

# Factores predominantes que afectan el medio ambiente por el uso de la resina furanica en moldes para la fundicion de metales

Predominant factors that affect the environment due to the use of furanium resin in molds for metal smelting

Carlos Del Valle Jurado<sup>1</sup>

Recibido: 09/08/2021 – Aprobado: 20/09/2021 – Publicado: 23/12/2021

## RESUMEN

La investigación parte del análisis de datos obtenidos de situaciones objetivas, generadas por los compuestos orgánicos volátiles en operaciones rutinarias de moldeo y fundición para así, poder determinar los factores predominantes que afectan la calidad ambiental por el uso de resina furánica en la preparación de moldes para la fabricación de piezas fundidas que se sustenta en el principio de cumplir con los objetivos propuestos en el reglamento de protección ambiental que regula el desarrollo de actividades en la industria manufacturera, así como analiza dichas actividades durante el proceso de producción en la fabricación de las piezas mencionadas, asumiendo y verificando los impactos ambientales que se generen en el área de influencia directa previamente determinada, proponiendo medidas preventivas que mitiguen y corrijan las posibles desviaciones en los procesos que alteren el equilibrio del medio físico, biológico y de relaciones socioeconómicas con las zonas de influencia. El desarrollo del trabajo se hizo tomando como referencia con muestras representativas de los procesos de fabricación de moldes y de la fundición del metal, en un área industrial clasificada y autorizada para tal fin, en la que se elaboran diversos tipos de piezas para la industria nacional. Se consideró normas legales nacionales y normas internacionales de manera general, así como de modo específico, aplicables a la generación de compuestos orgánicos volátiles para analizar los procesos productivos de una planta de fundición, se detallan los procesos, secuencia y actividades que se desarrollan en los procesos de fabricación.

**Palabras claves:** Arena recuperada para moldeo; pérdidas por ignición; contaminación del aire por compuestos orgánicos volátiles; emisiones; impacto ambiental.

## ABSTRACT

The research starts from the analysis of data obtained from objective situations, generated by volatile organic compounds in routine molding and casting operations in order to determine the predominant factors that affect environmental quality due to the use of furan resin in the preparation of molds for the manufacture of cast parts that is based on the principle of complying with the objectives proposed in the environmental protection regulation that regulates the development of activities in the manufacturing industry, as well as analyzes such activities during the production process in the manufacture of parts mentioned, assuming and verifying the environmental impacts that are generated in the previously determined area of direct influence, proposing preventive measures that mitigate and correct the possible deviations in the processes that alter the balance of the physical and biological environment and of socioeconomic relations with the areas of influence. The development of the work was done taking as a reference with representative samples of the processes of manufacture of molds and metal casting, in an industrial area classified and authorized for this purpose, in which various types of pieces are made for the national industry. National legal standards and international standards were considered in general, as well as specifically, applicable to the generation of volatile organic compounds to analyze the productive processes of a foundry plant, the processes, sequence and activities that are developed in the manufacturing processes.

**Keywords:** Recovered sand for molding; losses on ignition; air pollution by volatile organic compounds; emissions; environmental impact.

<sup>1</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, EAP Ing. Geológica, Lima, Perú.  
E-mail: [cdelvallej@unmsm.edu.pe](mailto:cdelvallej@unmsm.edu.pe) – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3040-1396>

## I. INTRODUCCIÓN

En la búsqueda e identificación de los efectos negativos al medioambiente que causan las actividades operativas de las fundiciones, se encontró que es debido a la existencia de los procesos térmicos y al uso de compuestos y aditivos químicos o aglutinantes orgánicos; en razón de ello, los problemas que se plantean con respecto a las fundiciones, son los relacionados con la emisión de gases, la eliminación de los residuos y la exposición de las personas a elementos químicamente contaminantes, que alteran la calidad ambiental.

El proceso de fabricación de las piezas de fundición genera residuos sólidos procedentes de las arenas usadas para la preparación de moldes y machos y es que frecuentemente, la arena de moldeo se humedece y se mezcla con resina furánica líquida, la cual, al realizarse el proceso de conformación por moldeo Universidad de Málaga, contribuye en la calidad del gas expelido, es decir, contribuye a la contaminación ambiental (Universidad de Málaga, 2005).

El problema de la generación de residuos en las fundiciones, es debido a los sólidos provenientes de las arenas de moldeo, de las escorias y polvos que salen de los hornos, así como los materiales que revisten los mismos; se enfrenta un gran reto de poder deshacerse de toda la arena usada por la necesidad de contar con recurso humano calificado y logística para todo el trabajo, ya que los residuos mencionados contienen aproximadamente 95% de arena de sílice, siendo el resto, carbón mineral, arcilla, etc., además, es frecuente que la arena proveniente del desmoldeo de las piezas y de las zarandas vibratorias, se recicle para la fabricación de moldes nuevos, las que luego generan inherentemente polvo y desechos.

En el contexto descrito, el riesgo ambiental que supone el uso de la resina furánica que es utilizada en la preparación de moldes y machos para la fabricación de piezas fundidas; se debe, a que en promedio en el Perú los trabajadores encargados de la preparación de los moldes para fundición, habitualmente trabajan ocho hrs. por día y seis días a la semana; luego, la contaminación debido a la eliminación de los residuos se debe a que en dicha actividad, los trabajadores tienen exposición directa a la contaminación; pero, en el ámbito local se pudo detectar que las personas involucradas directamente en el trabajo habitual con el mencionado compuesto químico, conocen del peligro asociado, pero la necesidad de una retribución económica para cubrir los gastos básicos familiares dentro de una estructura social local precaria en el sentido económico, hace que la exposición y riesgo relacionados de manera directamente proporcional aumente el peligro de daño.

## II. MÉTODOS

### 2.1. Contaminación de aire por emisiones de gases (CO; NO<sub>2</sub>; SO<sub>2</sub>) y de otros Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's)

Sobre la base de la evaluación química de las arenas recuperadas o gastadas, se analizó el contenido de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) y otros gases

(EPA, 2000), (Sánchez Montero & Alcantara Leon, 2008). Cuando los moldes con aglutinantes orgánicos, son vertidos con aleaciones líquidas de metal a altas temperaturas (1300 °C - 1600 °C), una reacción térmica se produce y la descomposición de diversos gases contaminantes como CO; NO<sub>2</sub>; SO<sub>2</sub> y otras emisiones de sustancias peligrosas como los COV - compuestos orgánicos volátiles, entre ellos los HAP - hidrocarburos aromáticos policíclicos, además del Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos - BTEX (Cerón-Bretón et al., 2015), (ATSDR, 2016), de los cuales, una parte significativa se emite a la atmósfera durante el vaciado del molde y luego en el momento del enfriado, sin embargo, una parte de ellos se condensa en espacios intergranulares en arenas de moldeo las cuales son desechadas o recuperadas para un nuevo proceso de moldeo (Mastandrea et al., 2005).

Lo que da lugar a la mayor preocupación, porque contribuye significativamente a la contaminación ambiental, ennegrece el entorno de la fundición, paredes, suelos, ventanas y más. Los aglutinantes de furano han demostrado ser cancerígenos y se descomponen con emisión de gases tóxicos.

### 2.2. Propiedades de la Resina Furánica y Catalizador

Productos y agentes químicos habituales en el moldeo con resinas autofraguantes:

**Resinas fenólicas:** Formaldehído, fenol, hidróxido de sodio, hidróxido de potasio.

**Resinas furánicas:** Alcohol furfurílico, fenol, formaldehído, formol, urea.

**Endurecedores:** Gamma-butirolactona, carbonato de propileno.

**Catalizadores:** Ácido paratoluensulfónico, ácido sulfúrico.

“Los agentes químicos más importantes desde el punto de vista toxicológico son, el formaldehído, alcohol furfurílico y fenol. La principal vía de entrada en el organismo para el formaldehído y el alcohol furfurílico es la vía inhalatoria, mucho menos importantes son la vía dérmica y los ojos, en el caso del fenol, las vías principales son la dérmica y los ojos, la inhalación es menos importante”. BASEQUIM 018 Situaciones de Exposición a Agentes Químicos – Gobierno de España (Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el trabajo, INSHT (2015).

Las arenas autofraguantes utilizan resina de furano a base de alcohol furfurílico y un catalizador ácido, tal y como se muestra en las Tablas 1 y 2. Comparación de resultados de un tipo de resina furánica según especificación u hoja técnica y los valores reales encontrados.

### 2.3. Pérdida de Peso por Ignición (L.O.I.)

Se precisó de la metodología usada para poder determinar el contenido de material orgánico, que es el L.O.I., determinación de la pérdida de peso por ignición.

**Tabla 1.** Propiedades resina furánica

Parámetros	Especificación Proveedor	Valor Real
% Alcohol Furfurílico	50-65	No se determinó
% Sólidos (135 °C, 3.15-1h)	No Reporta	51
% Humedad (KF)	No Reporta	17.45
Índice de acidez (mg KOH/g muestra)	No Reporta	1.1852
pH (25 °C)	6.5 - 8.5	6.85
Formol Libre (% peso)	< 0.1	0
Viscosidad (25 °C, cP)	< 100	105
Índice de Referencia (20°C)	1.4860 - 1.5100	1.5064
Cenizas (%Peso)	No Reporta	0.58
Nitrógeno (%Peso)	Libre de Nitrógeno	0.12

**Tabla 2.** Propiedades del catalizador

Parámetros	Especificación Proveedor	Valor Real
Ácido Xilen-Sulfónico (% peso)	83-91	85.35
Viscosidad 25 °C	260-300	540
Densidad (25 °C, g/cm³)	1.230-1.265	1.2539
Índice de acidez (mg KOH/g muestra)	No Reporta	268.40
% Humedad (KF)	No Reporta	4.90
Ácido Sulfúrico Libre (% peso)	< 0.1	3.37
pH a 25 °C	< 0.1	Cumple

“Las pérdidas por ignición se refieren a la diferencia de peso antes y después de la ignición de una muestra de arena. Esta prueba es empleada para determinar la presencia de materiales orgánicos o de otro tipo que puedan formar gases en la mezcla de arena o en sus constituyentes, incluyendo arenas nuevas y recuperadas con mezcla de resina y catalizador. La medición de L.O.I. indica la cantidad de combustibles en la arena quemada, por lo tanto, las mediciones L.O.I. pueden proporcionar información esencial acerca de la calidad general del sistema de arena para fundición, la presencia de materiales orgánicos en arenas de fundición es problemática porque estos materiales pueden volatilizarse a temperaturas mucho más bajas que las requeridas para el proceso de fundición”.

Al analizar el uso del método, se pudo determinar que el L.O.I. proporciona datos e información de manera rápida y eficiente para poder hallar el contenido de materia orgánica. La precisión y eficacia del método, ayuda significativamente en comparación con otros métodos químicos más sofisticados.

Materiales y Equipos según Handbook de la AFS (Sociedad Americana de Fundición)

A. Procedimiento: AFS 5100-00-S (5-1)

B. Loss On Ignition, L.O.I.

La pérdida de peso de una muestra a 982°C es la pérdida de peso debido a la volatilización de sustancias orgánicas, el aumento de peso debido a las reacciones de oxidación (específicamente cromita, olivino y magnetita)

C. Equipos y materiales requeridos

- Balanza de 0.001 g de sensibilidad
- Dispositivo de secado con flujo de aire (107°C±3°C)
- Horno de mufla (982 ± 6°C)
- Crisoles refractarios
- Tenazas
- Desecador
- Ladrillos refractarios para apoyar crisoles calientes

D. Calculo de Resultados

$$\% \text{ LOI} = \left[ \frac{\text{B} + \text{C}}{\text{B} - \text{A}} \right] \times 100$$

Actualmente, casi todas las plantas de fundición que utilizan arenas de moldeo con resina furánica, reutilizan el material recuperado en cantidades de 50 a 99%. La pérdida de material recuperado en la ignición (L.O.I.) constituye una medida de sustancias orgánicas. Cuando el metal líquido es vertido en los moldes de arenas preparados con adiciones de regeneración de arena, aumentan las emisiones de gases (CO; NO<sub>2</sub>; SO<sub>2</sub>) y otros, como los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) (EPA, 2000), las que hacen referencia a las sustancias o compuestos que contienen los productos

químicos que se convierten fácilmente en vapores o gases, entre ellos los del grupo BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos) y HAPs (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos) (Cerón-Bretón et al., 2015), (ATSDR, 2016).

Los resultados de las investigaciones de descomposición térmica de arenas de moldeo preparadas con resinas furánicas, en las que la arena nueva es la base, se muestra en la Tablas 3 y 4; 1 - 1.5% de Resina Furánica, 20 - 40% Catalizador

**Tabla 3.** Porcentaje (%) L.O.I. arena para moldeo

Meses de Muestreo	% L.O.I.		
	100AN	25AN/75AR	100AR
Marzo	1.38	4.98	5.34
Junio	1.65	5.52	5.78
Setiembre	1.43	5.21	5.48
Diciembre	1.29	4.85	5.25

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 4.** Ph de Arena de Moldeo

Meses de Muestreo	Ph		
	100AN	25AN/75AR	100AR
Marzo	4.35	3.81	2.51
Junio	4.85	3.21	2.35
Setiembre	4.63	3.52	2.41
Diciembre	4.49	3.95	2.71

Fuente: Elaboración Propia

## 2.4. Monitoreo ambiental

Se realizó con el objetivo de obtener información sobre la presencia y concentración de elementos nocivos en el ambiente.

### 2.4.1. Estándares Ambientales de Calidad del Aire (ECA – Aire)

D.S. N° 003-2017-MINAM – Aprueba ECA para aire y disposiciones complementarias, aprobado el 07 de Junio del 2017, deroga el D.S. N° 074-2001-PCM, el D.S. N°

069-2003-PCM, el D.S. N° 003-2008-MINAM y el D.S. N°006-2013-MINAM (Defensoría del Pueblo, 2017), (MINAM, 2015).

### 2.4.2. Límites Máximos Permisibles (LMP)

- R.M. N° 315-96-EM/VMM, “Niveles Máximos Permisibles de Elementos y Compuestos presentes en Emisiones Gaseosas provenientes de las Unidades Minero – Metalúrgicas”.
- Reglamento de valores límite permisibles para agentes químicos en el Ambiente de Trabajo.
- Environmental, Health, and Safety Guidelines, Foundries- World Bank Group, Abril 2007.

Límites máximos en la República Bolivariana de Venezuela: D.P. 638 – Normas de Calidad del aire y Control de la Contaminación Atmosférica (Monroy Gonzalez, 2008).

## 2.5. Monitoreo de la Calidad del Aire

### A. Partículas Menores a 10 micras (PM10)

La tabla 5 muestra a los resultados de la concentración de PM10 en las dos estaciones de monitoreo de calidad de aire.

### B. Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

La tabla 6 muestra a los resultados de la concentración de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) en las dos estaciones de monitoreo de calidad de aire.

### C. Dioxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

La tabla 7 muestra los resultados de la concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en las dos estaciones de monitoreo de calidad de aire.

### D. Monoxido de Carbono (CO)

La tabla 8 muestra los resultados de la concentración de “monóxido de carbono” (CO) en las estaciones instaladas para el monitoreo de calidad del aire. La tabla 9 muestra las emisiones de los hornos.

### E. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)

La identificación de los HAPs se realizó mediante el sistema compuesto por el cromatógrafo de gases Trace GC

**Tabla 5.** Concentración de Partículas PM10

Estación de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Tiempo de Muestreo (min)	Concentración (µm/m <sup>3</sup> )	Estándar de Calidad Ambiental para Aire (1)
EM - 1	Del 08 al 09 Enero del 2018	1440	61,4	100 (µm/m <sup>3</sup> )
EM - 2			135,5	

(1) D.S. N° 003-2017-MINAM

**Tabla 6.** Concentración de Dióxido de Azufre" (SO<sub>2</sub>)

Estación de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Tiempo de Muestreo (min)	Concentración (µm/m <sup>3</sup> )	Estándar de Calidad Ambiental para Aire (1)
EM - 1	Del 08 al 09 Enero del 2018	1440	< 12,15	250 (µm/m <sup>3</sup> )
EM - 2			< 12,15	

(1) D.S. No 003-2017-MINAM

**Tabla 7.** Concentración de Dióxido de Nitrógeno" (NO<sub>2</sub>)

Estación de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Tiempo de Muestreo (min)	Concentración (µm/m <sup>3</sup> )	Estándar de Calidad Ambiental para Aire (1)
EM - 1	Del 08 al 09 Enero del 2018	60	< 8,75	200 (µm/m <sup>3</sup> )
EM - 2			< 8,75	

(1) D.S. No 003-2017-MINAM

**Tabla 8.** Concentración de Monóxido de Carbono" (CO)

Estación de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Tiempo de Muestreo (min)	Concentración (µm/m <sup>3</sup> )	Estándar de Calidad Ambiental para Aire (1)
EM - 1	Del 08 al 09 Enero del 2018	480	< 652	10 000 (µm/m <sup>3</sup> )
EM - 2			660	

(1) D.S. No 003-2017-MINAM

**Tabla 9.** Emisiones de los Hornos

Resultados de la Estación de Monitoreo - Hornos					
Oxígeno (O <sub>2</sub> ) %	Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) %	Temperatura (°C)	Flujo Másico (kg/h)	Flujo Volumétrico (Nm <sup>3</sup> /h)	Velocidad (m/s)
14,92	4,25	84,3	12 535,05	19 865,57	9,2

  

Estación de Monitoreo (Hornos)	Partículas MP (mg/Nm <sup>3</sup> )	Monóxido de Carbono (CO) (mg/Nm <sup>3</sup> )	Óxido de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> )O <sub>2</sub> al 11% (mg/Nm <sup>3</sup> )	Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) (mg/Nm <sup>3</sup> )
Resultados en Campo	0,06	15,79	11,5	0
Límite Máximo Permisibles (LMP)	100	1437,5	400	50

(1) Fuente: R.M. No 315-96-EM/VMM.

(2) Límites establecidos en la República Bolivariana de Venezuela: D.P. N° 638 – Normas de calidad del aire y control de la contaminación atmosférica del 26/04/95. Condiciones de Conversión de ppm a ug/m<sup>3</sup>: P=1013.25 mbar, T= 25° C. (Monroy Gonzalez, 2008).

(3) Environmental, Health, and Safety Guidelines Foundries World Bank Group Abril 2007. Fusión de metales ferrosos. Nivel máximo de emisiones para las mejores tecnologías disponibles (BAT) y para hornos de cubilote sin coque.

Ultra, equipado con la columna cromatográfica capilar RTX 5MS (Restek) de 30mm., de diámetro interno 0,25 mm. El análisis de los compuestos del grupo HAPs se realizó según la norma ISO 11338-2: 2003, esta norma especifica los procedimientos para la preparación de muestras, limpieza y análisis para la determinación de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's) en fase gaseosa y de partículas en gases de chimenea y gases residuales (Mastandrea et al., 2005), (INSST, 2007). Los métodos analíticos son capaces de detectar concentraciones de HAP's de submicrogramos por metro cúbico de muestra, según el tipo de HAP's y el volumen de gases de combustión muestreados (ver tablas 10 y 11).

**Tabla 10.** Metodología de Análisis de COV's

Parámetro	Referencia del Método
Benzeno	Cromatografía de Gases ISO 11338-2: 2003
Etilbenzeno	
Tolueno	
Xileno	

**Tabla 11.** Emisiones de Gases COV's Concentraciones de BTEX's formados durante la descomposición térmica de arena de moldeo

N° CAS	Agente Químico	(µg/m <sup>3</sup> )		
		100AN	25AN/75AR	100AR
71-43-2	Benzeno	1.132	14.245	28.532
108-88-3	Tolueno	0.845	2.542	4.485
100-41-4	Etilbenzeno	0.253	0.425	0.652
1330-20-7	Xilenos, mezcla isómeros	0.114	0.194	0.409
95-47-6	o-xileno	0.025	0.045	0.075
108-38-3	m-xileno	0.055	0.064	0.142
106-42-3	p-xileno	0.034	0.085	0.192

## F. Contaminación por exposición en ambiente laboral

El desarrollo de actividades industriales generan riesgos para la salud en los diferentes ambientes de trabajo, es por ello la necesidad de identificar y medir la presencia de éstos y otros factores asociados a la diversas actividades para poder diagnosticarlas, corregirlas y prevenirlas con decisiones

oportunas y efectivas. “En los procesos productivos existen múltiples contaminantes del ambiente laboral que actúan como factores de riesgo y que pueden incidir negativamente en la salud de los individuos que entran en contacto, entre estos factores, revisten especial importancia los agentes de origen químico, físico y biológico, de manera general, se definió la exposición, el contacto en el tiempo y el espacio entre una persona y uno o más agentes biológicos, químicos o físicos. El concepto de exposición depende de una serie de parámetros a considerar, por lo tanto, al momento de evaluar la exposición, se deben considerar estos aspectos. En términos de salud ocupacional, se define exposición como el acto o condición de estar, por razones de trabajo, en contacto dérmico, por inhalación o ingestión, con uno o una mezcla de estos agentes contaminantes, en un lugar y durante un período de tiempo determinado. La evaluación de la exposición en un determinado grupo de trabajadores, corresponde a la medición de la intensidad y/o duración y frecuencia del contacto del individuo con un agente nocivo específico, se utiliza para caracterizar el riesgo de un individuo o grupo de individuos expuestos.

La evaluación de la exposición en diferentes ambientes laborales implica identificar y evaluar los agentes que pueden entrar en contacto con los trabajadores y analizar diferentes aspectos del proceso que determina el contacto”.

“**Media Ponderada en el Tiempo (TWA).**”- Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida, o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada estándar de 8 horas diarias”.

A. “**Exposición de corta duración: (STEL).**”- Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier período de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un período de referencia inferior, en la lista de Valores Límite”. (Reglamento sobre valores límite permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo; D.S. N° 015-2005-SA) (ver tablas 12, 13, 14 y 15).

**Tabla 12.** “Reglamento sobre valores límite permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo”

“Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo”							
N° CAS	Agente Químico	“Límites Adoptados”				Peso Molecular (gramos)	Notas
		TWA	STEL	TWA	STEL		
		ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>		
100-41-4	Etilbenceno	100	434	125	543	106,16	Vía dérmica VLB
108-88-3	Tolueno	50	188			92,13	Vía dérmica VLB
1330-20-7	Xileno, mezcla isómeros	100	434	150	651	106,16	Vía dérmica VLB
95-47-6	o-xileno	100	434	150	651	106,16	Vía dérmica VLB
108-38-3	m-xileno	100	434	150	651	106,16	Vía dérmica VLB
106-42-3	p-xileno	100	434	150	651	106,16	Vía dérmica VLB

Fuente: D.S. N° 015-2005-SA

**Tabla 13.** Valores Límite Permisibles

Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos Cancerígenos en el Ambiente de Trabajo						
CAS	Categoría	Agente Químico	Límites Adoptados		Notas	
			TWA	mg/m <sup>3</sup>		
			ppm	mg/m <sup>3</sup>		
65996-93-2	A1	Alquitrán de hulla, elevada temp. Brea comp. Volátil como soluble en Benceno		0.2	Vía dérmica, VLB	
71-43-2	A1	Benceno	0.5	1.6	Vía dérmica, VLB	

Fuente: D.S. N° 015-2005-SA (ATSDR, 2016).

**Tabla 14.** Listado de Agentes Químicos Cancerígenos cuyo contacto debe evitarse\*

CAS	Categoría	Agente Químico
50-32-8	A2	Benzopireno
205-99-2	A2	Benzofluoranteno
569-55-3	A2	Benzoantraceno
97-87-5	A1	Bencidina
		Dimetilaminoazobenceno

Fuente: D.S. N° 039-93-PCM “Reglamento de Prevención y Control del Cáncer Profesional”

\*"Uso en estado puro o mezclado con otras sustancias cancerígenas o no".

**Tabla 15.** Emisión de gases COV's concentración de HAP's formados durante la descomposición térmica arena de moldeo

N° CAS	Agente Químico	(mg/m <sup>3</sup> )		
		100AN	25AN/75AR	100AR
91-20-3	Naftaleno	28.42	112.55	140.55
83-32-9	Acenafteno	*	*	*
208-96-3	Acenaftileno	1.18	3.47	5.12
86-73-7	Fluoreno	3.53	3.31	7.35
85-01-8	Fenantreno	0.51	1.03	2.35
120-12-7	Antraceno	3.85	4.55	8.23
206-12-7	Fluoranteno	5.55	8.37	9.08
129-00-0	Pireno	3.52	3.86	7.35
56-55-3	Benzo antraceno	0.81	2.98	3.93
218-01-19	Criseno	0.10	0.18	0.25
205-99-2	Benzo fluoranteno	3.70	5.83	6.92
207-08-9	Benzo fluoranteno	1.23	1.35	1.96
50-32-8	Benzo pireno	0.95	3.47	4.09
53-70-3	Dibenzo antraceno	0.22	*	*
191-24-2	Benzo perileno	0.39	0.61	0.85
193-39-5	Indeno pireno	*	*	*
132-64-9	Dibenzofurano	0.05	0.05	0.07
90-12-0	1-Metilnaftaleno	0.18	0.35	0.41
91-57-6	2-Metilnaftaleno	0.25	0.47	0.47
92-52-4	Bifenilo	0.06	0.09	0.10

### III. RESULTADOS

La investigación indica que las adiciones de arena recuperada a las arenas de moldeo, tienen una influencia significativamente negativa sobre el medio ambiente y la salud de los trabajadores, principalmente se trata de compuestos orgánicos volátiles (COV's) y sustancias químicas, cuyas cantidades aumentan junto con el aumento de arena recuperada (EPA, 2000), (Sánchez Montero & Alcantara Leon, 2008).

A mayor cantidad de arena recuperada en la arena de moldeo, aumentan las concentraciones de los compuestos del grupo BTEX's (Cerón-Bretón et al., 2015), durante el vertido del metal al molde se puede apreciar que éstas aumentan significativamente (casi tres veces). La concentración de benceno (ATSDR, 2016), (componente principal de este grupo de propiedades cancerígenas aumenta más que los otros compuestos. Todas estas concentraciones son proporcionales a los valores de L.O.I.

Adiciones de arena recuperada en la arena de moldeo provocan el aumento del valor de L.O.I. y en consecuencia, la emisión de mayores volúmenes de gases.

Con respecto al grupo HAP's para la arena de moldeo que contiene el 75% y 99% de arena recuperada, se observa también un considerado aumento con respecto a la arena nueva de sustancias como; Benzo(a)antraceno; Benzo(b) fluoranteno y Benzo(a) pireno; según el listado de agentes

químicos cancerígenos del decreto Supremo N° 015-2015-SA (Reglamento sobre Valores Limite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo), el contacto con estas sustancias en estado puro o mezclado deben evitarse.

Casi el 50% de las sustancias del grupo de los HAP's emitidas en el proceso de vertido del metal líquido al molde constituía naftaleno, que está prácticamente adsorbido en su totalidad sobre la espuma de poliuretano.

En líneas generales, las actividades generadas por la Fundición, inciden negativamente en la calidad del aire del área monitoreada, ya que existe concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (COV) que se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental tomados como referencia.

### IV. CONCLUSIONES

1. Las Investigaciones realizadas en condiciones normales, indicaron una influencia significativa de la cantidad de regeneración en la matriz de arena de moldeo sobre la emisión de sustancias del grupo HAPs y BTEXs, por lo que, cuando se aplique una adición de arena recuperada, se debe prestar especial atención al aumento significativo de la emisión de sustancias nocivas para la salud y el medio ambiente.

2. Es importante y resulta práctico, utilizar el porcentaje de L.O.I. como indicador de contaminación en arenas recuperadas en el caso de arenas con aglutinantes orgánicos en especial resinas furánicas, ya que es un método rápido, fácil y económico. La similar dependencia de los grupos HAPs y BTEXs y la pérdida por ignición de la cantidad de arena recuperada de moldeo, proporcionan la base para la evaluación de la nocividad de estas arenas (Cerón et al).
3. La presente investigación debe utilizarse como herramienta para futuras evaluaciones ambientales en fundiciones que utilizan como base de moldeo resinas furánicas con altos contenidos de alcohol furfúrico (> 60%) y presencia de nitrógeno en su formulación, del mismo modo se debe tener en cuenta que la formulación del catalizador o endurecedor debería tener como contenido de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) <0.1 (% en peso) o en el mejor de los casos cero.
4. Con legislaciones ambientales cada vez más estrictas, es necesario realizar investigaciones como la que se presenta, para apoyar de manera técnica en los procesos de operación sostenible de fabricación de piezas de metal. La escasa o nula información de datos experimentales para describir las características químicas en el comportamiento de compuestos tóxicos de estas arenas recuperadas ha hecho de esta investigación un valioso aporte para el control ambiental que mantenemos en la actualidad.
5. Es necesario investigar y monitorear con mayor detalle los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) de otro tipo de resinas y catalizadores autofraguantes, para implementar proyectos de investigación que determinen las fuentes de contaminantes orgánicos, para disminuir los riesgos y evitar la biomagnificación y desarrollo de enfermedades por agentes contaminantes.

## V. REFERENCIAS

ATSDR. (2016). Resumen de Salud Pública: Benceno. *Agency For Toxic Substances And Disease Registry*. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs3.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs3.html)

Cerón-Bretón, J. G., Cerón-Bretón, R. M., Kahl, J. D. W., Ramírez-Lara, E., Guarnaccia, C., Aguilar-Ucán, C. A., Montalvo-Romero, C., Anguebes-Franceschi, F., & López-Chuken, U. (2015). Diurnal and seasonal variation of BTEX in the air of Monterrey, Mexico: preliminary study of sources and photochemical ozone pollution. *Air Quality, Atmosphere and Health*, 8(5), 469–482. <https://doi.org/10.1007/s11869-014-0296-1>

Defensoria del Pueblo. (2017). La calidad del aire en Lima y su impacto en la salud y la vida de sus habitantes. *Informe Defensorial*, 116, 1–82. [www.defensoria.gob.pe](http://www.defensoria.gob.pe)

EPA. (2000). Determinación de compuestos orgánicos volátiles (COVs) en el aire recolectado en recipientes especialmente preparados y analizado por cromatografía de gases / espectrometría de masas (GC/MS). In *The History of Drinking water Treatment*. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P100YDPO.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2016+Thru+2020&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&ToCRestrict=n&ToC=&ToCEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=>

INSST. (2015). *BASEQUIM SITUACIONES DE EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS*. [https://www.insst.es/documents/94886/791398/BASEQUIM\\_018\\_0.pdf/aba6e604-4f16-4674-834b-437ff67425b6?t=1606302597424](https://www.insst.es/documents/94886/791398/BASEQUIM_018_0.pdf/aba6e604-4f16-4674-834b-437ff67425b6?t=1606302597424)

INSST. (2007). *PROPIEDADES DE LOS HIDROCARBUROS AROMATICOS*. 282–283. <https://www.insst.es/documents/94886/162038/6.+Hidrocarburos+aromaticos+--+Hidrocarburos+aromaticos+halogenados+--+Hidrocarburos+poliaromaticos+--+Isocianatos+--+Cetonas#:~:text=Los hidrocarburos aromaticos son aquellos,los vertices de un hexagono.>

Mastandrea, C., Chichizola, C., Ludueña, B., Sánchez, H., Álvarez, H., & Gutiérrez, A. (2005). Hidrocarburos aromáticos policíclicos. Riesgos para la salud y marcadores biológicos. In *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana* (Vol. 39, Issue 1, pp. 27–36). <https://www.redalyc.org/pdf/535/53522191006.pdf>

MINAM. (2015). Guía para la elaboración de estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente. *Ministerio Del Ambiente*, 160. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/GUIA-ERSA-ALTA.compressed.pdf>

Monroy Gonzalez, E. C. (2008). *Estudio de factibilidad de generación de dioxinas y furanos (PCDD y PCDF) en el proceso de reformación catalítica de naftas en la industria petrolera y propuestas para minimizar su emisión*.

Sánchez Montero, J. M., & Alcantara Leon, A. (2008). Compuestos orgánicos volátiles en el medio ambiente. *Monografías de La Real Academia Nacional de Farmacia*, 27. <https://core.ac.uk/download/pdf/230313907.pdf>

Universidad de Málaga. (2005). *Introducción al conformado por moldeo*. [http://www.raquelserrano.com/wp-content/files/procesos\\_Fundicion\\_0.pdf](http://www.raquelserrano.com/wp-content/files/procesos_Fundicion_0.pdf)