

# **MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES**

**CONTRATO MARN-BID 1209-OC-ES No.05/2005**

## **INFORME FINAL**

### **MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL GRAN SAN SALVADOR AÑO 2005**

**ANTIGUO CUSCATLÁN, 27 DE ENERO DE 2006.**

## **INDICE**

	<b>Página</b>
<b>Resumen</b>	<b>1</b>
<b>I. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>II. Antecedentes</b>	<b>3</b>
<b>III. Puntos de Muestreo</b>	<b>6</b>
<b>IV. Metodología para la Toma de Muestra</b>	<b>8</b>
<b>V. Metodología para el Análisis de los Contaminantes</b>	<b>9</b>
<b>VI. Aseguramiento de Calidad de los resultados</b>	<b>13</b>
<b>VII. Procedimientos de Análisis</b>	<b>14</b>
<b>VIII. Resultados Obtenidos</b>	<b>15</b>
<b>IX. Observaciones Ambientales Relevantes</b>	<b>26</b>
<b>X. Discusión de Resultados</b>	<b>27</b>
<b>XI. Conclusiones</b>	<b>29</b>
<b>XII. Referencias</b>	<b>30</b>

## RESUMEN

El Monitoreo de la Calidad de Aire en el Gran San Salvador año 2005, se presenta en este documento. El Laboratorio de Calidad Integral de FUSADES lo ha efectuado bajo contrato con el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN-BID **1209-OC-ES No.05/2005**). En dicho estudio se presenta la descripción de los puntos de muestreo y los métodos con los que se ha realizado este., además de una serie de datos que contribuyen a la evaluación ambiental, del área metropolitana.

Los resultados obtenidos, muestran la presencia de los contaminantes evaluados en mayor concentración, en los puntos ubicados en las cercanías del Hospital de Maternidad y Soyapango, en los que las Partículas Menores a 10 micras ( $PM_{10}$ ) y el Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ ) se encontraron superando el valor guía establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA) y la Organización Mundial para la Salud (OMS) respectivamente, en gran parte del período estudiado, encontrándose valores para  $PM_{10}$  en las cercanías del Hospital de Maternidad entre 43.09 a 133.70  $\mu g/m^3$  y en Soyapango entre 35.47 a 103.81  $\mu g/m^3$ ; para dióxido de nitrógeno los valores encontrados en estos dos puntos oscilaron entre 34.17 a 55.19  $\mu g/m^3$ , y 27.32 a 45.91  $\mu g/m^3$  respectivamente.

Las Partículas Totales en Suspensión (TPS), se encontraron en mayor concentración en el punto ubicado en Santa Elena, con valores de concentración de 33.25 a 156.71  $\mu g/m^3$ ; en la Colonia Escalón dichas partículas, oscilaron entre 44.02 a 82.28  $\mu g/m^3$ .

El ozono ( $O_3$ ), no presenta problemas de alta concentración, en los puntos DE Santa Elena y Colonia Escalón lugares donde se evaluó este contaminante.

## I. INTRODUCCIÓN

El contrato firmado en diciembre de 2003 por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES), se extendió hasta diciembre de 2005. En dicho contrato, el Laboratorio de Calidad Integral de FUSADES se compromete nuevamente a realizar para el MARN, monitoreos de Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), Ozono ( $\text{O}_3$ ), Material Particulado ( $\text{PM}_{10}$ ) y Partículas Totales en Suspensión (TPS), en 4 puntos para  $\text{NO}_2$ , y  $\text{PM}_{10}$  y 2 puntos para Ozono ( $\text{O}_3$ ) y TPS en el Gran San Salvador.

Los muestreos se realizaron entre la primera semana de marzo y la última de diciembre de 2005, en los puntos ubicados en Santa Elena, las cercanías del Hospital de Maternidad, Soyapango y Colonia Escalón, según el plan de trabajo desarrollado para el año 2005. Siendo este el informe final de dicho contrato.

Los resultados obtenidos están limitados por el métodos utilizados, ya que estos no generan resultados continuos como en el caso de analizadores automáticos que pueden ser programados para mostrar resultados en forma continua. Sin embargo, mientras no se establezca una red con la que se puedan comparar resultados este tipo de monitoreo seguirá arrojando datos valiosos para el estudio de la calidad del aire.

En este informe, se presenta una serie de antecedentes generales sobre los contaminantes de la atmósfera, así como también se enfatiza en aquellos que se monitorearon en este contrato; además se habla sobre los puntos de muestreo, las metodologías de la toma de muestras de los contaminantes evaluados, se presenta un cuadro sobre el aseguramiento de la calidad realizado en este contrato. Los resultados de los contaminantes evaluados se presentan en cuadros, además de mostrarlos en forma gráfica, la discusión de los resultados y las conclusiones destacan aquellos contaminantes encontrados en concentraciones mayores a los valores guía.

## II. ANTECEDENTES

La atmósfera es esencial para la vida por lo que sus alteraciones tienen una gran repercusión en el hombre y otros seres vivos y, en general, en todo el planeta. Es un medio extraordinariamente complejo y la situación se hace todavía más complicada y difícil de estudiar cuando se le añaden emisiones de origen antropogénico en gran cantidad, como está sucediendo en estas últimas décadas. Nuestras actividades, incluso la más normal y cotidiana, da origen a contaminación. Cuando usamos electricidad, medios de transporte, metales, plásticos o pinturas; cuando se consumen alimentos, medicinas o productos de limpieza; cuando se calienta la comida o el agua; etc. se producen, directa o indirectamente, sustancias contaminantes.

Una atmósfera contaminada puede dañar la salud de las personas y afectar a la vida de las plantas y los animales. Pero, además, los cambios que se producen en la composición química de la atmósfera pueden cambiar el clima; producir lluvia ácida o destruir el ozono, fenómenos de una gran importancia global. Se entiende la urgencia de conocer bien estos procesos y de tomar las medidas necesarias para que no se produzcan situaciones graves para la vida de la humanidad y de toda la biosfera.

La contaminación del aire procede, de los sistemas de transporte, las grandes fuentes de emisiones industriales y las pequeñas fuentes de emisiones en el campo; pero no debemos olvidar que siempre, al final, estas fuentes de contaminación dependen de la demanda de productos, energía y servicios que hacemos el conjunto de la sociedad.

Los principales contaminantes de la atmósfera son las partículas, estas pueden reducir la visibilidad, y si se encuentran asociadas a otros contaminantes aumentan el riesgo en su actuar sobre el medio ambiente. El ozono es un contaminante que puede perjudicar a los materiales orgánicos y sintéticos ya que por su naturaleza es un oxidante muy reactivo. El esmog fotoquímico con altas concentraciones de ozono puede causar lagrimeo. El dióxido de nitrógeno y los hidrocarburos son precursores del ozono y el NPA (nitrato de peroxiacetilo), que se forman por reacciones fotoquímicas en una capa poco profunda de la atmósfera en la superficie terrestre, además los óxidos de azufre ( $\text{SO}_3$ ) y nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), reaccionan con facilidad con la humedad atmosférica para formar los ácidos sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y nítrico  $\text{HNO}_3$  respectivamente. Estos permanecen disociados en la atmósfera y le imparten características a la lluvia de ácida. Estos contaminantes son los más comunes y omnipresentes en los centros urbanos. Cada contaminante afecta el cuerpo humano de forma diferente a continuación se presentan los efectos de los contaminantes mayoritarios:

## **MATERIAL PARTICULADO**

Las partículas de la atmósfera provienen de diversos orígenes, entre los cuales podemos mencionar la combustión de diesel en fuentes móviles, los combustibles fósiles, la mezcla y aplicación de fertilizantes y agroquímicos, la construcción de caminos, la fabricación de acero, la quema de rastrojos y malezas y estufas a leña.

Los efectos principales en la salud y que son causa de preocupación incluyen los efectos en la respiración y el sistema respiratorio, el agravamiento de afecciones respiratorias y cardiovasculares ya existentes, la alteración del sistema de defensa del organismo contra materiales extraños, daños al tejido pulmonar, carcinogénesis y mortalidad prematura.

## **OXIDOS DE NITROGENO**

El monóxido de nitrógeno (NO) es un gas altamente reactivo de color pardo rojizo que desempeña un papel importante en la formación de ozono en la troposfera.

El dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) es un oxidante que unido a la hemoglobina produce metahemoglobina y que en concentraciones altas causa bronquiolitis obliterante, fibrosis bronquiolar y emfisema. Cuando se da una combinación de ozono y dióxido de nitrógeno se produce estrés oxidativo en los pulmones, especialmente en las vías aéreas pequeñas y en la región centriacinar. El estrés oxidativo también puede incrementar, en forma indirecta, la formación de iones superóxidos, peróxido de hidrógeno y otros oxidantes que son producidos por fagocitosis de las células, especialmente macrófagos alveolares y leucocitos polimorfonucleares.

## **OZONO**

Entre los 19 y los 23 kilómetros por sobre la superficie terrestre, en la estratósfera, un delgado escudo de gas, la capa de ozono, rodea a la Tierra y la protege de los peligrosos rayos del sol. El ozono se produce mediante el efecto de la luz solar sobre el oxígeno y es la única sustancia en la atmósfera que puede absorber la dañina radiación ultravioleta (UV-B) proveniente del sol. Este delgado escudo hace posible la vida en la tierra.

Las pérdidas de ozono en la alta atmósfera hacen que los rayos UV-B incrementen los niveles de ozono en la superficie terrestre, sobre todo en áreas urbanas y suburbanas, alcanzando concentraciones potencialmente nocivas durante las primeras horas del día.

El ozono de baja altura puede causar problemas respiratorios y agravar el asma, así como también dañar a los árboles y a algunos cereales.

Este gas incoloro afecta a niños y adultos sanos además de las personas con problemas en el sistema respiratorio. El ozono reduce la función pulmonar, por lo común en asociación con tos, estornudos, dolor en el pecho y congestión

pulmonar. Las concentraciones altas de ozono se asocian a menudo con irritación ocular, aunque la causa de esto puede no ser el ozono mismo.

En el año 2005 los promedios anuales de Dióxido de Nitrógeno en los diferentes puntos reflejan una pequeña disminución contra los obtenidos en el año 2004, a excepción del ubicado en la colonia Escalón donde se refleja un incremento, que aun no sobrepasa el valor guía de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en contraposición del punto cercano al hospital de Maternidad donde a pesar de la ligera disminución respecto al año 2004, aun sobrepasa el límite mencionado.

En cuanto a los promedios anuales de ozono, estos son menores a los reportados en el informe correspondiente al año 2004 en los dos puntos monitoreados.

Las Partículas Totales Suspendidas, se incrementaron en Santa Elena y la Colonia Escalón, superando el valor guía en el punto de Santa Elena como en el año 2004.

El Material Particulado PM 10 incremento sus promedios anuales en los cuatro puntos monitoreados respecto al 2004, superando el valor guía de  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en las cercanías del hospital de Maternidad y en Soyapango.

### III. PUNTOS DE MUESTREO

Se continuó monitoreando en los puntos establecidos en Santa Elena, las cercanías del Hospital de Maternidad, Soyapango y Colonia Escalón, los cuales se ubican en la figura 1

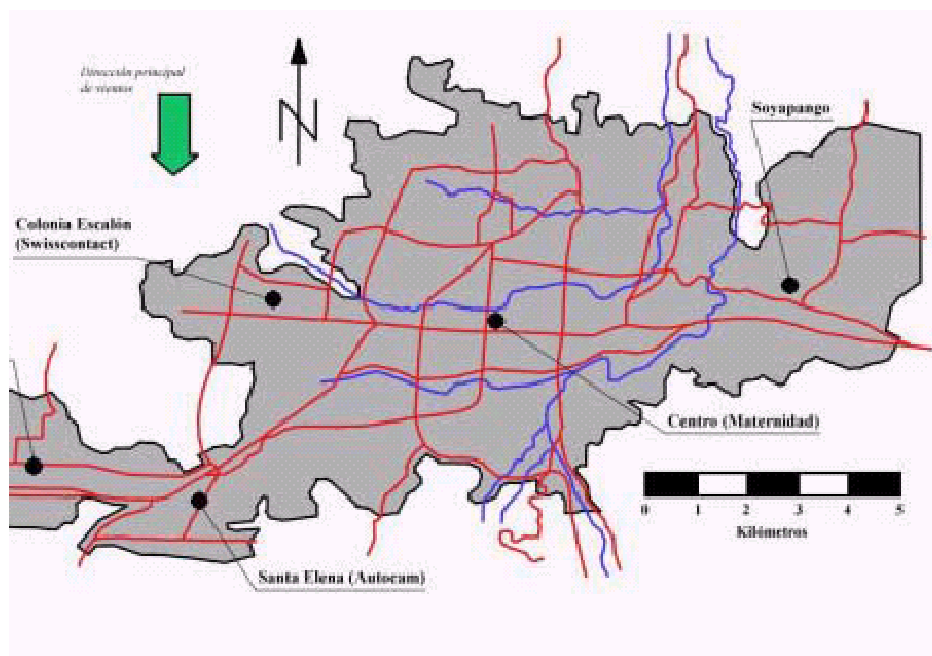


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo.

Las coordenadas de los puntos de muestreo fueron tomadas por personal del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, las que se detallan a continuación:

Sitio	COORD_N ( Latitud N)	COORD_W (Longitud W)
Santa Elena	13.6708888889	-89.2628888889
Maternidad	13.7002222222	-89.2046944444
Soyapango	13.7018888889	-89.1512222222
Colonia Escalón	13.7050000000	-89.2448055556



Entre las características climáticas y edáficas que presenta San Salvador se encuentra una temperatura media anual de 23 °C, una precipitación pluvial promedio de 146.17 mm. El promedio diario de permanencia de luz solar es de 12.18 horas; la velocidad media anual del viento es de 7.8 Km/h; con un rumbo dominante hacia el norte y una velocidad máxima absoluta de 115.9 Km/h. La presión atmosférica promedio anual es de 943.1 milibares. San Salvador tiene una altura de 650 metros sobre el nivel del mar.

### **SANTA ELENA**

Ubicado en Autocam (Grupo Q), Urbanización y Boulevard Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, a una altura de 850 msnm. En este punto se tienen árboles al centro de la vía, el espacio donde se realizan las mediciones es abierto, este punto se escogió en los inicios del monitoreo por contar con bajo flujo vehicular. En un principio este punto tenía las características de zona residencial pero en los últimos años se ha incrementado el comercio en esta zona, elevando así el flujo vehicular. Teniendo acceso únicamente dos líneas de transporte colectivo. En los alrededores de este punto existen colonias, un Hotel, talleres de reparación de vehículos.

### **CERCANÍAS DEL HOSPITAL DE MATERNIDAD**

Ubicado en Calle Arce y 25 Avenida Norte, a una altura de 690 msnm. Edificio de tres plantas, rodeado de edificios, cerca del Parque Cuscatlán. Este punto está clasificado como de mediano flujo vehicular pero de alto congestionamiento, ya que el centro de San Salvador está a pocos metros. Acceso y salida de aproximadamente 15 líneas de autobuses y microbuses. En los alrededores al sector existe gran número de comedores improvisados.

### **SOYAPANGO**

Ubicado en la Alcaldía Municipal de Soyapango, Calle Roosevelt y 1era. Ave. Sur, Soyapango, a una altura de 640 msnm. Se encuentra en un área industrial y comercial, caracterizada por tener una alta densidad poblacional. Se considera como un punto de mediano flujo vehicular, con influencia industrial.

### **COLONIA ESCALON**

Ubicado en Calle Nueva No 1 Pasaje 5 Casa No 130, Colonia Escalón, a una altura de 850 msnm, con característica de zona residencial, de bajo flujo vehicular. Este punto se considera el de comparación para el resto de puntos ya que es el de menor contaminación debido al tránsito de vehículos que transitan en esta zona.

#### IV. METODOLOGIA PARA LA TOMA DE MUESTRAS.

La selección de puntos de muestreo se realizó con base al objetivo principal del monitoreo de la calidad de aire en cuanto a fuentes móviles se refiere. Así para la selección de puntos de muestreo se contó con la colaboración de un especialista Suizo, quien dió las sugerencias de los puntos seleccionados, tomando en cuenta la topografía del lugar, las barreras naturales, los edificios de los alrededores, el flujo vehicular, las líneas de buses y microbuses que transitan por las zonas.

El muestreo de los contaminantes gaseosos: ozono y dióxido de nitrógeno se realiza por la técnica de difusión pasiva para lo cual se necesitan colectores o tubos pasivos que se colocan en pequeños contenedores hechos de PVC no transparentes con medidas preestablecidas con una fisura inferior y superior de 5 mm para la libre circulación del aire, estos se fijan en columnas o postes como se muestra en la figura 2, con el fin de minimizar la influencia de vientos fuertes, la luz y lluvia, dichos contenedores se exponen en una altura de 2 metros sobre el nivel del suelo en ubicaciones sin restricciones del libre flujo de aire. Los tubos pasivos se colocan sin el tapón inferior.

Los equipos medidores de partículas totales en suspensión y los impactadores de  $PM_{10}$  se colocan dentro de instalaciones que permitan la seguridad de estos, además por requerir de instalaciones eléctricas para su funcionamiento por lo que se trasladan lo más cerca posible a calles o carreteras pero dentro de instalaciones privadas.



Figura 2. Contenedor para tubos pasivos de ozono y dióxido de nitrógeno utilizados en monitoreo de la calidad de aire.

## V. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LOS CONTAMINANTES

### Contaminantes Particulados

#### Partículas Totales en Suspensión

El equipo utilizado para la determinación de las partículas totales en suspensión es el medidor de alto volumen o “High Vol” (figura 3). Los filtros de fibra de vidrio colocados en él, retienen partículas con diámetros hasta aproximadamente 100  $\mu\text{m}$ , el tiempo de muestreo es de 24 horas. Dicho tiempo garantiza valores representativos, ya que la posibilidad de que los filtros se tapen es mínima en 24 horas y los resultados se pueden comparar con los valores guía diarios estipulados en normas de calidad de aire.



Figura 3. Medidor de Alto Volumen utilizado en la medición de partículas totales en suspensión.

#### Partículas menores a 10 micras ( $\text{PM}_{10}$ )

El equipo para la determinación de las partículas menores a 10 micras se distingue del de TPS por la utilización de un impactador diseñado para la separación de las partículas  $\text{PM}_{10}$  de aquellas con un diámetro mayor a 10 micras.

A continuación se presenta en la figura 4 el diseño y funcionamiento del impactador mini vol, especialmente como se logra la separación de las partículas según su diámetro aerodinámico.

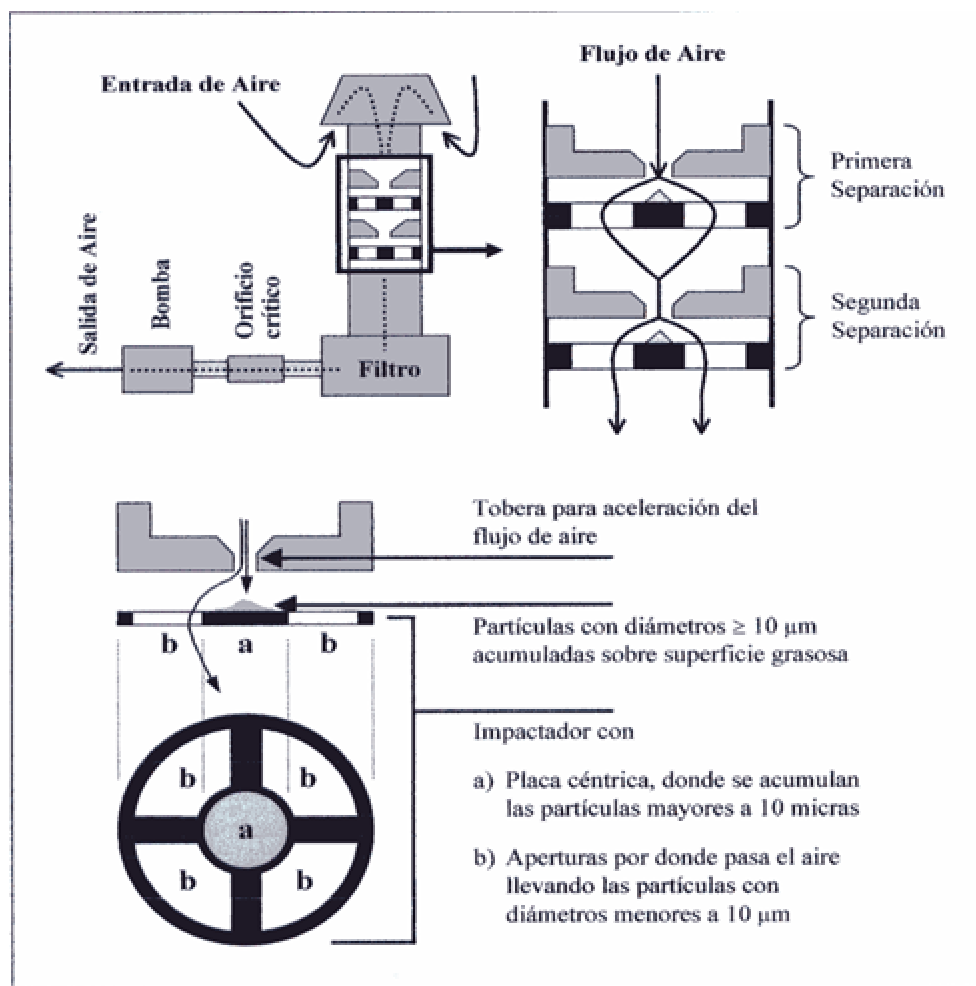


Figura 4 .Diseño y funcionamiento del impactador minivol utilizado en la determinación de  $\text{PM}_{10}$

Además de la unidad de impactación, el equipo para la determinación de  $\text{PM}_{10}$  consiste en una bomba y un orificio crítico. Dicho orificio crítico es un tubo metálico entre la manguera y la bomba lo que se puede observar en la figura 5, el cual por una restricción mecánica garantiza un flujo constante de 4 litros/minuto.

Igual que para la determinación de las TPS, el tiempo de muestreo para  $\text{PM}_{10}$  con el minivol es de 24 horas. Este lapso de tiempo garantiza valores representativos, ya que la posibilidad de que los filtros de teflón se tapen es mínima en 24 horas y los resultados se pueden comparar con los valores guía diarios estipulados en normas de calidad de aire.

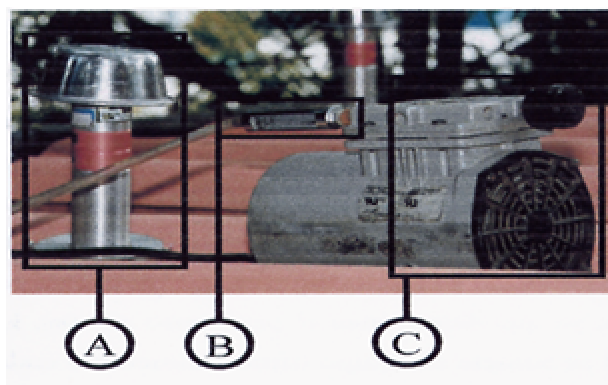


Figura 5. Equipo utilizado para la determinación de partículas menores de 10 micras  $PM_{10}$ . (A: Impactador de partículas, B: Restrictor y C: Bomba)

## Contaminantes Gaseosos

### Métodos Pasivos

Tanto el muestreador utilizado para la determinar el dióxido de nitrógeno como para el ozono estan basados en el método de Palmer, ambos son dispositivos pasivos que no requieren de energía eléctrica para su operación. Los dispositivos tienen la forma de tubos, los cuales colectan las moléculas del contaminante a investigar por difusión molecular a lo largo del tubo inerte hacia un medio absorbente, como se explica esquemáticamente en la figura 6.

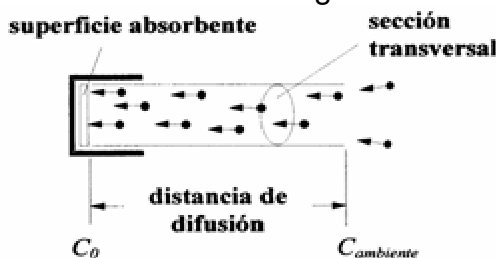


Figura 6. Esquema de la difusión molecular hacia un medio absorbente (difusión pasiva).

Para dióxido de nitrógeno se utiliza un tubo de polipropileno de 9.5 mm de diámetro interno y 7.4 cm de largo, el medio absorbente consiste en tres redecillas de acero inoxidable cargadas de trietanolamina. Luego de la exposición del tubo durante 30 días, se somete al análisis químico por determinación colorimétrica por formación de un diazo compuesto el método utilizado es Griess-Saltzman, al compuesto formado se le lee la absorbancia en un espectrofotómetro a 540 nm

con celda de 1.0 cm y se determina la cantidad captada del contaminante por medio de una curva de calibración.

Para la cuantificación de ozono en cambio se utiliza un tubo de polipropileno de 9.5 mm de diámetro interno y 5.5 cm de largo, con un medio absorbente en forma de un pequeño filtro de fibra de vidrio preparado con el reactivo DPE (1,2di-4piridil-etileno). El ozónido formado se divide y produce un aldehído, cuya cantidad es determinada al final por espectrofotometría molecular con el método MBTH a 442 nm, con celda de 10 cm. El tiempo de exposición de los tubos de ozono es de 7 días. En la figura 7 se muestran los tubos pasivos para la determinación de ozono y dióxido de nitrógeno.



Figura 7. Tubos de difusión pasiva utilizados para la determinación de ozono y dióxido de nitrógeno.

## VI. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS.

El aseguramiento de la calidad se refiere al manejo del proceso completo que lleva a una calidad definida de los datos producidos, mientras que el control de calidad de los resultados del monitoreo de la calidad de aire consiste en las actividades que se llevan a cabo para obtener la exactitud y precisión deseada en las mediciones, como se detallan en el cuadro 1; y se encuentra como referencia en cada uno de los métodos analíticos presentados en el Anexo 1 de este documento como aseguramiento de calidad.

Cuadro 1. Criterios de Calidad para indicadores clave en las determinaciones de contaminantes del aire que aseguran la calidad de los resultados.

Método	Indicador de Calidad	Criterio	Periodo
TPS	Chequeo de balanza con peso conocido	** 0.5 %	6 meses
PM <sub>10</sub>	Chequeo de balanza con peso conocido	** 0.5 %	6 meses
	Flujo de orificio crítico	* 5 %	mensual
Dióxido de Nitrógeno (Tubo Pasivo)	Precisión de tres tubos paralelos	** 10 %	Mensual
	Absorbancia del blanco	< 0.02	Mensual
Ozono (Tubo Pasivo)	Precisión de tres tubos paralelos	** 10 %	Mensual
	Absorbancia del blanco	< 0.15	Mensual

\* diferencia de valor conocido

\*\* desviación estándar

## **VII. PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS**

Los métodos de análisis utilizados para la cuantificación de los contaminantes Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), Ozono ( $\text{O}_3$ ), Partículas Totales Suspendidas (TPS) y Material Particulado menor a 10 micras ( $\text{PM}_{10}$ ) se presentan a continuación:

Dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) y Ozono ( $\text{O}_3$ ) por Métodos de Difusión Pasiva; y Partículas Menores a 10 micras ( $\text{PM}_{10}$ ) y Partículas Totales Suspendidas (TPS) por Métodos Gravimétricos, para una comprensión mejor del método empleado referirse al Anexo 1 de este documento.

Los fundamentos para dichos métodos se expresan a continuación

### **PARTICULAS TOTALES SUSPENDIDAS (TPS)**

Incluye todas las partículas hasta  $100\ \mu\text{m}$  que se mantienen flotando en el aire durante un cierto tiempo, la medición generalmente se realiza a las 24 horas.

### **PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS ( $\text{PM}_{10}$ )**

Incluye las partículas menores a 10 micras que se mantienen flotando en el aire por un cierto tiempo el cual generalmente se mide a las 24 horas.

### **DIÓXIDO DE NITRÓGENO ( $\text{NO}_2$ )**

Se recolectan las moléculas del  $\text{NO}_2$  por difusión molecular a lo largo de un tubo inerte en un medio absorbente con trietanolamina después de la exposición por 30 días y se cuantifica por Espectrofotometría UltraVioleta Visible a una longitud de onda de  $540\ \text{nm}$ .

### **OZONO ( $\text{O}_3$ )**

Se recolectan las moléculas del  $\text{O}_3$  por difusión molecular a lo largo de un tubo inerte en un medio absorbente de fibra de vidrio con DPE (1,2 di-4piridil-etileno), después de la exposición por 7 días, el ozónido formado se divide y produce un aldehído el cual se cuantifica por Espectrofotometría UltraVioleta Visible a una longitud de onda de  $442\ \text{nm}$ .



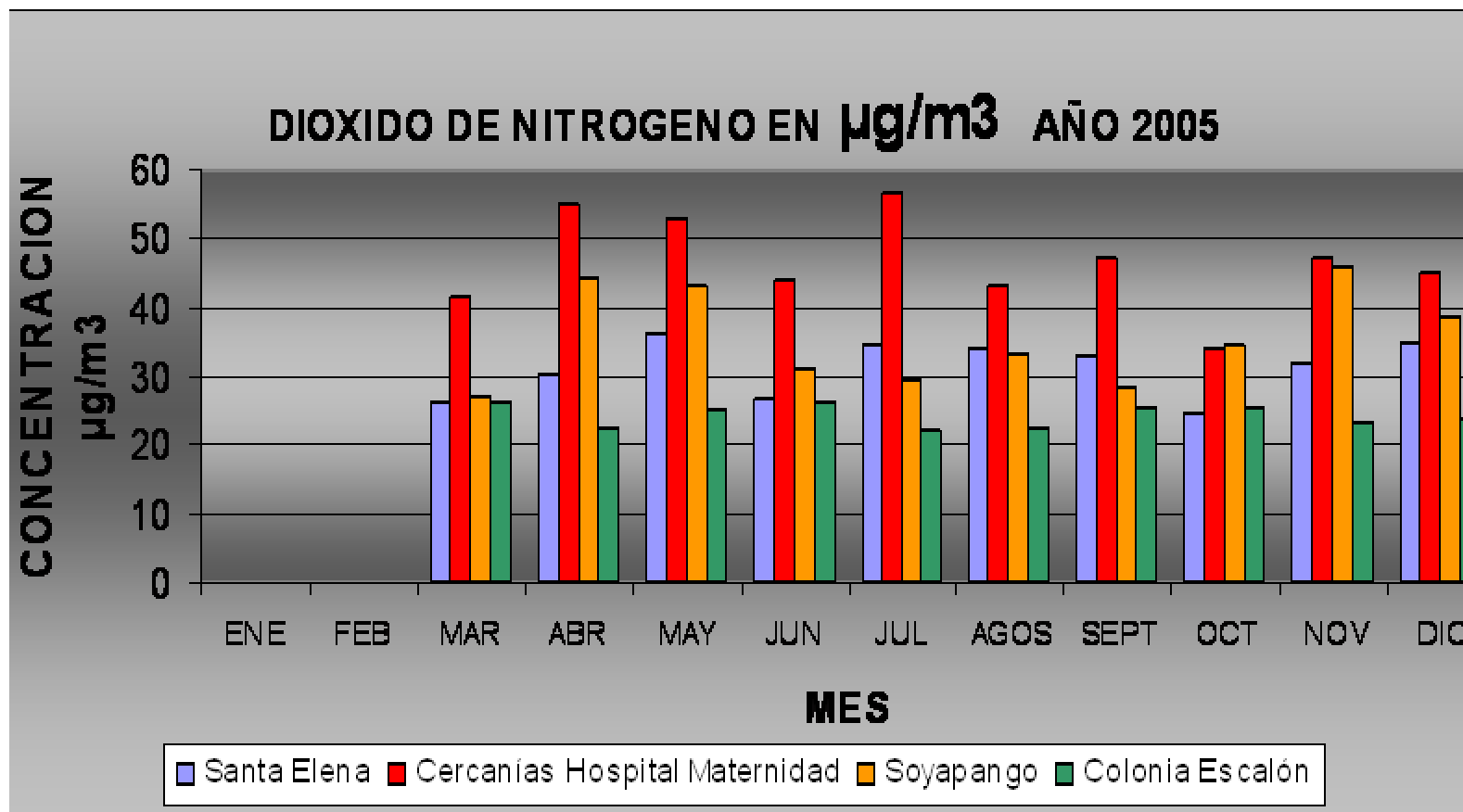
## VIII. RESULTADOS OBTENIDOS

**Cuadro 2. RESULTADOS OBTENIDOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL GRAN SAN SALVADOR, AÑO 2005.**  
**DIOXIDO DE NITROGENO (NO<sub>2</sub>) en µg/m<sup>3</sup>.**

STIO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
Santa Elena	-	-	26.49	30.44	36.24	26.56	34.61	33.99	32.98	24.60	32.15	34.83	31.28
Carcarias Hospital Maternidad	-	-	41.41	55.19	53.19	43.99	56.59	43.09	47.29	34.17	47.19	45.34	46.75
Soyapango	-	-	27.32	44.54	43.08	31.25	29.64	33.09	28.25	34.58	45.91	38.53	35.62
Glوريا Escalón	-	-	26.17	22.41	24.89	26.45	22.31	22.46	25.49	25.54	23.40	24.04	24.32
<b>Valor Guía Según OMS</b>	<b>400</b>												

OMS: Organización Mundial para la Salud

Gráfico 1. Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en el Gran San Salvador para el año 2005 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

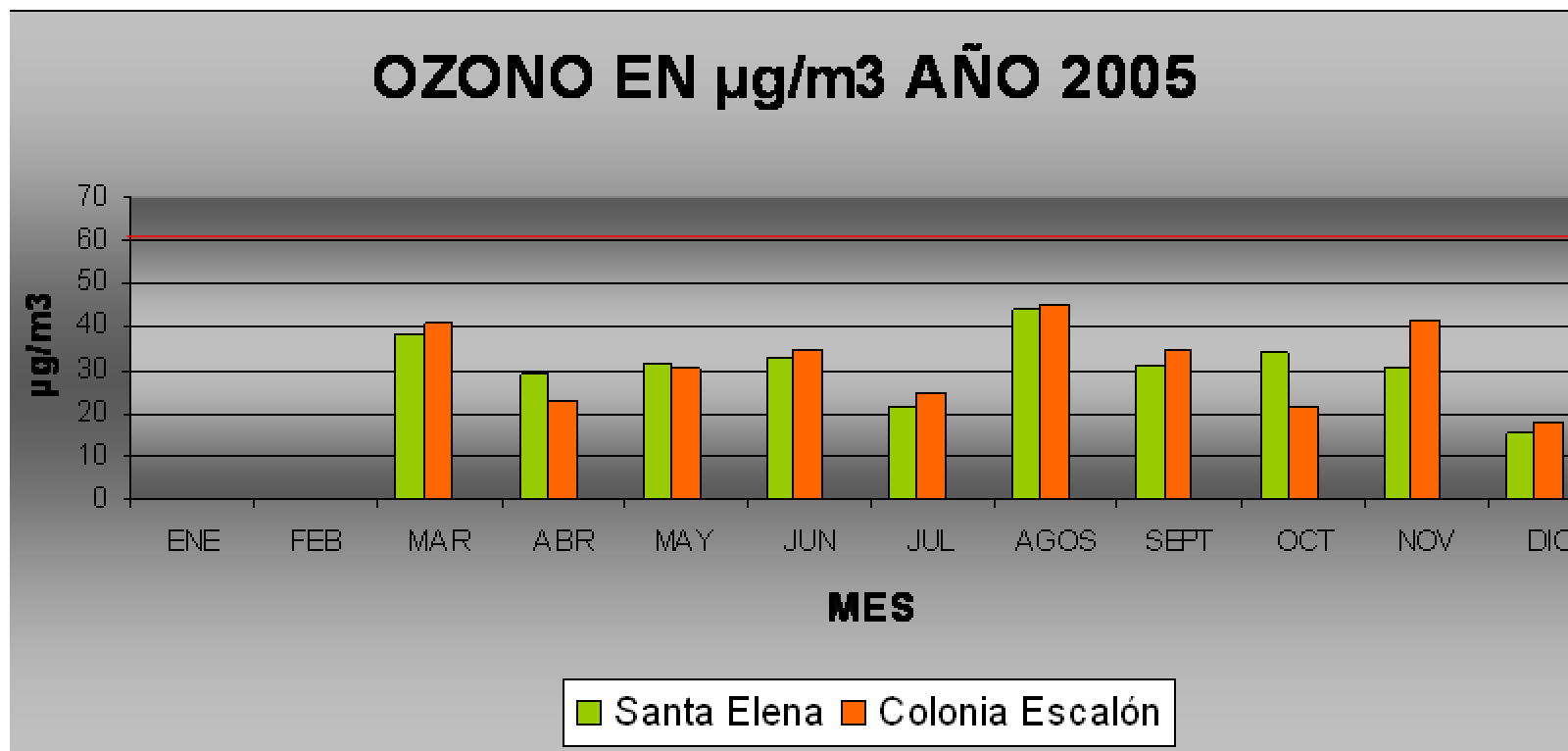


**Cuadro 3. RESULTADOS OBTENIDOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL GRAN SAN SALVADOR,  
AÑO 2005.  
OZONO (O<sub>3</sub>) en µg/m<sup>3</sup>.**

STIO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
Santa Elena	-	-	38.24	29.37	31.88	32.68	21.64	43.7	31.17	34.36	30.50	15.33	30.89
Gloria Escalón	-	-	40.99	22.78	30.50	34.41	24.85	45.24	34.42	21.41	41.71	17.66	31.40
Valor Guía Según OMS	60.00												

OMS: Organización Mundial para la Salud

Gráfico 2. Concentraciones de Ozono en el Gran San Salvador para el año 2005 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

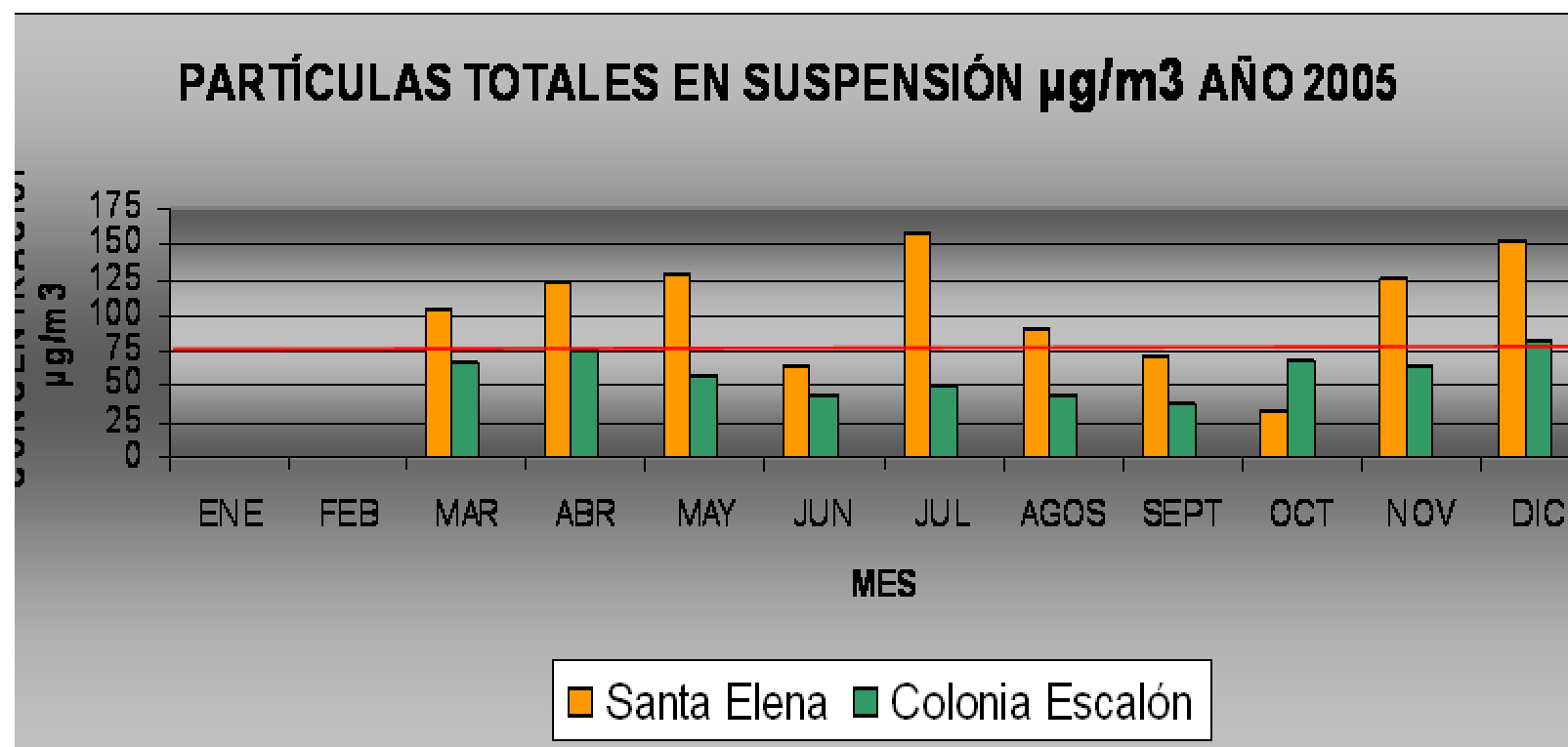


**Cuadro 4. RESULTADOS OBTENIDOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL GRAN SAN SALVADOR,  
AÑO 2005.  
PARTICULAS TOTALES EN SUSPENSION (TPS) en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

STIO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
Santa Elena	-	-	105.21	123.19	129.25	63.80	156.71	90.05	70.68	33.25	127.14	152.39	105.17
Glوريا Escalón	-	-	66.62	74.26	57.27	44.66	51.72	44.02	36.91	67.90	63.66	82.28	58.98
<b>Valor Guía Según EPA</b>	<b>7500</b>												

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norte América).

Gráfico 3. Concentraciones de Partículas Totales en Suspensión en el Gran San Salvador para el año 2005 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

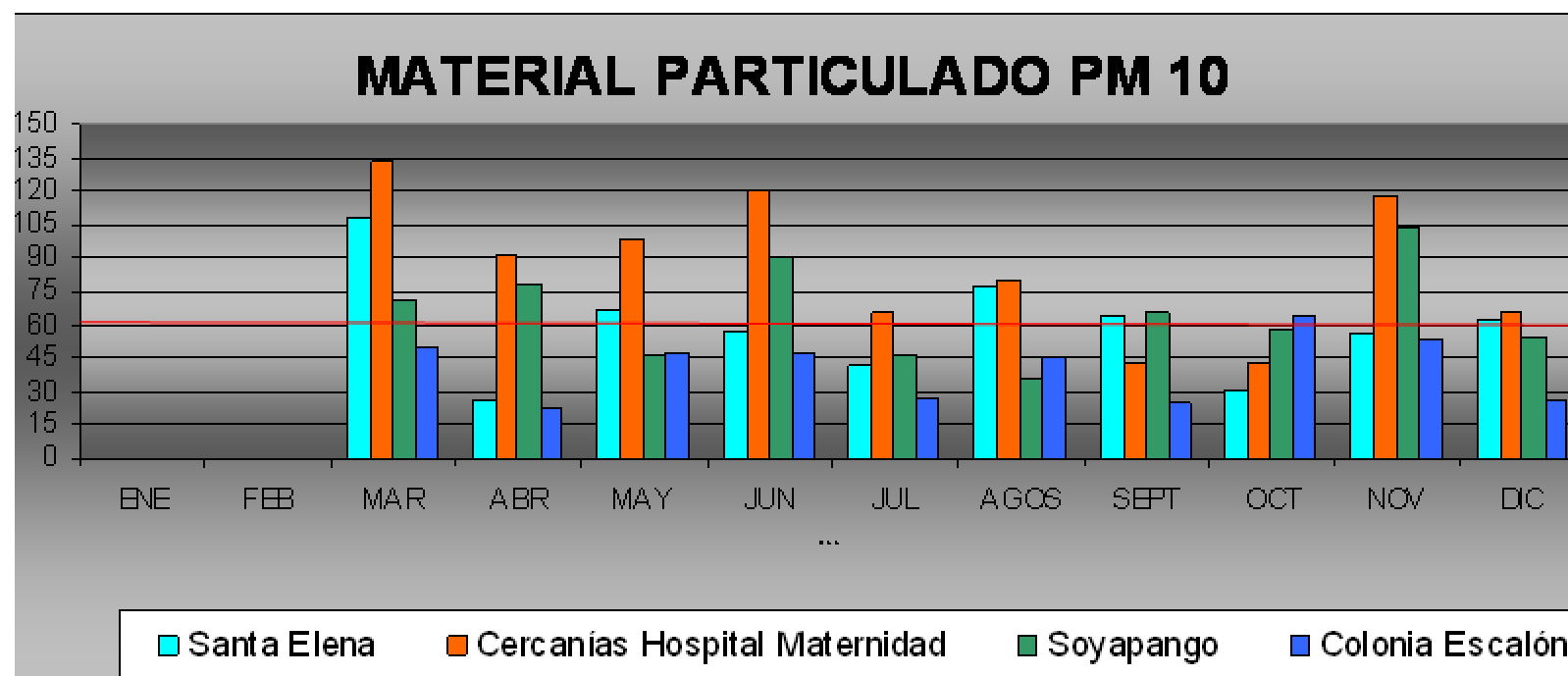


**Cuadro 5. RESULTADOS OBTENIDOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL GRAN SAN SALVADOR,  
AÑO 2005.  
MATERIAL PARTICULADO PM<sub>10</sub>) en µg/m<sup>3</sup>.**

SITIO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
Santa Elena	-	-	108.80	26.45	66.70	57.71	42.03	77.57	64.58	31.12	55.48	61.98	59.24
Cercanías Hospital Maternidad	-	-	133.70	91.45	99.12	120.64	65.65	80.11	43.09	43.28	118.44	65.76	86.12
Soyapango	-	-	71.15	79.16	46.20	90.81	46.61	35.47	65.33	58.04	103.81	54.57	65.12
Colonia Escalón	-	-	49.87	22.26	47.69	47.78	27.41	44.90	24.43	63.96	54.04	25.95	40.83
<b>Valor Guía Según EPA</b>	<b>50.00</b>												

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norte América).

Gráfico 4. Concentraciones de Material Particulado PM<sub>10</sub> en el Gran San Salvador para el año 2005 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$





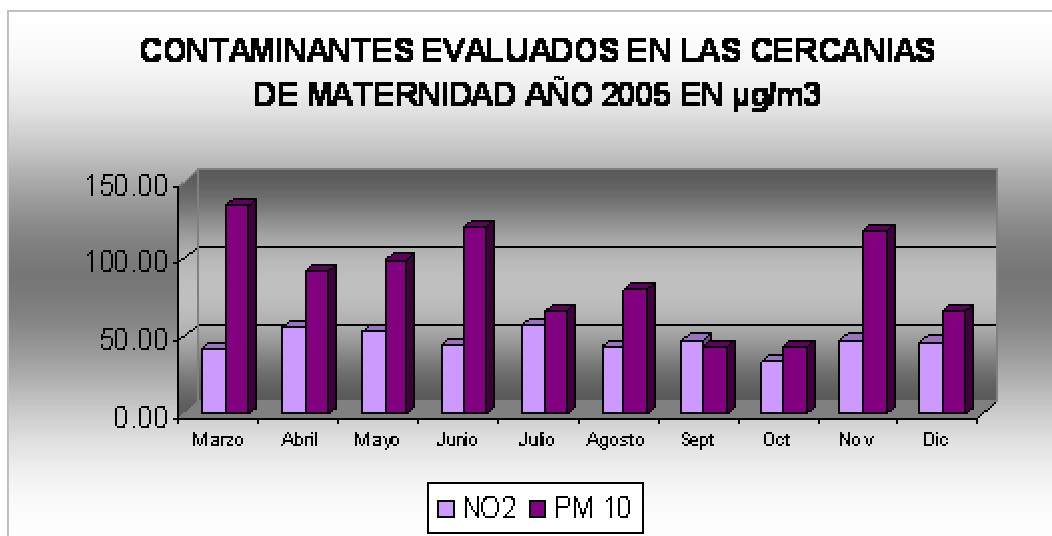
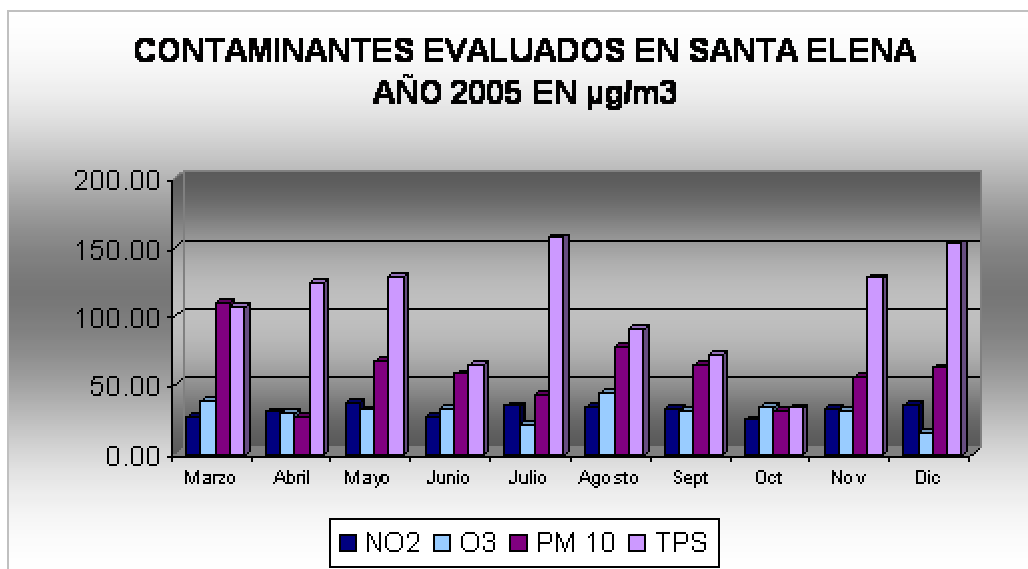
**CUADRO 6. PROMEDIOS MENSUALES DE LOS CONTAMINANTES DE LA CALIDAD DEL AIRE  
DEL GRAN SAN SALVADOR, AÑO 2005 EN  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

CONTAMINANTE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL	VALOR GUÍA
NO <sub>2</sub>			30.35	38.15	39.35	32.06	35.79	33.16	33.49	29.72	37.16	35.69	34.49	40.00
O <sub>3</sub>			39.62	26.08	31.19	33.55	23.25	44.47	32.80	27.89	36.11	16.50	31.15	60.00
TPS			85.92	98.73	93.26	54.23	104.22	67.04	53.80	50.58	95.40	117.34	82.05	75.00
PM <sub>10</sub>			90.88	54.83	64.93	79.24	45.43	59.51	49.36	49.10	82.94	52.07	62.83	50.00

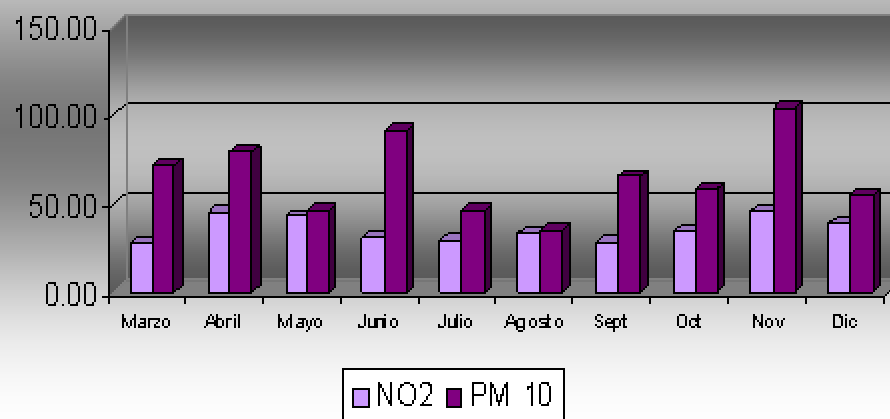
**CUADRO 7. PROMEDIO GEOMETRICO ANUAL DE LOS CONTAMINANTES  
POR SITIOS DE MUESTREO EN  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
2005**

SITIO	Dióxido de Nitrógeno	Ozono	TPS	PM <sub>10</sub>
Santa Elena	31.28	30.89	105.17	59.24
Cercanías Hospital Maternidad	46.75			86.12
Soyapango	35.62			65.12
Colonia Escalón	24.32	31.40	58.93	40.83
Valor Guía	40.00	60.00	75.00	50.00

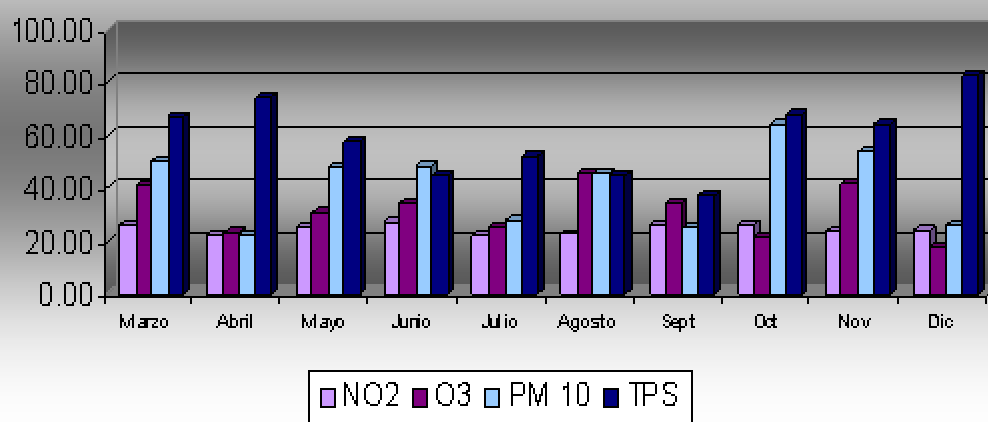
A continuación se presentan los contaminantes evaluados por sitio de muestreo a lo largo del periodo muestreado en el año 2005 en forma grafica.



### CONTAMINANTES EVALUADOS EN SOYAPANGO AÑO 2005 EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$



### CONTAMINANTES EVALUADOS EN COLONIA ESCALON AÑO 2005 EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$





## IX. OBSERVACIONES AMBIENTALES RELEVANTES

En los informes mensuales, presentados durante el desarrollo del contrato se mostraron las observaciones mas relevantes, las cuales influyen en la contaminación del aire. En el cuadro 8, se resumen las observaciones realizadas a lo largo del tiempo de duración de este monitoreo.

**Cuadro 8. OBSERVACIONES AMBIENTALES RELEVANTES**

MES	OBSERVACIONES
Marzo	Este mes se ha caracterizado por ser muy caluroso. Propio de la época seca
Abril	Mes seco con altas temperaturas, con muy poca lluvia.
Mayo	Epoca lluviosa, en este mes se tuvo la influencia de un huracan,
Junio	Mes con abundantes lluvias; en carretera Panamericana se estan realizando obras de construcción inmediato a Santa Elena
Julio	Epoca lluviosa, sin embargo a finales del mes, se presentaron dias calurosos, con pocas lluvias
Agosto	Este mes caracteristico de época lluviosa, desde la segunda semana de este mes se ha acentuado el tráfico vehicular especialmente en la carretera panamericana (de Santa Tecla a San Salvador)
Septiembre	En este mes, se tuvieron lluvias características de la época lluviosa, además en este mes se habilitaron los pasos a desnivel en la zona de merliot y carretera panamericana que de Santa Tecla conduce a San Salvador y viceversa.
Octubre	Del primero al 6 de Octubre se tuvo la influencia del Huracan o Tormenta Tropical Stan Algunos vientos característicos del mes con temperaturas bajas, agradables.
Noviembre	En este mes se caracterizo por ser seco, algunas influencias de vientos, El trafico vehicular se redujo por el cierre del año escolar.
Diciembre	Mes seco, con influencia de vientos y temperaturas bajas

## **X. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **Dióxido de Nitrógeno**

De acuerdo a los resultados obtenidos de los sitios de muestreo, los valores más altos se reportan en las cercanías del Hospital de Maternidad, en este punto, nueve de los diez meses muestreados, se superó el valor guía establecido por la Organización Mundial para la Salud (OMS). Estos resultados están influenciados por los congestionamientos vehiculares característicos de la zona, el promedio anual en este punto es de  $46.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , representando un 17 % arriba del valor guía, siendo en promedio el único punto que lo supera; se encontró además que los promedios anuales de Soyapango y Santa Elena se encuentran muy cerca del valor de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En el punto ubicado en la colonia Escalón (característico de zona residencial), se encontró en menor concentración este contaminante, durante los diez meses analizados, no se superó el valor guía, sin embargo en esta zona se tuvo un incremento del 30% respecto al año 2004. En el mes de octubre El Salvador se vio impactado por la influencia del huracán Stan, y es en este mes el único en el que no se superó el valor guía en los cuatro puntos monitoreados

### **Ozono**

Este contaminante secundario no superó el valor guía establecido por la OMS de  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en los dos puntos muestreados durante doce meses, sin embargo es de hacer notar que los meses de marzo, agosto y noviembre se encontraron las concentraciones más altas de este contaminante; en Santa Elena como en la Colonia Escalón los promedios anuales fueron similares, difiriendo muy poco con los obtenidos en el 2004.

### **Partículas Totales en Suspensión**

En Santa Elena, las partículas totales en suspensión se cuantificaron en mayor concentración durante el período en estudio, en este punto siete de los diez meses estudiados se encontraron superando el valor guía establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (US-EPA) de  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En la Colonia Escalón por el contrario solo se encontró uno de los diez meses superando el valor guía.

No puede decirse que los resultados en Santa Elena se han visto influenciados por las edificaciones realizadas en Ciudad Merliot de los pasos a desnivel ya que existen algunas barreras naturales que impiden la difusión de las partículas a este punto de muestreo, ya que las concentraciones presentadas en esta zona son características de la misma. Las partículas totales en suspensión se encontraron muy similares al 2004.

**Material Particulado PM<sub>10</sub>**

De los cuatro puntos muestreados este contaminante se encontró en mayor concentración en las cercanías del Hospital de Maternidad, siguiendo Soyapango donde el promedio anual esta superando el valor guía establecido por la US- EPA de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , En este año en las cercanías del Hospital de Maternidad se superó más veces el valor guía. El Material Particulado PM 10 se encontró en mayor concentración en todos los puntos con respecto al año 2004. El incremento de estas partículas muy probablemente estén influenciadas por los vientos intensos ocurridos en este año.

## **XI. CONCLUSIONES**

- De los contaminantes evaluados según los resultados obtenidos el material particulado ( $PM_{10}$ ) es el contaminante que presentó un incremento respecto a lo obtenido en el 2004
- A nivel de centros urbanos y zonas residenciales, el ozono no presenta problemas de concentración.
- El punto ubicado en las cercanías del Hospital de Maternidad es el que presenta mayor contaminación de los parámetros evaluados.



## **XII. REFERENCIA**

1. Manual de Laboratorio, Monitoreo del Aire, Programa Aire Puro, Swisscontact, 2001, 85p.