

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

División de Carreras Agronómicas.



Evaluación perimetral de partículas suspendidas totales (PST)  
en industria de fundición de hierro gris.

POR:

Maria Amparo Morales Guerra.

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para obtener  
El Título de:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES.

# UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" UNIDAD LAGUNA

## DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS

TESIS DE LA C. MARIA AMPARO MORALES GUERRA ELABORADA  
BAJO LA SUPERVISION DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y  
APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO  
DE:

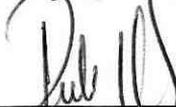
### INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

Aprobada por:

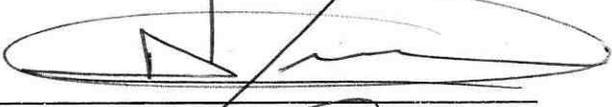
Asesor principal:

  
M.C. Hugo Aguilar Márquez.

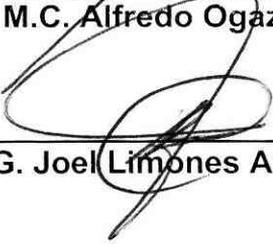
Asesor:

  
IQ. Rubi Muñoz Soto.

Asesor:

  
M.C. Alfredo Ogaz.

Asesor:

  
ING. Joel Limones Avitia.

COORDINACIÓN INTERINO DE LA DIVISION DE  
CARRERAS AGRONOMICAS

  
MC. Javier Araiza Chavez.



Torreón, Coah., México.

Marzo 2007  
Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

# UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" UNIDAD LAGUNA

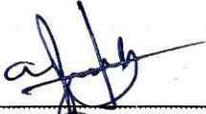
## DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS

TESIS DE LA C. MARIA AMPARO MORALES GUERRA ELABORADA  
BAJO LA SUPERVISION DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y  
APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO  
DE:

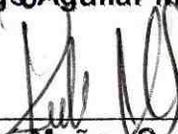
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

Comité particular

Presidente:

  
M.C. Hugo Aguilar Márquez.

Vocal:

  
IQ. Rubi Muñoz Soto.

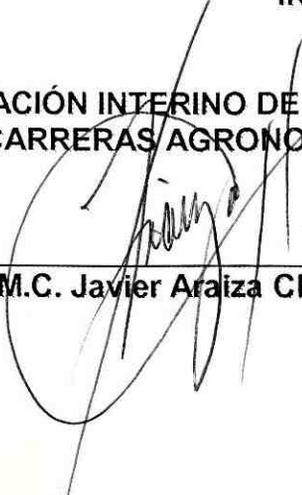
Vocal:

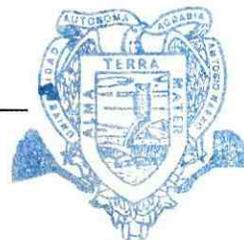
  
M.C. Alfredo Ogaz.

Vocal:

  
ING. Joel Limones Avitia.

COORDINACIÓN INTERINO DE LA DIVISION DE  
CARRERAS AGRONOMICAS

  
M.C. Javier Araiza Chavez.



Torreón, Coah., México.

Coordinación de Carreras Agronómicas  
Marzo 2007

## Dedicatorias

A Dios:

Por permitirme lograr una meta muy importante en mi vida, por iluminar mi camino en los momentos buenos y malos que me han hecho amar la vida. Por ayudarme a levantar el ánimo en los momentos difíciles, por no dejarme sola, por la salud y la vida que me has dado. Gracias.

A mis padres:

Roberto Morales Gutiérrez y Amparo Guerra Martínez.

Con admiración y respeto, el mas grande amor hacia ellos por estar siempre en mi vida, por llenarme de alegrías y hacer de mi niñez un preciado tesoro, por ser los pilares de mi familia. Por todas aquellas noches de desvelo y sacrificio que han hecho para lograr esta meta tan anhelada. Por tenerlos siempre cuando los necesito espero que se enorgullezcan por el logro que no solo es mio sino también de ustedes.

Los quiero muchísimo, gracias por la confianza que me brindaron. La humildad y la educación que me dieron es el mayor agradecimiento que tengo ante ustedes. Gracias.

*A mis hermanos:*

*Roberto, David, Rene, Ana Laura y Ramón.*

*Por el apoyo, cariño y confianza que siempre me han brindado. A David y Roberto que son como mis segundos padres les agradezco por el apoyo incondicional durante mi carrera les doy las gracias de todo corazón por ayudarme a superar los obstáculos y darme fuerzas para seguir adelante. Por el apoyo económico y moral que me brindaron. Espero compartan mi alegría por haber logrado una de mis metas mas importantes. Gracias.*

*A mis abuelos.*

*José soledad Guerra*

*Candelaria Martínez*

*Amelia Gutiérrez (F)*

*Ramón Morales (F)*

*Por el cariño que siempre me han tenido. En especial mi abuelita cande por preocuparse por mí.*

## Agradecimientos

*Ing. Joel Limones Avitia.*

*Por su magnífica orientación, motivación y asesoramiento del presente trabajo, así como la confianza y tiempo dedicado al mismo un agradecimiento en especial y por su amistad que siempre me brindo GRACIAS.*

*MC. Hugo Aguilar Márquez.*

*IQ. Rubí Muñoz Soto.*

*MC: Alfredo Ogaz.*

*Gracias por su colaboración en la revisión y corrección del presente trabajo.*

# Índice

<b>I.-Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>II.-Justificación.....</b>	<b>4</b>
<b>III.-Objetivo.....</b>	<b>4</b>
<b>IV.-Hipótesis.....</b>	<b>4</b>
<b>V.-Revisión de literatura.....</b>	<b>5</b>
5.1.-Partículas.....	5
5.1.1.-Partículas de la atmósfera.....	6
5.1.2.-Partículas Sólidas.....	6
5.1.3.-Partículas.....	6
5.1.4.-Óxidos Metálicos.....	6
<b>5.2.-Proceso productivo.....</b>	<b>7</b>
5.2.1.-Fabricación de moldes y almas.....	8
5.2.2.-Fusión y llenado de moldes.....	9
5.2.3.-Limpieza, terminación e inspección final.....	10
<b>5.3.-Principales Equipos para Fusión.....</b>	<b>10</b>
5.3.1.-Hornos De Cubilote:.....	10
5.3.2.-Hornos de inducción magnética.....	11
5.3.3.-Hornos de arco eléctrico.....	11
5.3.4.-Hornos de crisol o reverbero.....	11
<b>5.4.-Productos de fundiciones ferrosas.....</b>	<b>12</b>
5.4.1.-Fundición Gris.....	12
5.4.2.-Fundición Nodular.....	12

5.4.3.-Aspectos ambientales por etapas.....	13
5.4.4.-Contaminantes generados según proceso.....	13
<b>5.5.-Captación de emisiones fugitivas (sistemas colectores).....</b>	<b>14</b>
5.5.1.-Control durante proceso de carga del horno.....	15
5.5.2.-Control durante el proceso de fundición.....	15
5.5.3.-Selección de equipos de tratamiento de partículas suspendidas totales (PST). .....	15
<b>5.6.-Tecnologías y equipos para tratamiento de Material Particulado.....</b>	<b>16</b>
5.6.1.-Ciclones y separadores inerciales.....	16
5.6.2.-Removedores húmedos.....	17
5.6.3.-Precipitadotes electrostáticos.....	17
5.6.4.-Filtros de mangas.....	18
5.6.5.-Ventajas y desventajas de tecnologías y equipos.....	20
<b>5.7.-Prevención de la contaminación y optimización de procesos.....</b>	<b>21</b>
<b>5.8.-Control de procesos, eficiencia y prevención de la contaminación.....</b>	<b>21</b>
5.8.1.-Productos químicos peligrosos y tóxicos.....	22
<b>5.9.-Efectos sobre la salud.....</b>	<b>22</b>
5.9.1.-Inhalación y retención por partículas.....	23
5.9.2.-Enfermedad respiratoria crónica.....	23
<b>VI.-Materiales y método.....</b>	<b>26</b>

6.1.-Equipo de monitoreo.....	28
6.2.-Calibración del equipo.....	28
6.3.-Método.....	28
<b>6.4.-Calculo para la determinación de partículas sólidas totales.....</b>	<b>30</b>
<b>VII.-Resultados .....</b>	<b>34</b>
7.1.-Comparación de resultados contra la norma.....	35
7.2.-Interpretación de resultados.....	35
<b>VIII.-Conclusiones.....</b>	<b>36</b>
<b>IX.-Recomendaciones .....</b>	<b>37</b>
<b>X.-Resumen.....</b>	<b>38</b>
<b>XI.-Bibliografía.....</b>	<b>30</b>

## I.-Introducción.

Se define el proceso de fundición de metales como el proceso mediante el cual, la materia prima es llevada desde un estado sólido a un estado líquido, por medio del aporte de calor proporcionado por energía eléctrica o combustibles fósiles. A veces son añadidos elementos aleantes que cambian la composición química del metal, dándole de esa manera nuevas propiedades mecánicas. El metal líquido es vertido ("colado") en moldes. Una vez enfriado el metal, la pieza fundida es extraída del molde y limpiada. El molde es reutilizado, reciclado o destinado a botadores, dependiendo de si se trata de molde permanente o no permanente (Hauschnik, 1996).

La fundición gris tiene una composición que varía entre 93 y 93,3% de hierro, 2,5 y 4% de carbono y 1 a 3% de silicio. Las reacciones químicas internas derivan en la formación de hojuelas de grafito (carbono) distribuidas a todo lo largo del producto fundido en la solidificación. Esta estructura es la causa de que la superficie del metal tenga un color gris cuando se fractura., de aquí el nombre de fundición gris. La distribución de las hojuelas de grafito representa dos propiedades atractivas: buena amortiguación a la vibración, que es una característica deseable en motores y otras máquinas y cualidades de lubricación internas, que hacen maquinable la fundición (Groover, 1999).

Las hojuelas de grafito concentran esfuerzos, causando baja resistencia y ductilidad, pero la fundición gris tiene varias propiedades atractivas: alta resistencia a la compresión, buena maquinabilidad, adecuada resistencia al desgaste por fricción y a la fatiga térmica, buena conductividad térmica y amortiguamiento contra la vibración (Askeland, 1998).

La velocidad de solidificación es un factor importante que determina la medida en que se forma el grafito. Velocidades moderadas y bajas de enfriamiento favorecen la formación de grafito. La velocidad de solidificación también afecta al tipo de matriz formada en el hierro fundido gris. Velocidades moderadas de enfriamiento favorecen la formación de una matriz perlítica, mientras que bajas velocidades de enfriamiento favorecen una matriz ferrítica (Smith, 1998).

Muchas industrias de fundición en nuestro medio elaboran sus productos a partir de fundición gris partiendo de materias primas obtenidas a partir de residuos industriales como la chatarra. Debido a que no existen procesos de selección de estos residuos, la materia prima puede tener diferentes características que son trasladadas al producto. Este trabajo fue enfocado a caracterizar las emisiones furtivas de contaminantes a la atmósfera, específicamente al contaminante denominado partículas suspendidas totales (PST) de fundición gris de una de las industrias de la región que utiliza como materia prima la chatarra (Groover, 1999).

La generación de emisiones a la atmósfera está directamente relacionada con el tipo de material usado con el hierro fundido, así como de la tecnología empleada. Las emisiones de las operaciones de fundición en arena son inherentemente mayores que los de operaciones con moldes permanentes o matrices. Por estas razones es la importancia de establecer legislación que efectivamente controlen las emisiones industriales contaminantes del ambiente. (Greenberg ,1990).

En la industria de fundición, los procesos más contaminantes son los de fusión del metal o de las aleaciones; de allí que sea importante hacer el mayor énfasis en mantener un estricto control del proceso. Los demás procesos de la fundición donde no hay fusión de metales generan

contaminación por partículas. El tamaño de las empresas dedicadas a la fundición de metales va desde pequeños talleres hasta grandes plantas manufactureras que producen miles de toneladas de piezas fundidas cada día. La generación de emisiones está directamente relacionada con el tipo de material usado (hierro fundido, acero, bronce o aluminio) y depende del tipo de moldes y machos usados, así como de la tecnología empleada. (Hauschnik, 1996).

## **II.-Justificación.**

En la actualidad, el avance tecnológico y la incorporación de múltiples productos químicos en los procesos de trabajo, han dado lugar a que la ingeniería ambiental adquiera cada vez mayor importancia, fundamentalmente, en la preservación de la población y al entorno de la empresa, pero también en la búsqueda de que las industrias sean cada vez más productivas.

## **III.-Objetivo.**

Efectuar un monitoreo perimetral para la valoración de partículas suspendidas totales emitidas a la atmósfera por el proceso de fundición de hierro gris.

## **IV.-Hipótesis.**

Existen partículas suspendidas generadas en los procesos de la fundición de hierro gris que contaminan el medio ambiente.

## V.-Revisión de literatura.

### 5.1.-Partículas.

El término "partículas", incluye tanto las partículas sólidas como las gotas en estado líquido que se pueden encontrar en la atmósfera. Muchas fuentes humanas y naturales emiten partículas directamente o emiten otros contaminantes que reaccionan en la atmósfera y forman partículas. Estas partículas sólidas y líquidas se pueden encontrar en una gran variedad de tamaños (Goodger .1987).

Las partículas de tamaños con diámetros menores a 10 micrómetros tienden a ser las que causan un mayor daño a la salud humana ya que pueden ser inhaladas y acumuladas en nuestro sistema respiratorio. Las partículas con diámetros inferiores a 2.5 micrómetros se conocen como partículas "finas". Las fuentes de partículas finas incluyen todo tipo de procesos de combustión como vehículos a motor, plantas de producción de energía, quemado de madera, y algunos procesos industriales. Las partículas con diámetros entre 2.5 y 10 micrómetros se conocen como "gruesas". Las fuentes de partículas "gruesas" incluyen procesos de cribado y prensado así como polvo procedente de carreteras pavimentadas o no pavimentadas. Además, de reducir la visibilidad y la cubierta del suelo, la inhalación de estas partículas microscópicas, que se alojan en el tejido pulmonar, es causante de diversas enfermedades respiratorias. Las partículas en suspensión también son las principales causantes de la neblina, la cual reduce la visibilidad (Greenberg 1990).

### **5.1.1.-Partículas de la atmósfera:**

Son las que provienen de diversos orígenes, entre los cuales podemos mencionar la combustión de diesel en camiones y autobuses, los combustibles fósiles, la mezcla y aplicación de fertilizantes y agroquímicos, la construcción de caminos, la fabricación de acero, la actividad minera, la quema de rastrojos y malezas y las chimeneas de hogar y estufas a leña ( Lahmeyer, 1996).

### **5.1.2.-Partículas Sólidas:**

Normalmente son de tamaños mayores a 44  $\mu\text{m}$  y corresponden a partículas de arena quemada adheridas a chatarra propia refundida, finos de piedra caliza, y suciedad adherida a la superficie de la chatarra comprada. Cae rápidamente sobre la planta de fundición y en las áreas vecinas a la chimenea del cubilote (Ribeiro dacosta, 1995).

### **5.1.3.-Partículas Finas:**

Material finamente dividido, proveniente de las mismas fuentes de la fracción gruesa. Este contaminante se mantiene en suspensión durante mayor tiempo y de manera gradual se va precipitando en grandes regiones de la comunidad vecina (Goodger, 1987).

### **5.1.4-Óxidos Metálicos:**

Que son partículas submicroscópicas formadas por oxidación de la carga al horno de cubilote. Producen los penachos rojizos típicos de los procesos metalúrgicos ferrosos. Estas partículas permanecen es suspensión durante largos períodos de tiempo antes de precipitar, a menos que haya

corrientes locales o condiciones inversas de temperatura que conduzcan a que el humo alcance el nivel del suelo (Lahmeyer, 1996).

## **5.2.-Proceso productivo.**

El proceso de fundición se inicia con la carga al horno de las materias primas (chatarras ferrosas o no ferrosas y los materiales aleantes), donde luego se calientan hasta su punto de fundición, en un horno de fundición especial. Una vez logrado el material requerido en su forma líquida, se procede a separar la escoria del metal e introducirlo dentro del molde, este proceso es conocido como “colada” o llenado de moldes. Enfriado el producto, se procede a eliminar aquellas partes que son sólo de apoyo y no forman parte de la pieza en sí (canales de alimentación, montantes, rebabas, jitio) y a destruir el molde ([www.arqhys.com/el-hierro.html](http://www.arqhys.com/el-hierro.html))

### **5.2.1.-Fabricación de moldes y almas.**

Los moldes se producen a partir de patrones (modelos), que tienen la forma del producto terminado, del cual se saca una impresión negativa en cajas llenas de arena con aglomerantes. Las almas llenan los espacios necesarios para obtener orificios al interior del producto final. Una vez cerrado el molde, se endurece por el suministro de calor o por catalizadores, que hacen reaccionar la arcilla de la mezcla. Los moldes pueden ser permanentes (metálicos) o no permanentes, es decir compuestos de material refractario (arenas), aglomerantes y otros aditivos. Para la construcción de almas, se utilizan los mismos materiales, pero con una menor cantidad de aglomerante, ya que las almas deben ser duras y colapsables. Por lo general, se utilizan arenas nuevas en la construcción de las almas y luego se reciclan en la confección del molde exterior. Una vez saturadas las arenas, estas son desechadas ([www.ciateq.mx/index/ddpfm](http://www.ciateq.mx/index/ddpfm)).

### **5.2.2.-Fusión y llenado de moldes.**

Los procesos de fundición se inician con la fusión del metal y sus compuestos aleantes (opcional) para ser vertidos en los moldes. Cada equipo (horno) tiene un proceso específico de fusión, ya que cada fundición utiliza distintos metales y aleaciones (que poseen distintas temperaturas de fusión). En el caso de fundiciones no ferrosas, las materias tienen temperaturas de entre 500°C y 1000 °C, por lo que la potencia específica requerida no es muy elevada, pudiendo lograrse con diversos métodos, tales como quemadores a petróleo, resistencia eléctrica, inducción eléctrica, etc. En el caso de fundiciones ferrosas, la temperatura de fusión se eleva considerablemente (1600 °C), por lo que se requiere de altas potencias específicas para lograr fusionar los materiales ([www.todoar.com.ar/rubros/fundición-de-hierro-gris.html](http://www.todoar.com.ar/rubros/fundición-de-hierro-gris.html)).

Actualmente, las fundiciones ferrosas ocupan hornos de inducción, de arco eléctrico y cubilotes. En fundiciones no ferrosas, principalmente se utilizan hornos de crisol, a petróleo, parafina o resistencias eléctricas ([www.ciateq.mx/index/ddpfm](http://www.ciateq.mx/index/ddpfm)).

### **5.2.3.-Limpieza, terminación e inspección final.**

Una vez que el metal líquido ha solidificado en el molde, se procede al desmoldeo, destruyendo el molde mediante vibraciones y sacudidas, que permiten la separación de la pieza fundida del molde, almas y arena de moldeo. Generalmente se requiere de un proceso más sofisticado para eliminar por completo la arena de la pieza. El método más utilizado es el granallado que consiste en el lanzamiento de partículas abrasivas a alta velocidad sobre la pieza fundida para retirar las impurezas (arenas, etc.) presentes en la superficie. Separada la mayor parte de la arena, se procede

a cortar las partes de metal que no pertenecen a la pieza (canales de alimentación, montantes, etc.). Una vez limpia la pieza, se procede a la terminación de la pieza, ya sea por acabado superficial o por tratamiento térmico adicional, para luego pasar por la inspección final de calidad ([www.uo.edu.cu/centros/cepca/ccortos-fim.html](http://www.uo.edu.cu/centros/cepca/ccortos-fim.html))

### **5.3.-Principales Equipos para Fusión.**

Los equipos empleados para la fusión de la chatarra en las industrias fundidoras, se dividen en cuatro tipos, los cuales tienen las siguientes características.

#### **5.3.1.-Hornos De Cubilote:**

Utilizan el principio de combustión entre las materias primas para lograr la fusión. Son utilizados comúnmente para las fundiciones grises y trabajan a temperaturas de hasta 1.200 °C. Se cargan con metal (chatarra), coque y fundente.

#### **5.3.2.-Hornos de inducción magnética:**

Funcionan en base a un campo magnético, producido por la circulación de corriente alterna por las bobinas que envuelven el manto del horno. Este campo magnético cambiante produce que el metal se caliente y se funda.

### **5.3.3.-Hornos de arco eléctrico:**

El principio de funcionamiento de estos equipos, consiste en un arco eléctrico que se genera entre electrodos, encontrándose en el medio el material a fundir. Este tipo de hornos, genera una elevada temperatura, por lo que es muy utilizado en fundiciones ferrosas y de aceros.

### **5.3.4.-Hornos de crisol o reverbero:**

Consisten en una cuchara de material refractario (crisol), donde es depositado el metal de bajo punto de fusión (no ferrosos) y se coloca en una caja refractaria cerrada. Luego, un quemador o un grupo de resistencias eléctricas se encarga de elevar la temperatura hasta el punto de fusión. etc. (Nevers, 1995)

## **5.4.-Productos de fundiciones ferrosas.**

### **5.4.1.-Fundición Gris:**

Tiene un alto contenido de carbón (>1.9% de carbón), que permite buena fluidez y moldeabilidad a las piezas obtenidas. Ejemplos de usos son elementos para agua potable (grifos, tapas de alcantarillas, etc.).

### **5.4.2.-Fundición Nodular:**

Este material, llamado también fundición dúctil, cuenta con la adición de magnesio al hierro fundido. Ejemplo de usos son engranajes, cigüeñales, cuerpos de bombas, etc. (Damiano, 1989).



#### 5.4.4.- Contaminantes generados según proceso (Norwood, 1991)

PROCESO	CONTAMINANTE
Tratamiento de materia prima	<ul style="list-style-type: none"><li>• Material Particulado</li><li>• Material Particulado</li><li>• Compuestos orgánicos volátiles</li><li>• Residuos líquidos</li></ul>
Carga del horno	<ul style="list-style-type: none"><li>• Material particulado</li><li>• Compuestos orgánicos volátiles</li></ul>
Fundición y fusión	<ul style="list-style-type: none"><li>• Material Particulado</li><li>• Óxidos de azufre</li><li>• Óxidos de nitrógeno</li><li>• Monóxido de carbono</li><li>• Escoria</li><li>• Plomo y humos inorgánicos</li></ul>
colada	<ul style="list-style-type: none"><li>• Material Particulado</li><li>• Monóxido de carbono</li></ul>
Transporte de material	<ul style="list-style-type: none"><li>• Material Particulado</li><li>• Monóxido de carbono</li></ul>
Llenado de moldes (colada)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Material Particulado</li><li>• Compuestos orgánicos volátiles</li></ul>
Enfriamiento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Material Particulado</li><li>• Compuestos orgánicos volátiles</li></ul>
Desmoldeo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Material particulado</li><li>• Arenas de descarte</li></ul>
Limpieza de productos fundidos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Material particulado</li></ul>

#### 5.5.-Captación de Emisiones Furtivas (sistemas colectores).

Con la finalidad de ayudar a la disminución de las emisiones furtivas de contaminantes a la atmósfera, se pueden observar los siguientes sistemas y equipos de control.

### 5.5.1.-Control durante proceso de carga del horno.

- Limpieza de la chatarra (eliminar pinturas y grasas en seco).
- Apertura del horno, por cortos períodos de tiempo.

### 5.5.2.-Control durante el proceso de fundición.

- Captación de humos (correcta dimensión de sistema colector).
- Precalentamiento de la chatarra.
- Sistemas de recirculación de aire (hornos con proceso de combustión).
- Sistemas recuperadores de calor. (Langer, 2000).

### 5.5.3.-Selección de equipos de tratamiento de partículas suspendidas totales (PST). (Mackenzie, 2004).

Tipo	Tamaño de partículas [μm]	Caída de Presión [H2O]	Eficiencia Esperada [%]	Temp. Máx. [°C]
Ciclón	> 10	1-3	80 (bajo 20 μm)	500
Lavador Venturi	> 0,3-1	15-30	90-99 (bajo 5 μm)	250+
Filtros de Mangas	> 0,5-1	1-10	95-99 (bajo 5 μm)	200-250
Precipitador Electrostático	> 0,01	0,25-0,5	80-99,99 (bajo 5 mm)	500

Los problemas más comunes provenientes de empresas de fundición, referente a salud ocupacional están relacionados con la inhalación de gases y polvos, los cuales afectan las vías respiratorias de los trabajadores. Otro aspecto a considerar es la exposición al calor de los trabajadores en las cercanías del horno (Damiano, 1989).

## **5.6.-Tecnologías y equipos para tratamiento de Material Particulado**

Los equipos empleados para el tratamiento de material Particulado normalmente son:

### **5.6.1.-Ciclones y separadores inerciales.**

Los equipos empleados para el tratamiento de Material Particulado normalmente son:

Separadores inerciales; son ampliamente utilizados para recoger partículas gruesas y de tamaño mediano. Su construcción es simple y la ausencia de partes móviles implica que su costo y mantenimiento son más bajos que otros equipos. El principio general de los separadores inerciales, es el cambio de dirección al cual el flujo de gases es forzado. Como los gases cambian de dirección, la inercia de las partículas causa que sigan en la dirección original, separándose del flujo de gases. En la práctica, suele ser bastante más interesante utilizar un arreglo de varios ciclones de diámetro reducido. Este tipo de equipos reciben el nombre de "multiciclón" y puede recuperar con buena eficiencia partículas relativamente pequeñas (4mm y mayores). Estos equipos pueden utilizarse como preseparatorotes de otros

equipos captadores para mejorar el funcionamiento de estos últimos, o bien en el caso de fundiciones se pueden utilizar como medio de control de las emisiones de las plantas de arenas (Damiano, 1989)

### **5.6.2.-Removedores húmedos.**

Generalmente se utilizan para captar partículas inferiores a  $5\ \mu\text{m}$  (las duchas captan sólo partículas gruesas). Son aptos para trabajar con gases y partículas explosivas o combustibles y/o de alta temperatura y humedad. Para alta eficiencia con partículas pequeñas se requiere alta energía, lo que implica altas caídas de presión. En forma parcial son capaces de remover gases, por lo que puede existir un problema de corrosión, y necesitar materiales especiales. En el caso de las fundiciones, son poco utilizados porque al captar las partículas genera un problema de residuos líquidos, que eventualmente puede llegar a ser peligroso (Gregg, 1996).

### **5.6.3.-Precipitadores electrostáticos.**

Un precipitador electrostático es un equipo de control de material Particulado, que utiliza fuerzas eléctricas para mover las partículas fuera del flujo de gases y llevarlas a un colector. Los precipitadores electrostáticos tienen eficiencias de 99,9% en remoción de partículas del orden de 1 a 10  $[\mu\text{m}]$ . Sin embargo, para partículas de gran tamaño (20 - 30  $[\mu\text{m}]$ ) la eficiencia baja, por lo que se requiere de preferencia tener un equipo de pretratamiento, tal como un ciclón o multicyclón. En general, los precipitadores electrostáticos son utilizados para tratar altos caudales de gases, con altas concentraciones de material Particulado, ya que el costo de mantenimiento es elevado y sólo con un alto nivel de funcionamiento supera a otras alternativas más económicas e igual de eficientes (lavadores húmedos).

En el caso de fundiciones, no se justifica debido a la característica de proceso "batch" en que funcionan (Langer, 2000)

#### **5.6.4.-Filtros de mangas.**

Son los sistemas de mayor uso actualmente en la mediana y grande industria, debido principalmente a la eficiencia de recolección, y a la simplicidad de funcionamiento. Las partículas de polvo forman una capa porosa en la superficie de la tela, siendo éste el principal medio filtrante. La selección o verificación de un filtro de mangas, en cuanto a la superficie del medio filtrante, se basa en la "velocidad de filtración". Esta velocidad, también es conocida como "razón aire-tela (a/c)". Una consideración especial debe observarse con respecto al punto de rocío del flujo de gases, el cual se ve influenciado por la presencia de  $SO_3$  en el flujo, ya que se produce la condensación en las mangas y éstas se tapan no permitiendo el filtrado. Además esta condición de condensación produce corrosión en los metales y más aún si hay presencia de  $SO_3$  el cual con presencia de humedad se transforma en  $H_2SO_4$  (ácido sulfúrico), por lo que también perjudicará por ataque ácido a la mayor parte de los materiales usados en las mangas. (Mackenzie, 2004)

### 5.6.5.-Ventajas y desventajas de tecnologías y equipos (Langer, 2000).

<b>Sistema colector</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Ciclones y multiciclones	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Bajo costo de construcción.</li> <li>· Pocos problemas de mantención.</li> <li>· Bajas caídas de presión.</li> <li>· Limitaciones de temperatura y presión impuestas Por el material.</li> <li>· Captación y disposición seca.</li> <li>· Bajo requerimiento de espacio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Baja eficiencia de colección con Partículas inferiores a 10 mm.</li> <li>· Incapacidad de manejar materiales Pegajosos.</li> </ul>
Scrubbers húmedos	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Bajo requerimiento de espacio.</li> <li>· Capacidad para captar gases y partículas.</li> <li>· Bajo costo de capital.</li> <li>· Capacidad de manejar flujos de altas temperatura y Humedad.</li> <li>· Capacidad de captar partículas finas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Crea problemas de RILES.</li> <li>· Producto se capta húmedo.</li> <li>· Problemas de corrosión.</li> <li>· Altos requerimientos de potencias.</li> <li>· Alto costo de mantención.</li> </ul>
Precipitadores electrostáticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Altas eficiencias de captación de partículas.</li> <li>· Captación y disposición seca.</li> <li>· Bajas caídas de presión</li> <li>· Diseñados para funcionamiento continuo.</li> <li>· Bajos costos de operación.</li> <li>· Capacidad de operar a altas temperaturas.</li> <li>· Grandes caudales de gases a tratar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Alta inversión.</li> <li>· Sensible a cambios en el flujo a tratar (Caudal, temperatura, cargas, Concentraciones, etc.)</li> <li>· Gran requerimientos de espacio.</li> <li>· Peligro de explosiones con flujos Combustibles.</li> <li>· Producción de ozono en electrodo Negativo.</li> <li>· Alto costo de mantención.</li> </ul>
Filtros de Mangas	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Alta eficiencia de captación de partículas finas.</li> <li>· Operación simple.</li> <li>· Insensible a cambios en el condiciones del flujo de Gases.</li> <li>· Problemas de corrosión.</li> <li>· No hay peligros de explosión con flujos Combustibles.</li> <li>· Son compactos y fáciles de instalar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Sensibles a temperaturas del flujo.</li> <li>· Requerimiento medio de energía (Caída de presión).</li> <li>· Vida de las mangas decrece con la Temperatura de trabajo.</li> <li>· Altos requerimientos de Mantención.</li> </ul>

Los problemas más comunes provenientes de empresas de fundición, referente a salud están relacionados con la inhalación de gases y polvos, los cuales afectan las vías respiratorias. (EPA, 1998).

### **5.7.-Prevención de la contaminación y optimización de procesos.**

La prevención de la contaminación, produciendo de manera más eficiente y limpia mediante cambios o mejoras a los procesos involucrados, sin nuevos sistemas de captación de emisiones, es hoy la mejor manera de evitar la contaminación que producen las fábricas. Sobre el análisis de las distintas posibilidades de gestión de emisiones. ([www.monografias.com/trabajos10/restat/restat.shtml](http://www.monografias.com/trabajos10/restat/restat.shtml))

### **5.8.-Control de procesos, eficiencia y prevención de la contaminación.**

Las fundiciones ferrosas presentan procesos básicos en los cuales centrar el estudio de control de procesos:

- Tratamiento de materia primas.
- Preparación de moldes y almas.
- Preparación de la carga del horno.
- Fundición y fusión dentro del horno.
- Colada y enfriamiento.

#### **5.8.1.-Productos químicos peligrosos y tóxicos.**

- Resinas (producción de moldes de arena y almas).
- Aglomerantes químicos (producción de moldes de arena y almas).
- Catalizadores (producción de moldes de arena y almas).
- Combustibles (sólidos, líquidos, o gaseosos), (Gregg, 1996.).

## **5.9.-Efectos sobre la salud.**

Las partículas en forma de polvo, humo y aerosoles pueden tener un efecto en la salud a corto y largo plazos. Estos efectos van desde irritación de ojos y garganta a la reducción de la resistencia a infecciones y pueden dar origen a enfermedades respiratorias crónicas. Por ejemplo, las partículas de polvo transportadas por el viento pueden contener sustancias tóxicas como PCBs y pesticidas. Estas partículas también pueden dañar a la vegetación y a los edificios y reducir la visibilidad. Las fuentes más importantes de partículas incluyen fábricas de acero, plantas de generación de energía, cementeras, fundidoras, desmotadoras de algodón, obras de construcción y demolición, hornos y chimeneas que utilizan madera como combustible, áreas sujetas a erosión y motores diesel (EPA, 1992).

### **5.9.1.-Inhalación y retención por partículas.**

El grado de la penetración de las partículas en el tracto respiratorio inferior depende principalmente de su tamaño y del ritmo respiratorio. Las partículas mayores a 5 a 10  $\mu$ m las eliminan de los vellos de la nariz. También estornudar ayuda al proceso de la eliminación. Las partículas en el intervalo de tamaños de 1 a 2  $\mu$ m llegan hasta los alvéolos por que son lo suficientemente pequeñas como para pasar por la infiltración y la disposición en el tracto respiratorio superior. Sin embargo, son lo bastante grandes como para que su velocidad Terminal de asentamiento les permita depositarse donde pueden hacer el máximo daño. Las partículas menores de 0.5  $\mu$ m de diámetro se pueden difundir hasta la pared celular del alveolo, pero no tiene la velocidad Terminal de asentamiento para eliminarlas con eficiencia. Las partículas menores se difunden hasta las paredes alvéolos (EPA, 1998).

## 5.9.2.-Enfermedad respiratoria crónica.

Algunas enfermedades crónicas del sistema respiratorio se agravan, la cual quizá sea la causa de la contaminación del aire. La resistencia de las vías respiratorias consiste en el agotamiento de los pasos del aire por la presencia de las sustancias irritantes. El resultado es que dificulta la respiración. El asma bronquial, una forma de resistencia al paso del aire, se debe a una alergia. Un ataque de asma lo provoca el angostamiento de los bronquiolos, que a su vez se debe a un hinchamiento de la membrana mucosa y a un engrosamiento de las secreciones. Los bronquiolos regresan a la movilidad después del ataque ([www.ciateq.mx/index/ddpfm](http://www.ciateq.mx/index/ddpfm)).

En la actualidad, se dice que una persona produce bronquitis crónica cuando el exceso de moco en los bronquiolos, le causa tos durante 3 meses al año en dos años consecutivos. No debe haber infecciones pulmonares, tumores ni enfermedad cardíaca. El enfisema pulmonar se caracteriza porque fallan los alvéolos. Los pequeños conjuntos, semejantes a racimos de uva, se vuelven una estructura grande, sin elasticidad, parecida a un balón. El área superficial para el intercambio de gas se reduce en forma radical. El cáncer bronquial (cáncer pulmonar) se caracteriza porque presenta crecimiento desordenado y anormal de las células nuevas, las cuales se originan en la membrana mucosa bronquial. El crecimiento cierra los bronquios y suele ser fatal ([www.arqhys.com/el-hierro.html](http://www.arqhys.com/el-hierro.html)).

Es importante mencionar que dentro de las partículas sólidas las que tienen un diámetro mayor de 10 micras se depositan principalmente en el tracto oral-nasal, en donde se filtran, evitando así su paso hacia el tracto respiratorio, las de mayor impacto sobre la salud son aquellas cuyo diámetro es menor a 10 micras (PM 10) ya que no se filtran y pasan hasta lo más profundo del aparato respiratorio, alojándose en las regiones traqueo

bronquiales y alveolares de los pulmones; son peligrosas pues cuando se respiran por un tiempo prolongado altas concentraciones de ellas, al ser tan pequeñas ya no salen del organismo. Las vamos acumulando en nuestro cuerpo poco a poco, por lo que se presentan o agravan afecciones respiratorias y cardiovasculares, debilitan el sistema inmune, daños en el tejido pulmonar y en ocasiones pueden provocar cáncer o muerte prematura. (Tatai, 1994).

Las personas a las que afecta en forma más sensible y directa son:

- Ancianos.
- Asmáticos.
- Personas con enfermedades pulmonares

Por esta razón se han realizado monitoreos atmosféricos utilizando equipos manuales de alto volumen de Partículas Suspendidas Totales (PST), ([www.arqhys.com/el-hierro.html](http://www.arqhys.com/el-hierro.html)).

## **VI.-Materiales y método**

la empresa Fundición Auxiliar Metalúrgica S.A. de C.V., con el objeto de evaluar la calidad del aire y dar cumplimiento al Artículo 17, Fracción V del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico en Materia de Prevención y Control de la contaminación a la Atmósfera, decide realizar el presente estudio para la cuantificación del material Particulado emitido al Ambiente, como resultado de las actividades desarrolladas en dicha empresa para realizar las evaluaciones se utilizaron los métodos y equipos que establecen las siguientes normas oficiales mexicanas:

NOM-035-SEMARNAT-1993. Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición.

NOM-024-SSA1-1993. Salud Ambiental, que establece criterios para evaluar la calidad del aire, partículas suspendidas totales (PST). Valor permisible para concentración de partículas suspendidas totales en el Ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

### **Datos Generales De La Empresa**

Razón social: Fundición Auxiliar Metalúrgica, S.A. de CV

Giro de la empresa: fundición y moldeo de piezas de hierro y acero.

Dirección: lerdo de tejada y guanaceví s/n, parque industrial lagunero.

Cuidad: Gómez Palacio, Dgo.

Fechas de muestreo: 12, 13, 14,17 y 18 de julio del 2006

## Ubicación De Las Estaciones De Monitoreo

La selección de las estaciones de monitoreo para evaluar las concentraciones de las Partículas Suspendidas Totales, se realiza en base a la ubicación de las principales fuentes generadoras de polvos dentro de las instalaciones, su posición con respecto a los límites y colindancias del predio, así como la dirección de los vientos dominantes en las áreas de estudio.

Localización	Identificación	Fecha/D/M/A	Periodo De Muestreo
<b>Caseta de Vigilancia (Sur), Estación N° 1</b>	AUX/PST/2001/01	12 y 13/07/06	24Hrs.
<b>Patio de embarque (Norte), Estación N° 2</b>	AUX/PST/2001/02	14 y 15/07/06	24Hrs.
<b>Patio de Chatarra (Este), Estación N° 3</b>	AUX/PST/2001/03	14 y 15/07/06	24Hrs.
<b>Caseta de gas (Oeste), Estación N° 4</b>	AUX/PST/2001/04	17 y 18/07/06	24Hrs.

### 6.1.-Equipo de monitoreo.

Durante el muestreo se utilizó un medidor de alto volumen marca Graseby modelo 70, número de serie 4887, con medidor de flujo controlado 105, No. De serie 8185. Para la recolección de partículas se utiliza filtro de fibra de vidrio Graseby de 8" por 10" con eficiencia de recolección de 99% mínimo para partículas de 0.3 micrómetros de diámetro, los cuales son debidamente foliados para la identificación.

### 6.2.-Calibración del equipo.

El equipo es calibrado contra el elemento meriam de flujo laminar (LFE), Número 50 MW20-2, Número de serie: 701590-TI. La exactitud absoluta del elemento de flujo laminar completo es de + 0.86% de la lectura.

### 6.3.-Método.

1. Se realiza una inspección preliminar a las instalaciones de la planta, para la identificación de las áreas susceptibles a evaluar.
2. El método de referencia para determinar la concentración de PST es por medio de un muestreador de alto volumen que succiona a través de un filtro una cantidad determinada de aire ambiente durante un periodo de 24 horas.
3. Se numera el filtro a manera de identificación en las orillas opuestas, verificando que el filtro no este perforado y se mantiene en condiciones ambientales controladas para obtener un peso constante, el cual se registra en formato de campo.
4. Una vez seleccionado el punto de muestreo, se coloca el filtro en el muestreador y se activa este durante 5 minutos, a fin de lograr estandarizar la temperatura de operación del equipo.
5. Se registran los datos del muestreo (ver hoja de campo).
6. Se activa el dispositivo de tiempo para operar durante 24 horas, transcurrido este tiempo (+60 minutos de tolerancia) se apaga el equipo y procede a retirar el filtro registrándose la hora en la hoja de campo respectiva.
7. Posteriormente se mantiene el filtro en condiciones ambientales constantes para pesarlo y obtener el peso final.
8. Se procede a calcular la concentración de PST para compararlo contra el límite máximo establecido. Esta operación se repite para cada uno de los puntos seleccionados para el muestreo.

#### 6.4.-Calculo para la determinación de partículas sólidas totales.

##### Estación N° 1: Caseta De Vigilancia.

1.- calculo del volumen de aire muestreado en un periodo de 24 horas (+ 1 hora)

$$V=F*t$$

Donde:

V= volumen de aire (m<sup>3</sup>).

F= Flujo del equipo al que se tomo la muestra: 1600m<sup>3</sup>/min.

t: tiempo total del muestreo: 1440 min.

Sustituyendo:

$$V=1.600 \text{ m}^3/\text{min.} * 1440 \text{ min.}$$

$$\underline{V= 2304 \text{ m}^3}$$

2.- calculo de la concentración de partículas sólidas suspendidas

$$PST = \frac{(Gf-Gi)}{V} * 10^6$$

Donde:

V

Gi = peso inicial del filtro a condiciones estándar

Gf = peso final del filtro a condiciones estándar

10<sup>6</sup> =conversión de g a µg

$$PST = \frac{(3.3878- 2.7300)}{2304 \text{ m}^3} * 10^6$$

V= volumen del aire muestreado.

$$2304 \text{ m}^3$$

Siendo:

Gi = 2.7300gr.

Gf = 3.3878gr.

$$\underline{PST = 285.50 \text{ µg/m}^3}$$

V= 2304 m<sup>3</sup>

## Estación N° 2: Patio de Embarque.

1.- calculo del volumen de aire muestreado en un periodo de 24 horas (+ 1 hora)

$$V=F*t$$

Donde:

V= volumen de aire (m<sup>3</sup>).

F= Flujo del equipo al que se tomo la muestra: 1600m<sup>3</sup>/min.

t: tiempo total del muestreo: 1440 min.

Sustituyendo:

$$V=1.600 \text{ m}^3/\text{min.} * 1440 \text{ min.}$$

$$\underline{V= 2304 \text{ m}^3}$$

2.- calculo de la concentración de partículas sólidas suspendidas

$$\text{PST} = \frac{(Gf-Gi)}{V} * 10^6$$

Donde:

V

Gi = peso inicial del filtro a condiciones estándar

Gf = peso final del filtro a condiciones estándar

10<sup>6</sup> =conversión de g a µg

$$\text{PST} = \frac{(3.3084- 2.7100) * 10^6}{2304 \text{ m}^3}$$

V= volumen del aire muestreado.

$$2304 \text{ m}^3$$

Siendo:

Gi = 2.7100gr.

Gf = 3.3084gr.

$$\underline{\text{PST} = 259.72 \text{ µg/m}^3}$$

V= 2304 m<sup>3</sup>

### Estación N° 3: Patio de Chatarra.

1.- calculo del volumen de aire muestreado en un periodo de 24 horas (+ 1 hora)

$$V=F*t$$

Donde:

V= volumen de aire (m<sup>3</sup>).

F= Flujo del equipo al que se tomo la muestra: 1600m<sup>3</sup>/min.

t: tiempo total del muestreo: 1440 min.

Sustituyendo:

$$V=1.600 \text{ m}^3/\text{min.} * 1440 \text{ min.}$$

$$\underline{V= 2304 \text{ m}^3}$$

2.- calculo de la concentración de partículas sólidas suspendidas

$$PST = \frac{(Gf-Gi)}{V} * 10^6$$

Donde:

V

Gi = peso inicial del filtro a condiciones estándar

Gf = peso final del filtro a condiciones estándar

10<sup>6</sup> =conversión de g a µg

$$PST = \frac{(3.4009- 2.7230)}{2304} * 10^6$$

V= volumen del aire muestreado.

2304 m<sup>3</sup>

Siendo:

Gi = 2.7230gr.

Gf = 3.4009gr.

$$\underline{PST = 294.23 \text{ µg/m}^3}$$

V= 2304 m<sup>3</sup>

#### Estación N° 4: Caseta De Gas.

1.- calculo del volumen de aire muestreado en un periodo de 24 horas (+ 1 hora)

$$V=F*t$$

Donde:

V= volumen de aire (m<sup>3</sup>).

F= Flujo del equipo al que se tomo la muestra: 1600m<sup>3</sup>/min.

t: tiempo total del muestreo: 1440 min.

Sustituyendo:

$$V=1.600 \text{ m}^3/\text{min}.* 1440 \text{ min}.$$

$$\underline{V= 2304 \text{ m}^3}$$

2.- calculo de la concentración de partículas sólidas suspendidas

$$PST = \frac{(Gf-Gi)}{V} * 10^6$$

Donde:

V

GIR peso inicial del filtro a condiciones estándar

Gf = peso final del filtro a condiciones estándar

10<sup>6</sup> =conversión de g a µg

$$PST = \frac{(3.7517- 2.7200) * 10^6}{2304 \text{ m}^3}$$

V= volumen del aire muestreado.

2304 m<sup>3</sup>

Siendo:

Gi = 2.7200gr.

Gf = 3.7517gr.

$$\underline{PST = 447.78 \text{ µg/m}^3}$$

V= 2304 m<sup>3</sup>

## VII.-Resultados

Datos de campo	Muestra N° 1	Muestra N° 2	Muestra N° 3	Muestra N° 4
Fecha (s)	12 y 13/07/06	13 y 14/07/06	14 y 15/07/06	17 y 18/07/06
Localización del equipo	Este	Norte	Sur	Oeste
Temperatura inicial	33 °C	32 AC	33°C	33°C
Temperatura final	33°C	33°C	34°C	33°C
Hora de inicio	1:28 PM.	1:50 PM.	2:05 PM.	12:27
Hora de termino	1:28 PM.	1:50 PM.	2:05 PM.	12:27
Total de tiempo muestreado	1440in.	1440 min.	1440 min.	1440 min.
Identificación del filtro	AUX/PST/2006/ 01	AUX/PST/2006/ 02	AUX/PST/2006/ 03	AUX/PST/2006/ 04
Peso inicial del filtro	2.7300 gr.	2.7100 gr.	2.7230 gr.	2.7200 gr.
Peso final del filtro	3.3878 gr.	3.3084 gr.	3.4009 gr.	3.7517 gr.
Flujo inicial	1.600 m3/min.	1.600 m3/min.	1.600 m3/min.	1.600 m3/min.
Flujo final	1.600 m3/min.	1.600 m3/min.	1.600m3/min.	1.600 m3/min.
Dirección del viento	Oeste	Oeste	Oeste	Oeste
Velocidad del viento	3-4 Kph	4-6 Kph	3-4 Kph	3-4 Kph
Presión atmosférica	666.2 mm Hg.	666.2 mm Hg.	666.2 mm Hg.	666.2 mm Hg.
Temperatura promedio del día	32°C	32°C	33°C	32°C
Humedad relativa	34%	33%	34%	34%

## 7.1.-Comparación de resultados contra la norma.

Localización	Identificación	PST ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NOM-024- SSA1-1993 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Cumplimiento
Caseta de vigilancia (Sur)	AUX/PST/2001/ 01	285.5	260.00	No
Patio de Embarque (Norte),	AUX/PST/2001/ 02	259.72	260.00	Si
Patio de Chatarra (Este)	AUX/PST/2001/ 03	294.23	260.00	No
Caseta de gas (Oeste)	AUX/PST/2001/ 04	447.78	260.00	No

## 7.2.-Interpretación de resultados.

De los resultados mostrados en la tabla anterior se incluye, que el punto con localización en Área patio de embarque, se encuentra dentro de los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad, los demás puntos se encuentran fuera de la norma. En la tabla se puede observar que el punto con localización en la caseta de gas sobrepasa en 1.7 veces el valor que marca la NOM-024-SSA1-1993.

### **VIII.-Conclusiones**

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye lo siguiente:

Caseta de vigilancia (sur).- la concentración de partículas sobrepasa el límite establecido por la norma a pesar de que se encuentra a una distancia considerable del proceso de fundición de moldeo.

Patio de Embarque (norte).- en este punto apenas si se cumple el límite establecido por la norma sin embargo un cambio en la dirección del viento aumentaría fácilmente la concentración de partículas en esta región debido a la gran cantidad de emisiones que se originan en el proceso.

Patio de Chatarra (este).- el suelo es natural y esto aunado a la emisión de partículas durante el proceso de fundición y moldeo ocasiona que en este punto la concentración de partículas sobrepase el límite establecido por la norma.

Caseta de gas (oeste).- este punto excede 1.7 veces el límite permisible establecido en la normatividad; ya que se ve afectado por el paso de los vehículos de carga, además de que el piso es suelo natural, adicionalmente, los vientos dominantes en el periodo de muestreo fueron en esta dirección y debido a la nula existencia de colectores de partículas estas presentaron una mayor concentración en este punto.

## **IX.-Recomendaciones.**

1. Implementación de tecnologías y equipos para tratamiento de material Particulado con la finalidad de capturar el mayor volumen de partículas sólidas totales y evitar de esta manera, emigren al exterior de la planta.
2. Realizar muestreos perimetrales con una frecuencia trimestral para poder establecer los periodos de mayor escape de las partículas hacia el exterior de la planta.
3. Establecer con la autoridad ambiental, una zona de salvaguarda, para evitar la instalación de casas-habitación en la cercanía de la empresa, para de esta manera evitar daños a la salud de la población.

## X.-Resumen

Muchas industrias de fundición en nuestro medio elaboran sus productos a partir de fundición gris partiendo de materias primas obtenidas a partir de residuos industriales como la chatarra. Debido a que no existen procesos de selección de estos residuos, la materia prima puede tener diferentes características que son trasladadas al producto. Este trabajo fue enfocado a caracterizar las emisiones furtivas de contaminantes a la atmósfera, específicamente al contaminante denominado partículas suspendidas totales (PST) de fundición gris de una de las industrias de la región que utiliza como materia prima la chatarra

La generación de residuos está directamente relacionada con el tipo de material usado como hierro fundido, acero, bronce o aluminio, así como de la tecnología empleada. Por estas razones es la importancia de establecer legislación que efectivamente controlen las emisiones industriales contaminantes del ambiente.

La empresa Fundición Auxiliar Metalúrgica S.A. de C.V., con el objeto de evaluar la calidad del aire i dar cumplimiento al Artículo 17, Fracción V del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico en Materia de Prevención y Control de la contaminación a la Atmósfera, decide realizar el presente estudio para la cuantificación del material Particulado emitido al Ambiente, como resultado de las actividades desarrolladas en dicha empresa para realizar las evaluaciones se utilizaron los métodos y equipos que establecen las siguientes normas oficiales mexicanas:

NOM-035-SEMARNAT-1993. Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición.

NOM-024-SSA1-1993. Salud Ambiental, que establece criterios para evaluar la calidad del aire, partículas suspendidas totales (PST). Valor permisible para concentración de partículas suspendidas totales en el Ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

La prevención de la contaminación, sin nuevos sistemas de captación de emisiones, es hoy la mejor manera de evitar la contaminación que producen nuestras fábricas en la industria de fundición, los procesos más contaminantes son los de fusión del metal o de las aleaciones; de allí que sea importante hacer el mayor énfasis en mantener un estricto control del proceso. Los demás procesos de la fundición donde no hay fusión de metales generan contaminación por partículas.

**PALABRAS CLAVES:** Contaminación, industria, fundición, métodos de control

## XI.-Bibliografía

Askeland D. R, 1998. Ciencia e ingeniería de Materiales, 3ª edición, Internacional Thomson, Editores, México.

Buonicore A., W.T. Davis, 1992 Air pollution engineering manual, Newcome.

Damiano Joe, Guideline 1989. For managing the industrial hygiene sampling function, American industrial hygiene association journal, Pittsburgh. Pa 15219.

EPA, 1991. U.S. EPA, Office of Research and Development, "Control Technologies for Hazardous Air Pollutants," EPA/625/6-91/014, Washington, D.C., June.

EPA, 1992. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "Control Techniques for Volatile Organic Emissions from Stationary Sources," EPA-453/R-92-018, Research Triangle Park, NC., December.

EPA, 1998. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "Stationary Source Control Techniques Document for Fine Particulate Matter," EPA-452/R-97-001, Research Triangle Park, NC., October.

Goodger E.M 1987. Alternative fuels, McGraw hill.

Gregg H. 1996. Claycamp. Industrial health risk assessment: industrial hygiene for technology transition, American industrial hygiene association journal, U.S.A. Greenberg J. H. (en línea) Emisiones de las fundiciones de hierro - UN estudio, 1990.

Groover M.P, 1999. Fundamentos de Manufactura Moderna, 1ª edición, Prentice may, México.

Hauschnik Peter, Lahmeyer. 1996. Taller de planificación "La Gestión Ambiental en las Fundiciones". Universidad de Antioquia - propel Colombia,

<http://www.ciateq.mx/index/ddpfm> (en línea). CIATEQ Diseño y desarrollo de procesos de fundición.

<http://www.arqhys.com/el-hierro.html> (en línea). El hierro.

<http://www.todoar.com.ar/rubros/fundición-de-hierro-gris.html> (en línea). Fundición de hierro gris en Argentina.

<http://www.uo.edu.cu/centros/cepca/ccortos-fim.html> (en línea). Producción de Hierro Gris modular

<http://www.monografias.com/trabajos10/restat/restat.shtml> (en línea). Resistencia Estática

Kenneth Wark y Warner Cecil. 1995. Contaminación del aire. Limusa, México

Langner R.R., Norwood S.K., Socha G.E and H.R. Hovel, 2000. Two methods for establishing industrial hygiene priorities, American industrial hygiene association journal USA. Nevers Noel.

Norwood James, Nell C. Hawkins, Samuel K., Rode C, 1991. Strategy for occupational exposure assessment, caps. 3 y 4; American industrial hygiene association. Akron, Ohio, usa.

Mackenzie L. Davis, Susan J. Masten, 2004. Ingeniería Ambiental y Ciencias Ambientales. Mc Graw Hill, México.

Ribeiro dacosta Helena, 1995. Departamento de Ingeniería Sanitaria e Ambiental UFSC brasil.

Tatai Keith. 1994. Commentary on the aiha position statement and white paper on a generic exposure assessment standard, American industrial hygiene association. USA.

Secretaria del Medioambiente Y Recursos Naturales, 1993. Norma Oficial Mexicana-035-SEMARNAT-1993, Diario oficial de la Federación México, DF.

Secretaria de Salud Ambiental, 1993. Norma Oficial Mexicana-024-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación México, DF.

Smith W.F, 1998. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de materiales, 2ª edición, McGraw-Hill, México.