de material de suciedad. En caso de limpieza, los rotores requieren menos o se maneja limpieza.

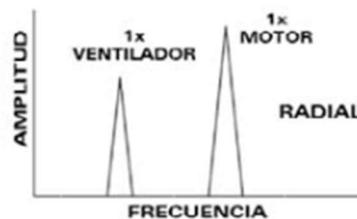


Desalineamiento

Ocasiona daño directamente a los rotores, rodamientos y a la transmisión (poleas-bandas). La fuente de vibración más importante en las transmisiones de bandas en "V" es generada por la desalineación de poleas. La vibración en el sentido axial, es casi siempre provocada por una desalineación entre poleas y esto puede acelerar el desgaste de los rodamientos de empuje.



A la desalineación se le atribuye el 50% de las fallas.



Excentricidad

Este problema genera los mismos efectos del desbalance y es muy difícil contrarrestar esta situación mediante el balanceo.

La excentricidad se puede presentar en ejes, maguitos de fijación de los rodamientos, alojamiento de los rodamientos, poleas, rotores de ventiladores, etc. Antes de llevar a cabo el balanceo se recomienda verificar la condición de excentricidad.

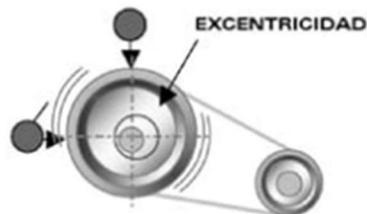
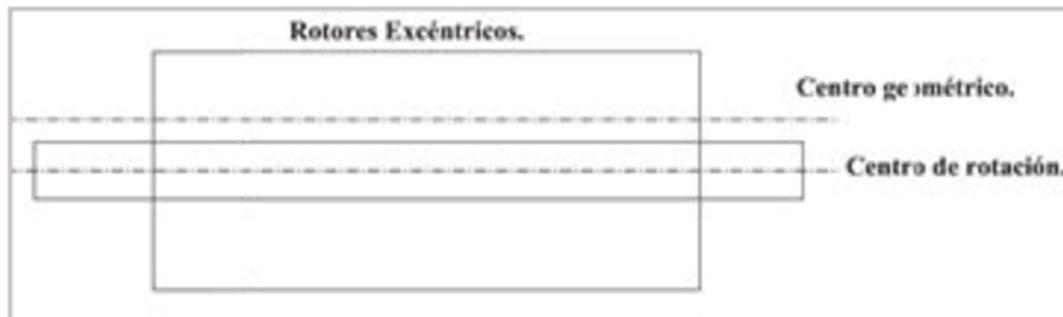


Fig. 22 inspección de mantenimiento

Cuando se requiere balancear un rotor excéntrico, después de varios intentos se logra disminuir el nivel de vibración, pero se incrementa en otra dirección radial.



LUBRICACIÓN

Para que un rodamiento funcione de un modo fiable, debe estar adecuadamente lubricado con el fin de evitar el contacto metálico directo entre los elementos rodantes, los caminos de rodadura y las jaulas. Ver anexo A para el intervalo de lubricación t_f en horas de funcionamiento de los ventiladores S&P.

El lubricante también evita el desgaste y protege las superficies contra la corrosión.

Un buen lubricante debe cumplir los siguientes requisitos:

- Poseer un poder lubricante satisfactorio.
- Proteger contra el agua y la humedad.
- Contribuir a la obturación contra el polvo y suciedad.
- Resistencia a las acciones químicas especialmente oxidación, no espesarse, acidificarse o resinificarse.

PRECAUCIÓN

No cambiar el rodamiento solamente en un soporte Y, cambie totalmente el soporte de fundición y rodamiento. Recíbalos como una unidad, ya que de fábrica el aro exterior esférico está fabricado dentro de tolerancias; por tal motivo el alojamiento también debe ser maquinado dentro de tolerancias para obtener un torque de montaje.

Fig. 23 especificaciones de mantenimiento

VENTAJAS DE UNA LUBRICACIÓN ADECUADA

Aumenta:

- Tiempo activo de la máquina.
- Intervalos de servicio.
- Disponibilidad y durabilidad.

Reduce:

- Consumo de energía por fricción.
- Generación de calor por fricción.
- Desgaste por fricción.
- Ruido por fricción.
- Tiempo inactivo.
- Contaminación del producto.
- Costos de mantenimiento y reparación.
- Corrosión.

Problemas asociados a una lubricación inadecuada en Ventiladores

El calor es el factor limitante en los ventiladores y es el resultado de:

- Temperatura ambiente o del gas.
- Velocidad.
- Cargas.
- Vibraciones.
- Alineamiento.

Temperatura

Cuando se tienen gases de escape entre 250 y 600 °C, el calor se conduce a los rodamientos. Por tanto, se necesita un diseño de alojamiento separado y un disco de enfriamiento.

Carga

Impacto

El calor incrementado debido a la carga, exige la lubricación de manera general y especialmente para la lubricación por grasa.

El efecto de una lubricación inadecuada:

- Desgaste pulido.
- Desgaste debido a la degradación del lubricante.
- Superficie irregular.
- Manchado.
- Desgaste abrasivo.

Fig. 24 especificaciones de mantenimiento

ANÁLISIS DE FALLAS EN RODAMIENTOS

Características e interpretación de fallas

Las huellas o marcas características que dejan los elementos rodantes sobre las pistas de rodadura, nos van a permitir dictaminar a través de su interpretación, cual es el problema presente en la aplicación del rodamiento (cuando ya esté ya se ha dañado).

El problema puede ser:

- Sobrecarga radial.
- Desalineación del eje.
- Exceso de lubricación.
- Lubricación deficiente.
- Corrosión.
- Huellas de presión, lo que ocasiona el descascarillado.
- Daños secundarios: desconchado (descascarillado) y fracturas.

RELUBRICACIÓN

Los rodamientos necesitan relubricación cuando la duración de la grasa usada es inferior a la duración prevista del rodamiento. La relubricación se realiza cuando las condiciones del lubricante aún son satisfactorias.

El intervalo de lubricación adecuado depende de muchos factores. Estos factores incluyen el tipo y tamaño del rodamiento, la velocidad, la temperatura de funcionamiento, el tipo de grasa, el espacio que rodea al rodamiento y su entorno.

Intervalos de relubricación

Los intervalos de relubricación t_f en horas, se pueden obtener con el diagrama 1, y se aplica para rodamientos con el aro interior giratorio o rotativo, en ejes horizontales y bajo condiciones de funcionamiento y de limpieza normales. Ver anexo H y anexo I, para la frecuencia de relubricación de los ventiladores Soler & Palau.

Diagrama 1. Intervalos de relubricación a temperaturas de funcionamiento de 70 °C

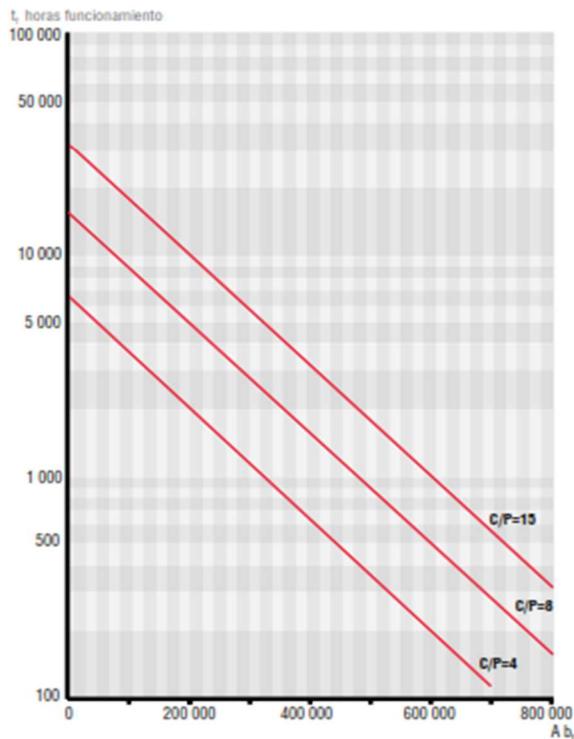


Quando las condiciones de funcionamiento son distintas a 70 °C, se deben ajustar los intervalos de relubricación obtenidos en el diagrama 1 de acuerdo con la información proporcionada en "Ajustes de los intervalos de relubricación debido a las condiciones de funcionamiento y tipos de rodamientos".



Si el valor especificado para el intervalo de relubricación t_f es demasiado corto para una aplicación determinada, se recomienda:

- Comprobar la temperatura de funcionamiento del rodamiento.
- Comprobar si la grasa está contaminada por partículas sólidas o fluidos.
- Comprobar las condiciones de funcionamiento del rodamiento, como la carga o la desalineación y por último, se debe considerar el uso de una grasa más adecuada.



Fuente: Grupo SKF

Fig. 25 análisis de fallas

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE TRANSMISIONES POR BANDAS EN “V”

Por medio de un programa de mantenimiento periódico, sus transmisiones funcionarán sin problemas durante mucho tiempo. Inspeccionar las transmisiones antes de que fallen permite evitar paros de producción y retrasos costosos.

Característica de las bandas flojas o desgastadas

Los defectos por desgaste de bandas detectables mediante análisis de vibración son: grietas, trozos de banda desprendidos, zonas duras y suaves, nudos en las caras de la banda, banda torcida o perfil deformado por empaque y almacenamiento.

La variación del ancho de la banda ocasiona que las bandas entren y salgan de las acanaladuras de la polea, creando vibración debida a las variaciones en la tensión de la banda. Esta condición va a generar armónicas de la frecuencia de la banda.

Una banda dentada floja genera vibración alta a una frecuencia igual al número de dientes por la velocidad de giro. Una tensión desigual en transmisión de bandas tipo “V” múltiple, generará alta vibración en el sentido axial.

El desgaste de las bandas, el aflojamiento, o el desajuste, normalmente generaran vibración en dirección radial, particularmente en línea con la tensión de la banda.

Característica de la Desalineación de Poleas

La vibración en el sentido axial es casi siempre provocada por una desalineación entre poleas y esto puede acelerar el desgaste de los rodamientos de empuje.

La desalineación de poleas produce alta vibración a una vez la frecuencia de giro, especialmente en sentido axial. Esta vibración es dominante en la frecuencia de giro de la de impulsión y ocasionalmente en la de transmisión.

Causas de problemas en los sistemas de transmisión

Las transmisiones de bandas en “V” son muy sensibles a condiciones de desalineación, desbalance, soldura mecánica, etc.

Se recomienda una inspección periódica de los ventiladores. Los principales puntos recomendados a controlar deben ser:

- Temperatura de los rodamientos (ver anexo H e I para la cantidad de grasa a relubricar).
- Vibración de la carcasa y rodamientos.
- Tensión y desgaste de las bandas.
- Alineación y sentido de giro del rodete.
- Desgaste y acumulación de material sobre las palas del rodete.

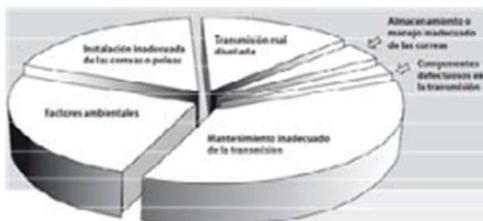


Fig. 26 mantenimiento en bandas

INTERVALOS DE RELUBRICACIÓN A TEMPERATURAS DE FUNCIONAMIENTO DE 70 °C VENTILADORES CENTRÍFUGOS SERIE SA, DA, DA/B, CLT Y CRHT

MODELO	Revoluciones del ventilador			Diámetro del eje pulgadas	Intervalo de lubricación t en horas de funcionamiento			Cantidad de grasa a relubricar gramos G
	rpm mínima	rpm media	rpm máxima		rpm mínima	rpm media	rpm máxima	
SERIE SA								
SA-9/1	1200	2000	2800	3/4	27,100	24,400	21,800	3.3
SA-10/6	1200	1700	2200	3/4	27,100	25,400	23,700	3.3
SA-12/6	800	1500	2200	1	28,300	25,500	23,000	4.0
SA-13/8	800	1200	1600	1	28,300	26,700	25,100	4.0
SA-10/10	700	1050	1400	1	20,000	27,300	25,900	4.0
SA-20/10	500	950	1400	1 3/8	28,800	26,200	23,900	6.9
SA-22/11	500	950	1400	1 3/8	28,800	26,200	23,900	6.9
SA-25/13	400	750	1100	1 3/8	29,400	27,300	25,400	6.9
SA-30/14	300	500	700	1 3/8	30,000	28,800	27,600	6.9
SERIE DA								
DA-7/7	800	1600	2400	3/4	28,700	25,700	23,100	3.3
DA-9/9	700	1450	2200	3/4	29,100	26,200	23,700	3.3
DA-10/10	600	1200	1800	3/4	29,500	27,100	25,000	3.3
DA-12/12	500	950	1400	1	29,600	27,700	25,900	4.0
DA-15/15	400	800	1200	1	30,100	28,300	26,700	4.0
DA-18/18	300	650	1000	1	30,500	29,000	27,500	4.0
DA-20/20	300	650	1000	1 3/8	30,000	27,900	25,900	6.9
DA-22/22	300	600	900	1 3/8	30,000	28,200	26,500	6.9
DA-25/25	250	500	750	1 3/8	30,300	28,800	27,300	6.9
DA-30/28	200	400	600	1 3/8	30,400	29,000	27,600	9.4
SERIE DA/B								
DA/B-7/7	800	1600	2400	3/4	28,700	25,700	23,100	3.3
DA/B-9/9	700	1450	2200	3/4	29,100	26,200	23,700	3.3
DA/B-10/10	600	1200	1800	3/4	29,500	27,100	25,000	3.3
DA/B-12/12	500	950	1400	1	29,600	27,700	25,900	4.0
DA/B-15/15	400	800	1200	1	30,100	28,300	26,700	4.0
DA/B-18/18	300	650	1000	1	30,500	29,000	27,500	4.0
DA/B-20/20	300	650	1000	1 3/8	30,000	27,900	25,900	6.9
DA/B-22/22	300	600	900	1 3/8	30,000	28,200	26,500	6.9
DA/B-25/25	250	500	750	1 3/8	30,300	28,800	27,300	6.9
DA/B-30/28	200	400	600	1 3/8	30,400	29,000	27,600	9.4
DA/B-30/30	180	415	650	2 1/2	30,000	27,700	25,500	16.0
SERIE CLT								
CLT-7	1100	1850	2600	7/8	25,200	21,500	18,300	4.0
CLT-10	1100	1800	2500	7/8	25,200	21,700	18,700	4.0
CLT-12	950	1650	2350	7/8	26,100	22,400	19,300	4.0
CLT-15	790	1460	2130	7/8	27,000	23,400	20,200	4.0
CLT-18	800	1325	1850	1	26,700	23,800	21,100	4.0
CLT-20	600	1000	1400	1	27,900	25,500	23,400	4.0
CLT-22	580	940	1300	1 1/8	27,500	25,000	22,700	5.6
CLT-24	500	850	1200	1 1/8	28,000	25,600	23,300	5.6
CLT-26	375	668	960	1 1/8	29,000	26,800	24,900	5.6
CLT-28	370	665	960	1 1/8	29,000	26,800	24,000	5.6
CLT-30	360	645	930	1 3/4	28,300	25,700	23,300	9.4
CLT-36	350	595	840	1 3/4	28,400	26,100	24,100	9.4
SERIE CRHT								
CRHT-10	850	1335	1820	7/8	14,050	13,050	12,150	4.0
CRHT-12	565	1038	1510	7/8	14,700	13,650	12,750	4.0
CRHT-15	440	919	1397	7/8	14,950	13,900	12,950	4.0
CRHT-18	500	983	1465	1	14,800	13,800	12,800	4.0
CRHT-20	450	835	1220	1	14,950	14,100	13,300	4.0
CRHT-22	340	668	995	1 1/8	15,050	14,150	13,350	5.6
CRHT-24	320	625	930	1 1/8	15,100	14,300	13,500	5.6
CRHT-26	285	518	750	1 1/8	15,200	14,550	13,950	5.6
CRHT-28	260	538	815	1 1/8	15,250	14,500	13,800	5.6
CRHT-30	255	478	700	1 1/4	15,250	14,650	14,100	5.6
CRHT-33	215	450	685	1 1/4	15,350	14,750	14,150	5.6

Se recomienda inyectar la grasa lentamente , para evitar dañar las obturaciones.

Fig. 27 especificaciones para realizar lubricación

5 SISTEMA DE CONTROL PLC PARA EL MANEJO DEL EXTRACTOR

Una vez realizados los calculos de caudal y seleccionado el equipo necesario para esta operación, iniciamos el diseño del sistema de control.

La automatizacion programada por plc genera el trabajo de los equipos sin intervención de un operador, esto con el fin de generar un cambio y una mejora en el manejo de estas sustancias, dicho esto establecemos que el control es generado por una señal que se produce con el llenado del carrotanque cuando el sensor de benceno sobre pasa los niveles establecidos se inicia el arranque del motor del extractor, para obtener el resultado deseado de extraccion y acondicionamiento del area generando que este vapor altamente toxico se diriga a la tea de venteo para realizar los adecuados controles de ingenieria.

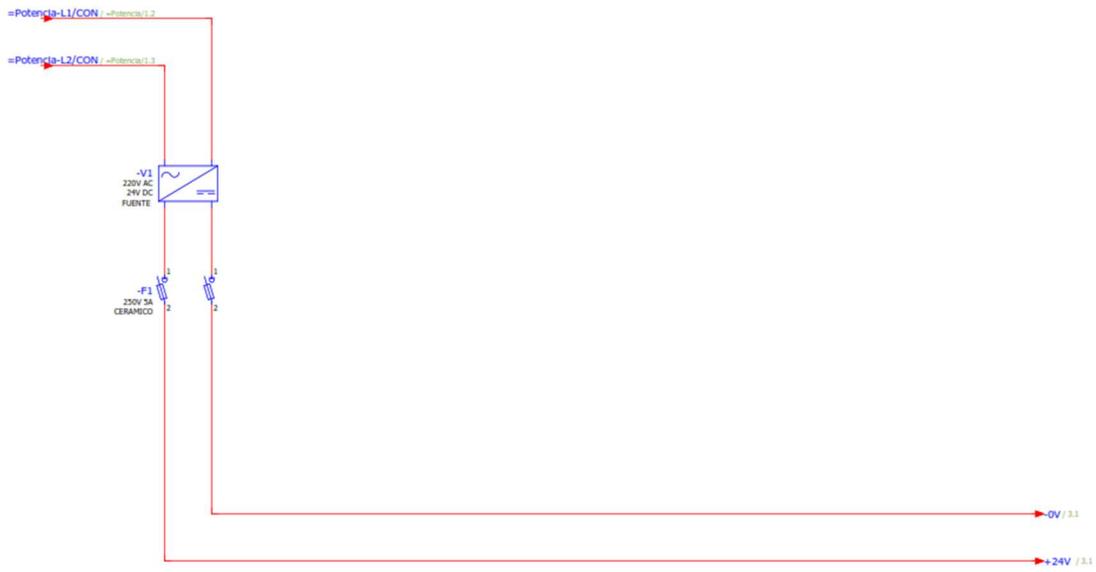
En este sistema de control se debe tener en cuenta:

- Capacidad del sistema para controlar los diferentes equipos.
- Integral el sistema de cargue de Nafta con un sistema de control automatizado, sin necesidad de un operador, con este cambio se refleja una baja exposición de los operadores lo que genera una mayor seguridad a la salud de estos.
- El sistema de extraccion requiere de este control para operar de forma mas precisa, generar confiabilidad de confort, seguridad y eficiencia energetica.
- Medidor de caudal de Nafta de cenit electronico que tiene valvula de control de flujo.



Fig. 28 medidor de caudal de Nafta

- Microprocesador mordido del poder 32 ultrabajos.
- Salida de las señales 4-20 A Y RS485 dos.
- El diseño modular, substituye facilmente, mantenimiento simple.
- Conexión PLC, DCS, ordenador y otro, con la funcion de monitor remoto y alarma, maderero de datos y analisis.



			Fecha	1/11/2021	ELKIN	ELKIN	CONTROL	= Control	3
			Revis.	RAHGD2	BAHIA DE CARGUE DE NAFTA			+	
			Proyecto						
No	Fecha	Nombre	Original	Substituto por	Substituto por		REV-01/11/2021		Hoja 2
									Página 0

Ilustración. 2 programación plc

DISEÑO DE SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE VAPORES DERIVADOS DE LA NAFTA EN OPERACIÓN DE CARGUE PARA TRANSPORTE TERRESTRE POR CARROTANQUE ECOPETROL, BASCULA- APIAY

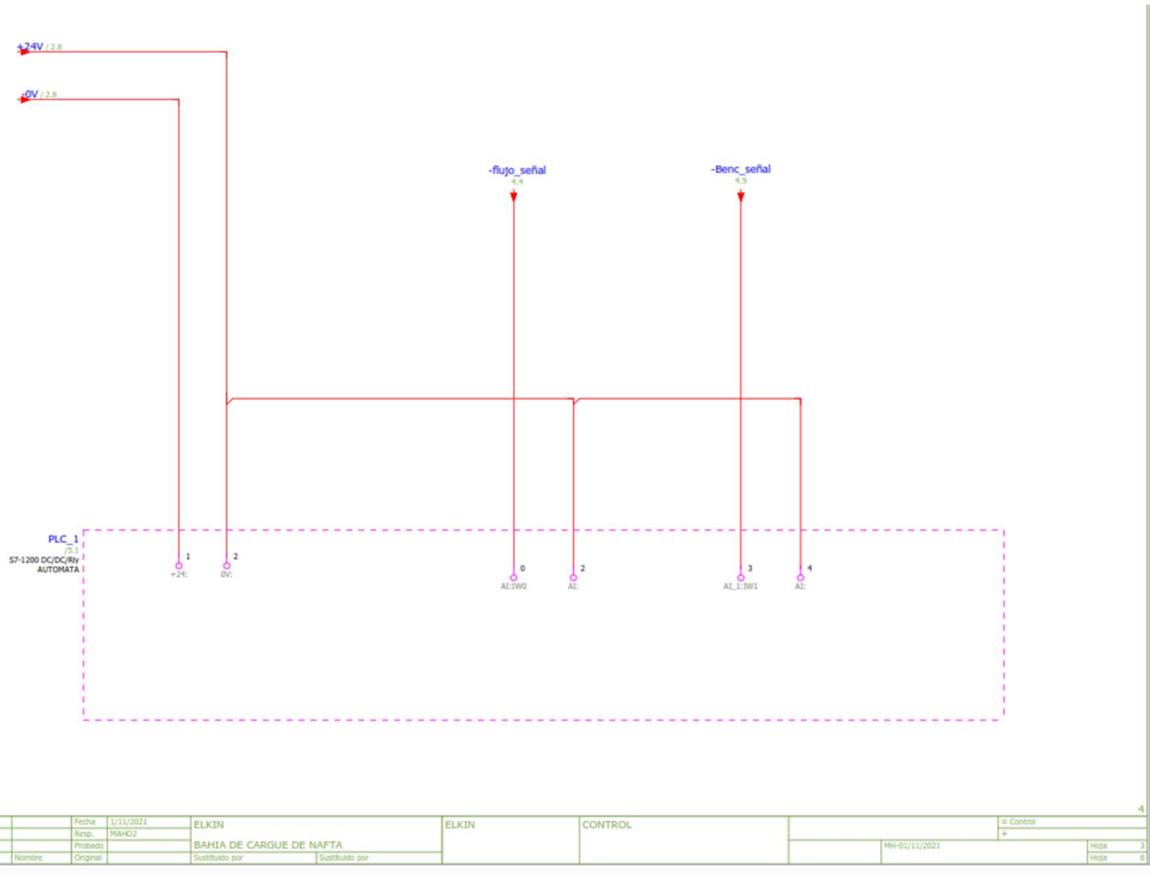
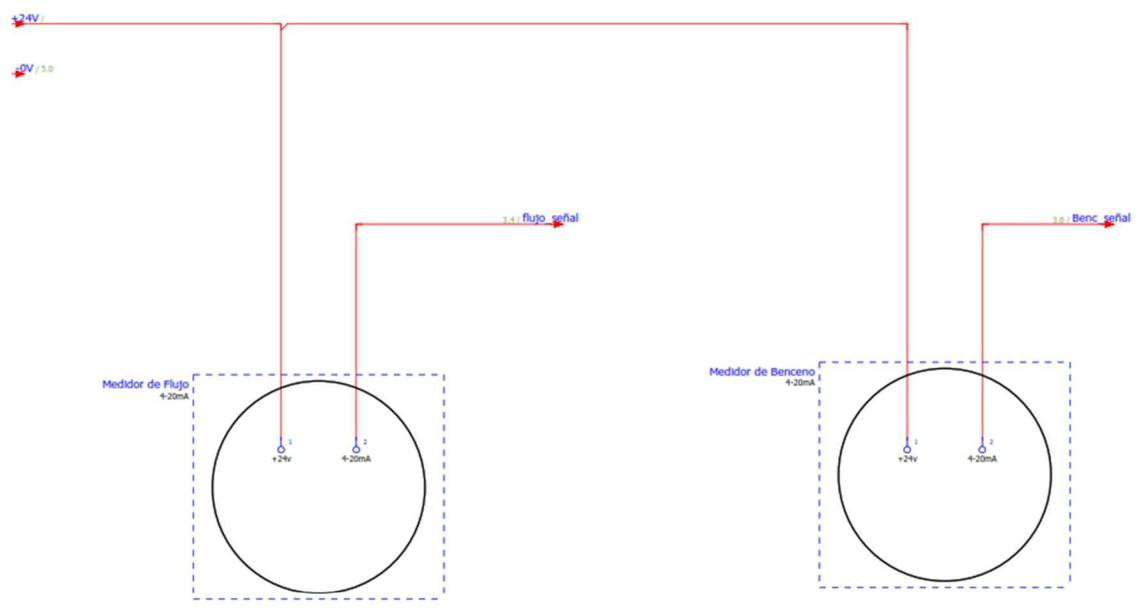


Ilustración. 3 programación plc



		Fecha	1/11/2021	ELKIN	ELKIN	CONTROL			5
		Rev.	MAK02				= Control		
		Proceso	BAHÍA DE CARGUE DE NAFTA						
Fecha	Nombre	Original	Substituto por	Substituto por			Rev-01/11/2021	Hoja	4
								Hoja	0

Ilustración. 4 programación plc

DISEÑO DE SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE VAPORES DERIVADOS DE LA NAFTA EN OPERACIÓN DE CARGUE PARA TRANSPORTE TERRESTRE POR CARROTANQUE ECOPETROL, BASCULA- APIAY

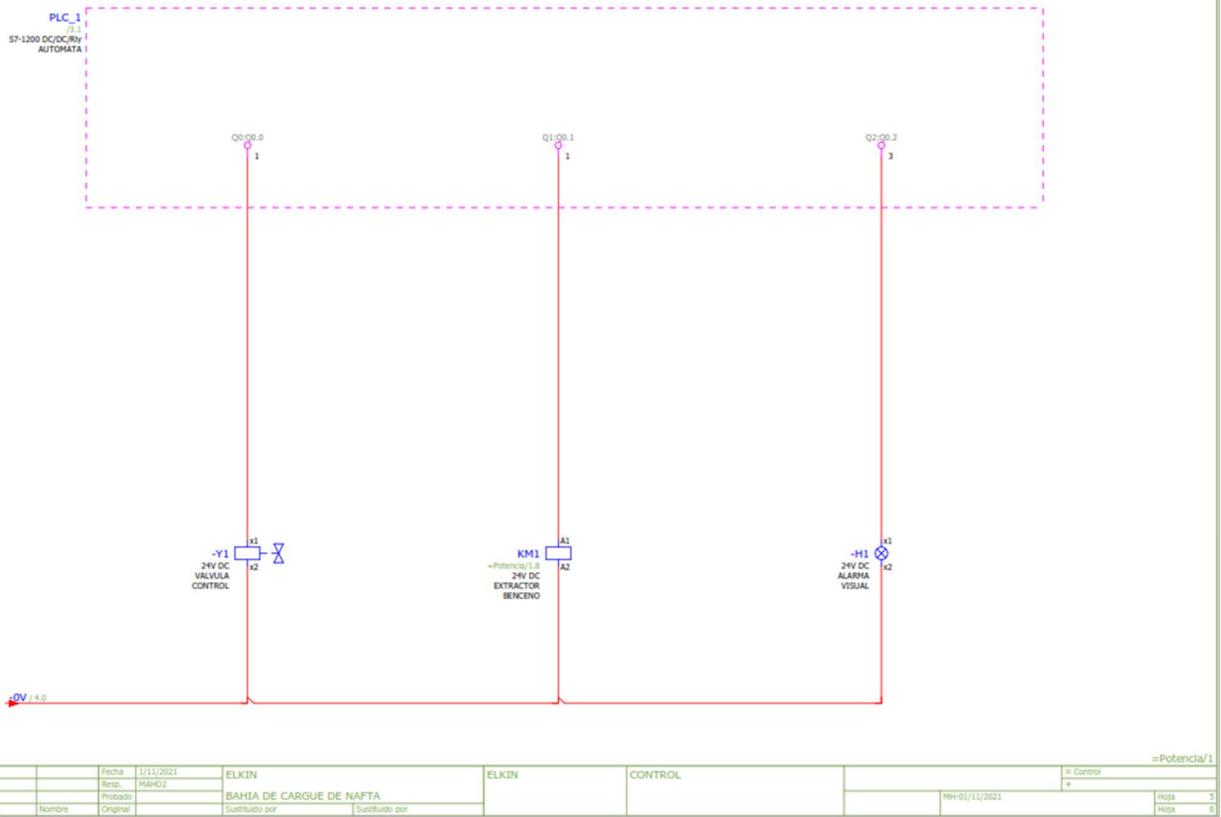


Ilustración. 5 programación plc

Control bahía de cargue de nafta

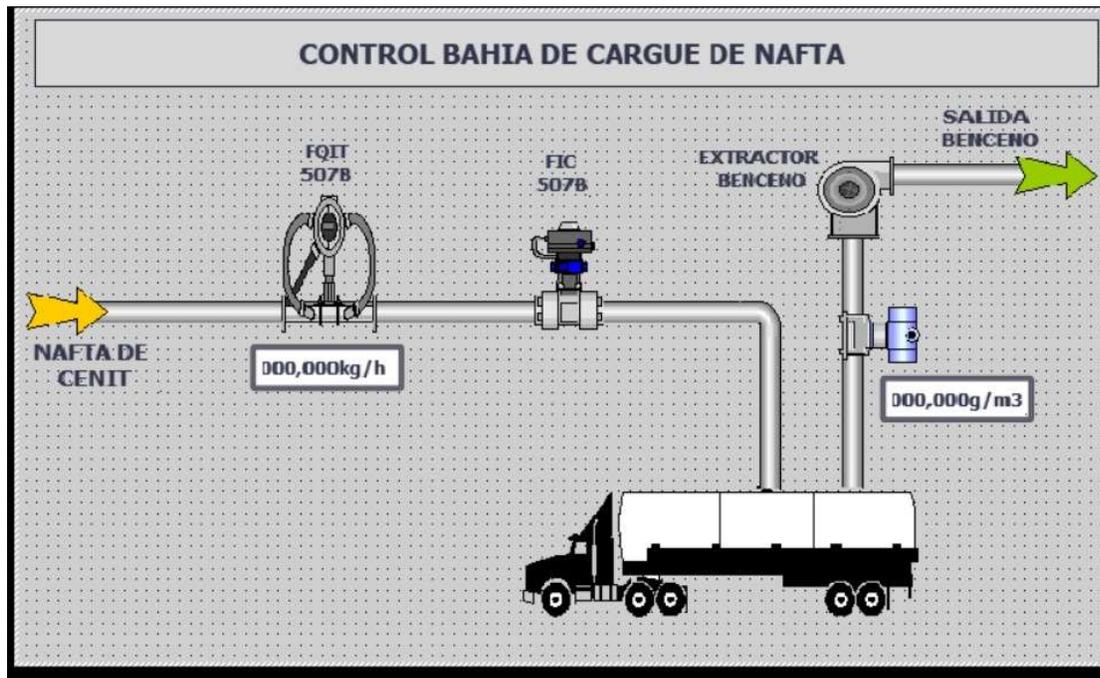


Ilustración. 7 control de bahía de cargue de Naptha

6 CONCLUSIONES

En el proceso de análisis y verificación al requerimiento a la empresa ECOPETROL S.A. se demuestra que el uso de la tecnología es una herramienta indispensable para el manejo adecuado de los controles de ingeniería.

ECOPETROL S.A. tiene la necesidad de instalar un sistema automatizado de extracción de aire o vapor para solucionar eficientemente el problema de exposición al benceno, ya realizado el análisis de caudal requerido se evidencia que los valores de emisión de benceno no es el permisible por la norma.

Una vez realizados los cálculos el caudal de aire que se debe extraer es de $1517 \text{ m}^3/h$ y el equipo seleccionado genera $2200 \text{ m}^3/h$ lo que significa que es el adecuado para extraer el caudal de aire requerido y no genera ningún inconveniente de operación.

Con base a los índices de riesgo, se evidencia que las exposiciones máximas al benceno merecen la mayor atención por parte de la empresa para su evaluación, control y seguimiento, al evaluar el riesgo se debe tener en cuenta las exposiciones a largo plazo aun en bajas concentraciones para constatar que el sistema aplicado este generando una respuesta positiva por parte de los trabajadores.

Establecer un marco normativo que permita la gestión de las sustancias químicas, con un enfoque en todos los sectores involucrados (sociedad civil, laboral y empresarial).

Implementar una evaluación de riesgo, para reducir la morbilidad, mortalidad, accidentalidad laboral y prevenir las enfermedades profesionales asociadas a la exposición de agentes químicos.

7 Bibliografía

AEHI, J. D. (07 de 05 de 2021). *ASOCIACION ESPAÑOLA DE HIGIENE INDUSTRIAL*. Recuperado el 22 de 10 de 2021, de <https://www.aehi.es/2021/06/06/nuevo-documento-del-limites-de-exposicion-profesional-del-insst-para-2021/>

ARTEAGA, P. M. (15 de 06 de 2021). *UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO*. Obtenido de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n7/m7.html>

Bernal, C. (2016). *Metodología de la investigación*. 4ta edición. Pearson.

CANCER, I. N. (20 de 03 de 2015). *NIH*. Recuperado el 15 de 10 de 2021, de <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/benceno>

Carvajal, L. (S.F.). *Sujeto de investigación*. Obtenido de <https://www.lizardo-carvajal.com/sujeto-de-investigacion/>

Centro Nacional de Vacunación y Enfermedades Respiratorias. (4 de marzo de 2021). *Centros para el control y la prevención de enfermedades*. Obtenido de <https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/vaccines/different-vaccines/mrna.html>

GARCIA, A. T. (08 de 06 de 2015). *ASOCIACION DE ESPECIALISTAS EN PREVENCION Y SALUD OCUPACIONAL*. Recuperado el 18 de 10 de 2021, de <https://www.aepsal.com/publicada-la-guia-de-valores-de-exposicion-profesional-de-la-acgih/>

huertas, s. (19 de 07 de 2021). *INTERNATIONAL CONGRESS IN OCUPATIONAL HEALTH 2022*. Recuperado el 26 de 10 de 2021, de <https://www.aehi.es/2021/07/19/33rd-international-congress-on-occupational-health-2022-icoh-2022-6-10-february-2022/>

Ministerio de Salud. (03 de septiembre de 2021). *Min de Salud*. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/Vacunacion/Paginas/Vacunacion-covid-19.aspx>

PINO, F. (21 de 06 de 2006). *VIX.COM*. Recuperado el 25 de 10 de 2021, de <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/3665/el-sueno-de-kekule-y-el-benceno>

SNACHEZ, J. B. (1998). *NTP 244 CRITERIOS DE VALORACION EN HIGIENE INDUSTRIAL*. Recuperado el 12 de 10 de 2021, de https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_244.pdf/b853aaf2-955b-41d7-b021-7bd702ecdd9d

SOCIAL, M. D. (12 de 2007). *GUIA DE ATENCION*. Recuperado el 2021

SOLER Y PALAU. (02 de 01 de 21). Recuperado el 15 de 04 de 21, de <https://www.solerpalau.co/home/>

8 ANEXOS

ANEXO 1

	INFORME DE MEDICIÓN DE AGENTES QUÍMICOS ID Informe: 49217540	
---	---	---

GERENCIA	Operaciones de Desarrollo y Producción Apiay		
DEPARTAMENTO	Producción Apiay		
PLANTA	Coordinación de Plantas de Proceso Apiay		
ÁREA EVALUADA	Asfalto	SECCIÓN	Báscula
OFICIO	Operador		
FECHAS DE LAS MEDICIONES	12/12/2017 y 14/12/2017		

1. RESULTADOS

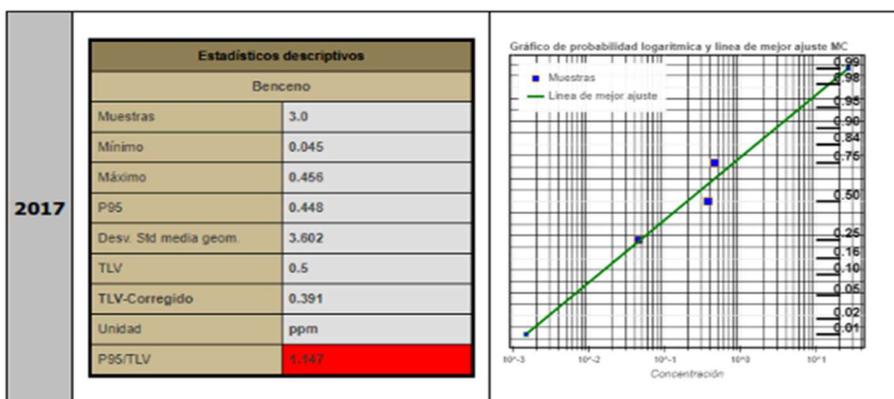


Figura 1. Dosimetría de Benceno, Coordinación de Plantas de Proceso Apiay – Asfalto - Báscula – Operador – 2017.

Este resultado corresponde a un seguimiento en concordancia con el programa de vigilancia epidemiológica de sustancias químicas prioritarias. El nivel de riesgo mostrado es válido como un indicador de la tendencia de la exposición cuando se compara con años anteriores.

2. NIVEL DE RIESGO

Las concentraciones calculadas con base en los resultados del laboratorio, indican que para el Operador hay sobreexposición a Benceno, basado en el hecho que el percentil 95 de la distribución estadística de las concentraciones medidas ($P_{95} = 0,448$) se encuentra por encima del 100% (exactamente 114,7%) del TLV-TWAc (0,391 ppm), que corresponde a un nivel de riesgo alto de acuerdo con la clasificación respectiva. Sin embargo, la desviación geométrica estándar $\sigma = 3,602$

	INFORME DE MEDICIÓN DE AGENTES QUÍMICOS ID Informe: 49217540	
---	---	---

indica una dispersión de datos superior a la deseable (alrededor de 2,5), lo cual advierte de una variabilidad en las tareas realizadas (frecuencia, procedimiento, actividades diferentes, etc.) y por tanto en los niveles de exposición. Esto sugiere la necesidad de adelantar mediciones de seguimiento hasta completar un número suficiente para asegurar una caracterización completa (usualmente 6 mediciones totales, aunque podría ser superior).

3. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS MEDICIONES

Las gráficas históricas corresponden a las tres últimas mediciones realizadas al oficio

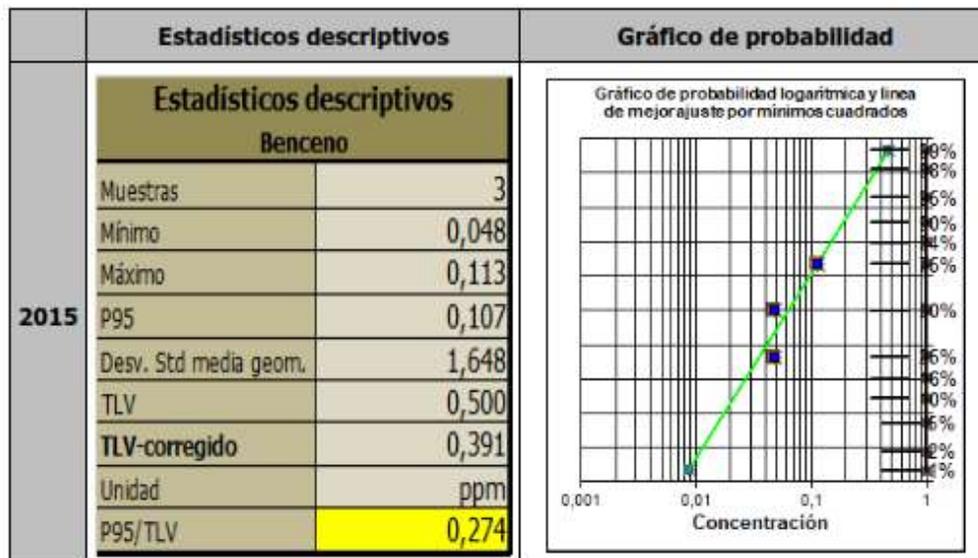


Figura 2. Dosimetría de Benceno, Coordinación de Plantas de Proceso Apiay – Asfalto - Báscula – Operador Llenadero – 2015.

	<p>INFORME DE MEDICIÓN DE AGENTES QUÍMICOS ID Informe: 49217540</p>	
---	--	---

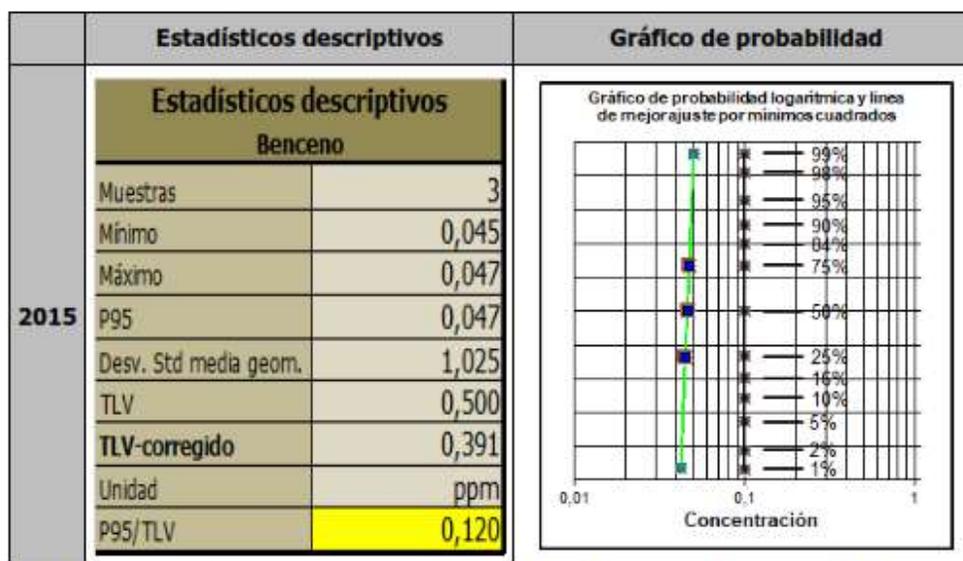


Figura 3. Dosimetría de Benceno, Coordinación de Plantas de Proceso Apiay – Asfalto - Báscula – Operador de Descargadero – 2015.

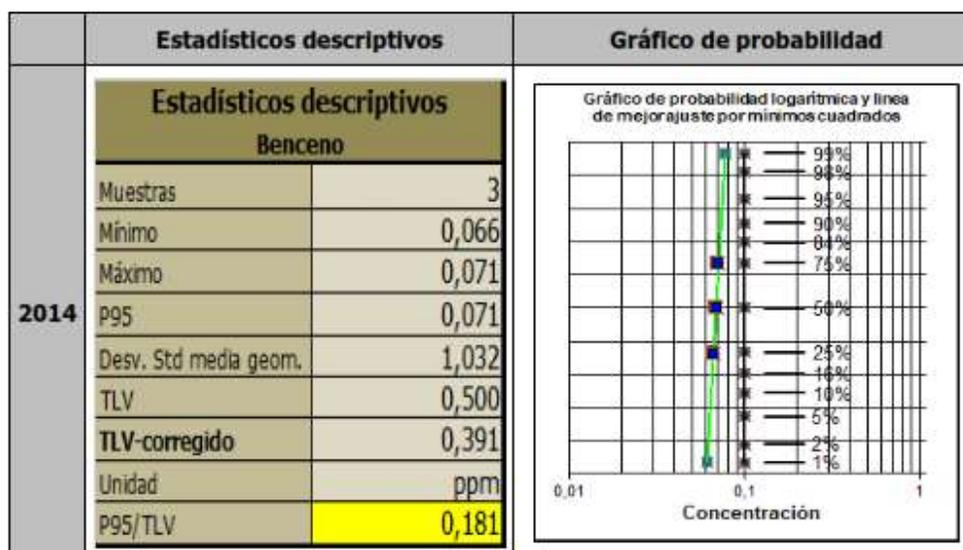


Figura 4. Dosimetría de Benceno, Coordinación de Plantas de Proceso Apiay – Asfalto - Báscula – Operador de Descargadero – 2014.

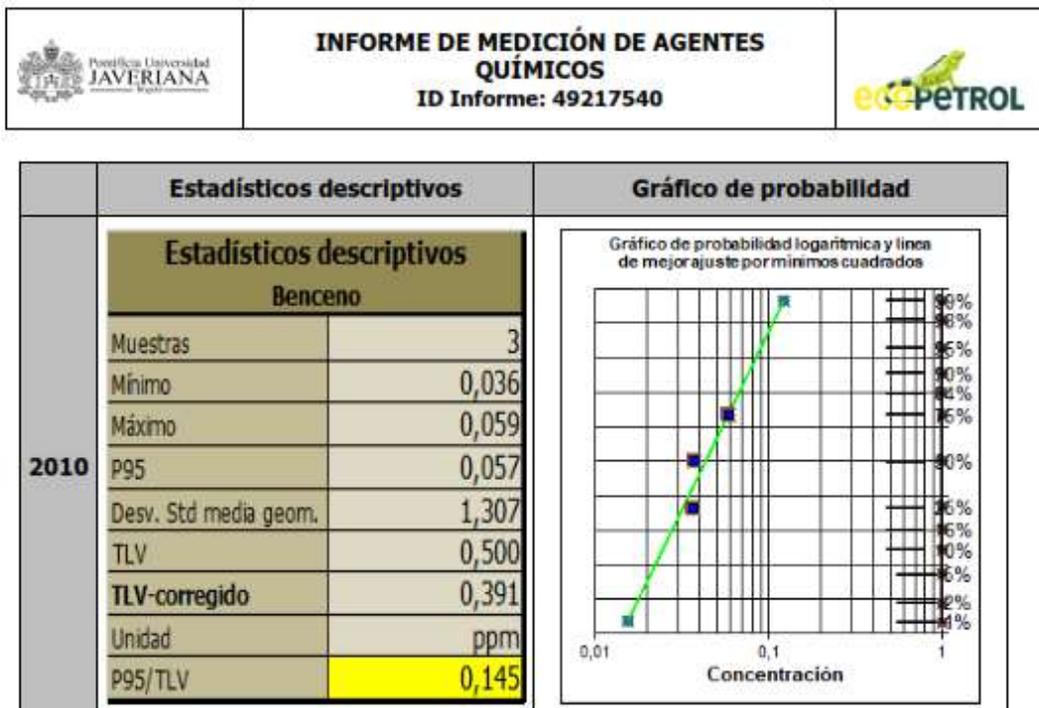


Figura 5. Dosimetría de Benceno, Coordinación de Plantas de Proceso Apiay – Asfalto - Báscula – Operador de Descargadero – 2010.

4. RECOMENDACIONES

A su vez se recomienda la implementación de las siguientes actividades:

➤ CONTROL DE FUENTES:

- Adelantar un estudio para la optimización del proceso de llenado de carrotanques de manera que garantice la contención de emisiones de vapores de hidrocarburo durante todas las etapas del proceso. Se sugiere revisar experiencias exitosas en otras áreas de la empresa, como GRB.

➤ CONTROL DE EXPOSICIÓN:

- Instalar mangaveletas indicadores de viento, en diferentes puntos estratégicos del área de las bahías de cargue de la Báscula, de forma que al momento de realizar el cargue de los diferentes productos en los carrotanques, el operador pueda ubicarse a favor del viento para minimizar la potencial inhalación de gases y vapores.
- Revisar procedimientos operativos para establecer opciones que permitan disminuir los tiempos de exposición del personal en la plataforma de cargue, durante el llenado de carrotanques.

 <p>Pontificia Universidad JAVERIANA <small>1864</small></p>	<p>INFORME DE MEDICIÓN DE AGENTES QUÍMICOS ID Informe: 49217540</p>	
--	--	---

- Validar la alternativa de presurizar el cuarto de operaciones así mismo generar un plan de mantenimiento preventivo a los sistemas de aire acondicionado y cambio de filtros para evitar la entrada y recirculación de los contaminantes que llegan de las áreas operativas.

➤ **CONTROL ADMINISTRATIVO:**

- Mejorar señalización preventiva sobre la exposición a riesgo químico existente en toda el área.

➤ **PROTECCIÓN PERSONAL:**

- Utilizar la protección respiratoria asignada cuando se estén realizando actividades en el área operativa y garantizar la reposición oportuna de los filtros para vapores orgánicos y gases ácidos.
- Capacitar al personal sobre el mantenimiento y uso de los elementos de protección personal respiratoria. Mantener la máscara en un lugar limpio y dentro de una bolsa para evitar el desgaste de los filtros cuando no estén realizando labores en planta.

Elaboró: LFM
CLS
Fecha: 02/02/2018
Versión: 02