

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

**PROGRAMA DE EXPERIENCIAS DOCENTES CON LA COMUNIDAD -EDC-
SUBPROGRAMA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO -EPS-**

**INFORME FINAL DE EJERCICIO
PROFESIONAL SUPERVISADO -EPS-
REALIZADO EN
LABORATORIO DE MONITOREO DEL AIRE**

**DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO
DEL 8 DE ENERO AL 13 DE JULIO 2007**



**PRESENTADO POR
ABNER MARDOQUEO RODAS ARZET
ESTUDIANTE DE
QUIMICA**

Índice

Tema	Pg
I. Introducción	1
II. Antecedentes	2
III. Actividades Desarrolladas	
3.1 Actividades de docencia	
3.1.1 Objetivos	4
3.1.2 Actividades	5
3.1.3 Resultados y Discusión	6
3.1.4 Conclusiones	7
3.1.5 Recomendaciones	8
3.2 Actividades de servicio	
3.2.1Objetivos	9
3.2.2 Actividades	10
3.2.3 Resultados y Discusión	
3.2.3.1 Resultados	12- 22
3.2.3.2 Discusión	23
3.2.4 Conclusiones	26
3.2.5 Recomendaciones	27
3.2.6 Referencia Bibliograficas	27
3.2.7 Anexo	28

3.3. Actividades de Investigación

3.3.1. Introducción	31
3.3.2. Antecedentes	32
3.3.3. Justificación	46
3.3.4. Objetivos	47
3.3.5. Hipótesis	48
3.3.6. Materiales y Métodos	49
3.3.7. Resultados	50
3.3.8. Discusión de resultados	52
3.3.9. Conclusiones	53
3.3.10. Recomendaciones	54
3.3.11. Referencias	55
3.3.12. Anexos	56

I. Introducción

La práctica del Ejercicio Profesional Supervisado se efectuó en el Laboratorio de Monitoreo del Aire, ubicado en el tercer nivel del edificio T-10 de la Ciudad Universitaria, zona 12. El Laboratorio pertenece a la Escuela de Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La práctica se efectuó dentro del período comprendido del 10 de enero al 23 de julio de 2007.

En el Laboratorio de Monitoreo del Aire se llevó a cabo monitoreo atmosférico, actividad que comprende una serie de procedimientos específicos relacionados con el muestreo y análisis que buscan determinar las concentraciones de contaminantes presentes en el aire.

La recolección de muestras se realiza cada mes para poder tener un monitoreo constante de parámetros específicos, los cuales son indicadores que se utilizan para determinar la calidad del aire, en seis puntos de muestreo en la ciudad de Guatemala.

Las actividades desarrolladas abarcan las áreas de servicio, docencia e investigación. En el área de servicio se efectuaron los monitoreos mensuales en la ciudad capital y se realizaron servicios de muestreo y análisis de algunos contaminantes atmosféricos a distintas instituciones ubicadas tanto dentro como fuera de la ciudad capital para monitorear los parámetros solicitados, así mismo se efectuó el mantenimiento correspondiente en el laboratorio. En el área de docencia, se atendió a estudiantes de la carrera de Química que realizan la práctica de EDC efectuando prácticas de laboratorio relacionadas con el muestreo y el análisis de contaminantes atmosféricos. En el área de Investigación se realizó la propuesta para evaluar la mejor opción para la rehabilitación del laboratorio móvil para el monitoreo del aire.

II. Antecedentes

El Laboratorio de Monitoreo del Aire

La función del laboratorio consiste básicamente en ejecutar procedimientos diseñados para muestrear y analizar, en un área y tiempo determinado, contaminantes criterio en el aire para determinar las concentraciones de sustancias y partículas que constituyen los parámetro criterio a través de los cuales se puede establecer la calidad del aire.

Su campo de acción abarca el monitoreo que se efectúa en las distintas estaciones ubicadas en la ciudad capital y en los lugares donde es solicitado un muestreo ya sea por parte de instituciones publicas o privadas, a través de solicitudes a la administración de la Escuela de Química.

Su función principal que es el monitoreo atmosférico constituye la base sobre la que se fundamenta cualquier gestión de manejo de la calidad del aire por lo que los objetivos principales que maneja son:

- Servir como base para la realización de estudios epidemiológicos que relacionen la concentración de los contaminantes del aire con los daños en la salud de la población.
- Mantener al público informado sobre la calidad del aire y las fuentes y riesgos de contaminación del mismo.
- Llevar a cabo evaluaciones de tendencias a mediano y largo plazo sobre la concentración de contaminantes en el aire.
- Proporcionar los datos necesarios para calibrar y evaluar modelos matemáticos de dispersión de contaminantes en la atmósfera.
- Evaluar la efectividad de las medidas adoptadas para el control de la contaminación del aire.
- Establecer parte de los fundamentos científicos que respalden las decisiones políticas tendientes a garantizar la calidad del aire en Guatemala.

Entre las actividades que se desarrollan en el laboratorio se encuentra el monitoreo mensual de los siguientes parámetros: Partículas Totales en Suspensión, Partículas menores a 10 micras (PM_{10}), dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2 activo y pasivo) y lluvia ácida. Estos parámetros son también los que se determinan en las actividades de servicio que se prestan a entidades públicas y

privadas. Como parte de la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se desarrollan actividades docentes en donde se orienta y capacita a estudiantes de la carrera de Química, desarrollando parte de su EDC, así como conferencias y visitas guiadas al laboratorio de Monitoreo del Aire para estudiantes del nivel medio y de otras Universidades.

La coordinación del laboratorio está a cargo del Licenciado Pablo Oliva que ejerce como Secretario Académico de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, la supervisión está a cargo del Licenciado Jhoni Álvarez que ejerce como Director de la Escuela de Química, la ejecución del mantenimiento, muestreo y análisis en el laboratorio está a cargo del estudiante de la práctica de EPS.

III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

3.1 Actividades de docencia

3.1.1 Objetivos

3.1.1.1 Objetivo General

- Dar a conocer a los estudiantes de la carrera de Química de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, que realizan parte de su EDC, las técnicas y procedimientos utilizados en el laboratorio de Monitoreo del Aire, para determinar la calidad del aire en la ciudad capital.

3.1.1.2 Objetivos Específicos

- Capacitar a los estudiantes que realizan la práctica de EDC, en las técnicas de muestreo adecuadas que se efectúan en el laboratorio de monitoreo del aire.
- Capacitar a los estudiantes que realizan la práctica de EDC, en las técnicas correctas de laboratorio en los análisis que se efectúan en el laboratorio de monitoreo del aire.
- Capacitar a los estudiantes que realizan la práctica de EDC, en los aspectos que involucran el buen funcionamiento del laboratorio de monitoreo del aire.
- Socializar la información que se maneja en el Laboratorio de Monitoreo del Aire con estudiantes de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, otras facultades, Universidades y estudiantes de nivel medio.

3.1.2 Actividades

3.1.2.1 Rutinarias

Actividades	Frecuencia	Temática	Metodología
Preparación para muestreos	Mensual cuando se ejecutaba EPS	Mantenimiento y limpieza del equipo, preparación para el muestreo, técnicas, tratamiento de la muestra	Capacitación y adiestramiento teórico práctico
Análisis de laboratorio	Mensual cuando se ejecutaba EPS	Tratamiento adecuado de la muestra, preparación de reactivos, análisis, cálculos, elaboración de reportes	Capacitación y adiestramiento teórico práctico

3.1.2.2 Especiales

Actividades	Frecuencia	Temática	Metodología
Atención a estudiantes de la Carrera de Química que realizan EDC	Bimensual	Aprender las técnicas de laboratorio para determinar la calidad del aire	Capacitación y adiestramiento teórico práctico
Participación en el stand de la Comisión de Ciencias Básicas en la Semana de Ciencia, Tecnología e Innovación	3 días	Promoción de la carrera de Química	Trifoliales, publicidad, charla a estudiantes de nivel medio y personas interesadas.

3.1.2.3 Implementadas: Establecidas por iniciativa EPS

Actividades	Frecuencia	Temática	Metodología
Elaboración de planos	Única	Diseño de planos para calibración de bombas de vacío para PM ₁₀	Utilizando el programa de Autocad, se elaboro el diagrama a seguir para armar el equipo para la calibración de bombas de vacío.

3.1.3 Resultados y Discusión

Durante la ejecución de la práctica de EPS se tuvo la oportunidad de efectuar práctica docente de distinto tipo.

Durante la práctica, se capacitó a estudiantes de EDC en las técnicas correctas de muestreo y análisis que se desarrollan en el Laboratorio de Monitoreo del Aire. Esta actividad permitió desarrollar un proceso de enseñanza-aprendizaje a través de la práctica de actividades sencillas y de rutina hasta el desarrollo de las actividades de muestreo y análisis de cada uno de los parámetros que se determinan en el laboratorio.

En total se ejecutaron estas prácticas con 4 estudiantes que rindieron adecuadamente a las actividades que para ellos se programaban.

La actividad docente se amplió hacia la sociedad Guatemalteca cuando se participó en la Semana de Ciencia, Tecnología e Innovación organizada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología donde se tuvo la oportunidad de exponer acerca de la carrera de Químico que se imparte en la Facultad.

Como puede verse, el hecho de ejecutar la práctica de EPS dentro de la Facultad no solo permite tener una práctica rica en servicio e investigación, sino que facilita la práctica de docencia y permite ejecutar diversas actividades que abarcan distintos aspectos de la actividad docente.

3.1.4 Conclusiones

- La práctica de EPS en el Laboratorio de Monitoreo del Aire permite ejecutar actividades de docencia enriquecedoras y amplias ya que se puede abarcar distintos aspectos en la labor docente.
- La actividad docente es enriquecedora en el sentido de que permite la retroalimentación de los conceptos fundamentales y la adquisición de una mejor técnica para el muestreo del aire y otras áreas de la Química al desarrollarla junto a estudiantes que realizan la practica de EDC.
- Realizar la practica con estudiantes de EDC permite impartir un conocimiento adecuado sobre las técnicas de muestreo, análisis y de mantenimiento de un laboratorio a través de la colaboración y el trabajo en equipo.
- El poder publicar la información y de la actividad que se ejecuta en el Laboratorio de Monitoreo del Aire a través de la docencia permite cumplir uno de los objetivos fundamentales del laboratorio que se relaciona con mantener al público informado sobre la calidad del aire y las fuentes de contaminación principales en la ciudad capital.

3.1.5 Recomendaciones

- Efectuar las prácticas de EPS así como de EDC en otras dependencias de la Facultad en las cuales se integran adecuadamente actividades de servicio, docencia e investigación.
- Acortar el periodo del EDC en el laboratorio de monitoreo del aire, de 4 a 3 semanas, para poder dar atención a un mayor un mayor numero de estudiantes que realizan la practica de EDC de la carrera de Química.
- Buscar más opciones para la socialización de la información que se genera en el Laboratorio de Monitoreo del Aire a través de la docencia que se puede llevar a cabo con los estudiantes de la Facultad.
- Integrar la actividad que se desarrolla en el Laboratorio con cursos que se imparten en la Facultad, tales como Química Ambiental, Química Analítica Ambiental, Gerencia y Garantía de la Calidad, etc.
- Motivar a los estudiantes de los cursos del área básica para que se acerquen a unidades aplicadas así como el Laboratorio de Monitoreo del Aire, para que se interesen en las actividades de investigación que se desarrollan en la Facultad y poder aplicar los conocimientos adquiridos en el transcurso de la formación de profesional.

3.2 Actividades de servicio

3.2.1 Objetivos

3.2.1.1 Objetivo General

- Realizar el monitoreo del Aire de contaminantes criterio en varios puntos de la ciudad de Guatemala.

3.2.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar de manera adecuada la colecta, almacenamiento y análisis de las muestras, para efectuar la determinación de los parámetros de la calidad del aire en la ciudad de Guatemala.
- Reportar los resultados obtenidos en el laboratorio, para la elaboración de los informes mensuales e informes anuales.
- Llevar a cabo el mantenimiento, limpieza, cuidado, almacenamiento y calibración del equipo, cristalería o reactivos según sea necesario para lograr el buen funcionamiento del laboratorio de Monitoreo del Aire.
- Identificar y detectar las deficiencias en el laboratorio, las cuales dificultan las buenas prácticas de laboratorio y por consiguiente, la obtención de resultados confiables.

3.2.2 Actividades

3.2.2.1 Rutinarias

Actividades	Frecuencia	Métodos y Técnicas	Evaluación
Calibración de reguladores de flujo	Cada 2 semanas	Para determinación de partículas menores a 10 micras	Informe de trabajo mensual
Preparación de filtros para PM ₁₀ y TPS	Mensual y eventual	Para determinación de partículas totales en suspensión y partículas menores a 10 micras	Informe de trabajo mensual
Análisis gravimétrico de TPS y PM ₁₀	Mensual y eventual	Para determinación de partículas totales en suspensión y partículas menores a 10 micras	Informe de trabajo mensual
Muestreo de TPS y PM ₁₀	Mensual y eventual	Para determinación de partículas totales en suspensión y partículas menores a 10 micras	Informe de trabajo mensual
Elaboración de plantilla para reportes de TPS y PM ₁₀	Mensual	Para determinación de partículas totales en suspensión y partículas menores a 10 micras	Informe de trabajo mensual
Elaboración de reportes de resultados de TPS y PM ₁₀	Mensual y eventual	Para determinación de partículas totales en suspensión y partículas menores a 10 micras	Informe de trabajo mensual
Preparación de tubos con redes para métodos pasivos	Mensual y eventual	Para determinación de dióxido de nitrógeno	Informe de trabajo mensual
Preparación de curva de calibración, reactivos adsorbentes y reactivos de color	Mensual y eventual	Para determinación de dióxido de nitrógeno	Informe de trabajo mensual

Actividades	Frecuencia	Métodos y Técnicas	Evaluación
Muestreo con tubos para métodos pasivos	Mensual y eventual	Para determinación de dióxido de nitrógeno	Informe de trabajo mensual
Análisis espectrofotométricos	Mensual y eventual	Para determinación de dióxido de nitrógeno	Informe de trabajo mensual
Elaboración de reportes de resultados de NO ₂	Mensual y eventual	Para determinación de dióxido de nitrógeno	Informe de trabajo mensual
Preparación de reactivos para muestreo por método activo	Mensual y eventual	Para determinación de dióxido de azufre	Informe de trabajo mensual
Muestreo por método activo	Mensual y eventual	Para determinación de dióxido de azufre	Informe de trabajo mensual
Análisis titrimétrico	Mensual y eventual	Para determinación de dióxido de azufre	Informe de trabajo mensual
Elaboración de informes de los muestreos por métodos activos	Mensual y eventual	Para determinación de dióxido de azufre	Informe de trabajo mensual
Destilación de agua	Quincenal	Para determinación de lluvia ácida	Informe de trabajo mensual
Muestreo de lluvia ácida	Mensual	Para determinación de lluvia ácida	Informe de trabajo mensual
Análisis potenciométrico	Mensual	Para determinación de lluvia ácida	Informe de trabajo mensual
Registros de condiciones climáticas	Diaria y mensual	Registro de condiciones medioambientales y meteorológicas	Informe de trabajo mensual
Lavado de cristalería	Diaria	Mantenimiento de laboratorio	Informe de trabajo mensual
Mantenimiento de equipo	Diaria	Mantenimiento de laboratorio	Informe de trabajo mensual
Orden y limpieza	Diaria	Mantenimiento de laboratorio	Informe de trabajo mensual

3.2.3 Resultados y Discusión

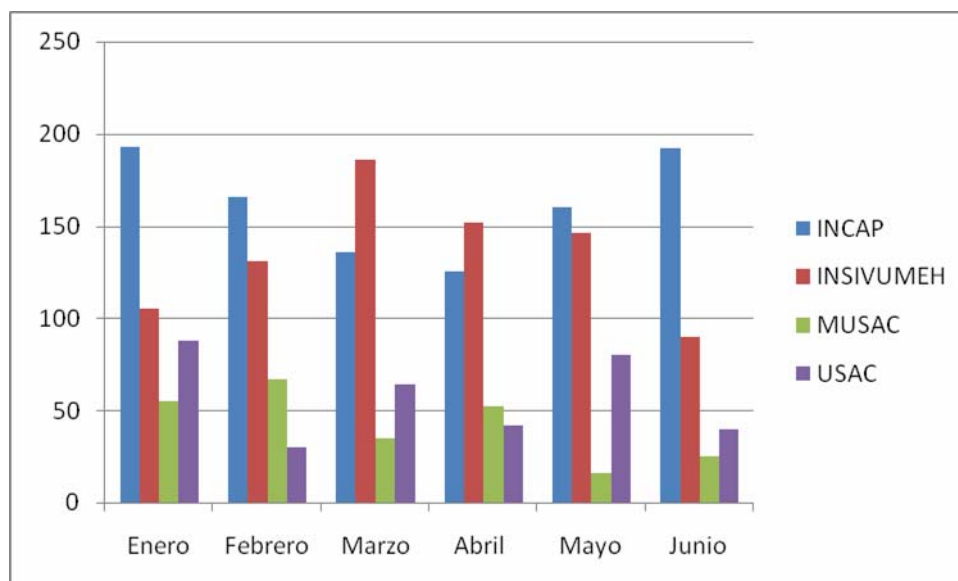
3.2.3.1 Resultados

Tabla #1 Partículas Totales en Suspensión (en ug/m³)

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
INCAP	193	166	136	125	160	192
INSIVUMEH	105	131	186	153	146	90
MUSAC	ND	67	35	ND	ND	25
USAC	88	30	64	ND	ND	40

ND: no determinado (la medición del material particulado no se detecta por equipo con falla, filtro mal colocado, filtro roto y otras causas).

Grafica #1 Partículas Totales en Suspensión (en ug/m³)



Fuente: Datos Experimentales del LMA

Nota: Valor Guía: 240 ug/m³, para 24 horas normado por EPA.

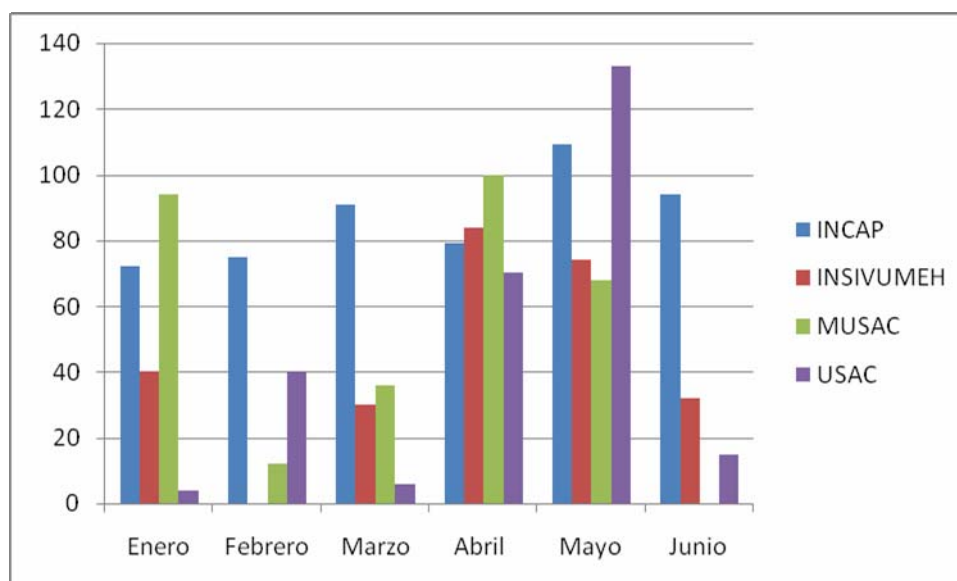
Tabla #2 Partículas Totales en Suspensión Menores a 10 micras PM₁₀ (ug/m³)

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
INCAP	72	75	91	79	109	94
INSIVUMEH	40	ND	30	84	74	32
MUSAC	94	12	36	100	68	ND
USAC	4	40	6	70	133	15

ND: no determinado (la medición del material particulado no se detecta por equipo con falla, filtro mal colocado, filtro roto y otras causas).

Nota: mediciones de porcentaje de humedad insitu, para el mes de mayo son bajos, siendo el mes con condiciones más secas del año.

Grafica #2 Partículas Totales en Suspensión Menores a 10 micras PM₁₀ (ug/m³)



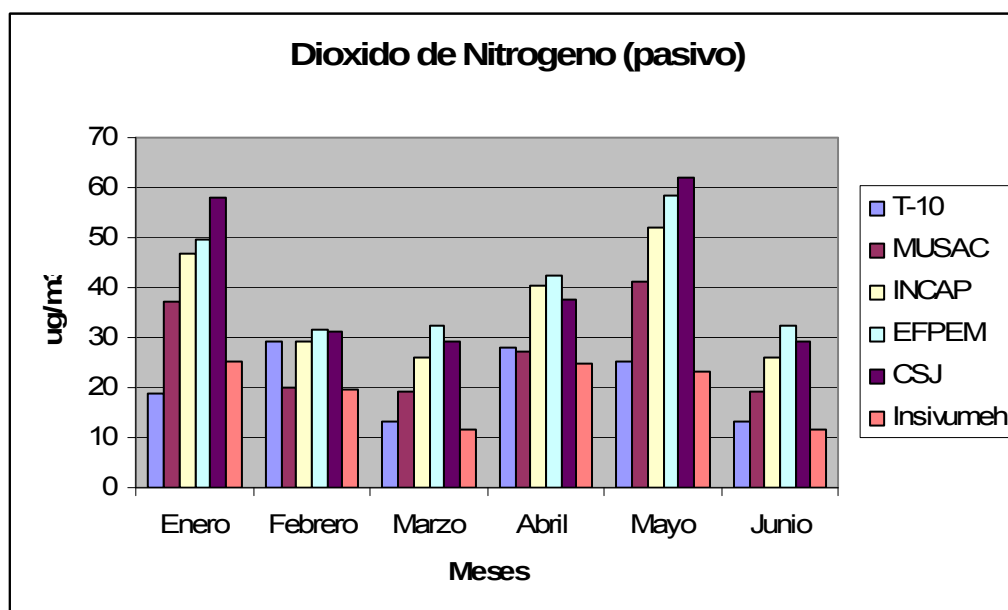
Fuente: Datos Experimentales del LMA

Nota: La OMS tiene establecido un valor Guía: 50 ug/m³ para 24 horas.

Tabla #3 Dióxido de nitrógeno en difusión pasiva ($\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$)

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
USAC	19	29	13	28	25	13
MUSAC	37	20	19	27	41	19
INCAP	47	29	26	40	52	26
EFPEM	50	31	32	42	58	32
CSJ	58	31	29	38	62	29
INSIVUMEH	25	20	12	25	23	12

Grafica #3 Dióxido de nitrógeno en difusión pasiva ($\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$)



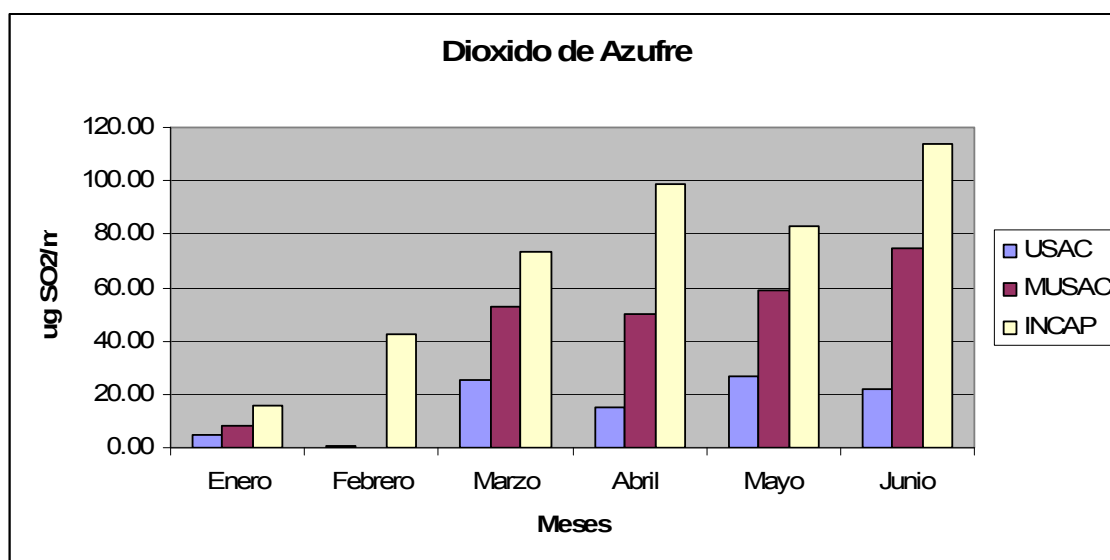
Fuente: Datos Experimentales del LMA

Nota: OMS ha establecido como valor Guía: $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en promedio anual

Tabla #4 Dióxido de Azufre ($\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$)

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
USAC	5	ND	26	15	27	22
MUSAC	8	ND	53	50	59	75
INCAP	16	43	73	99	83	114

Grafica #4 Dióxido de Azufre ($\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$)



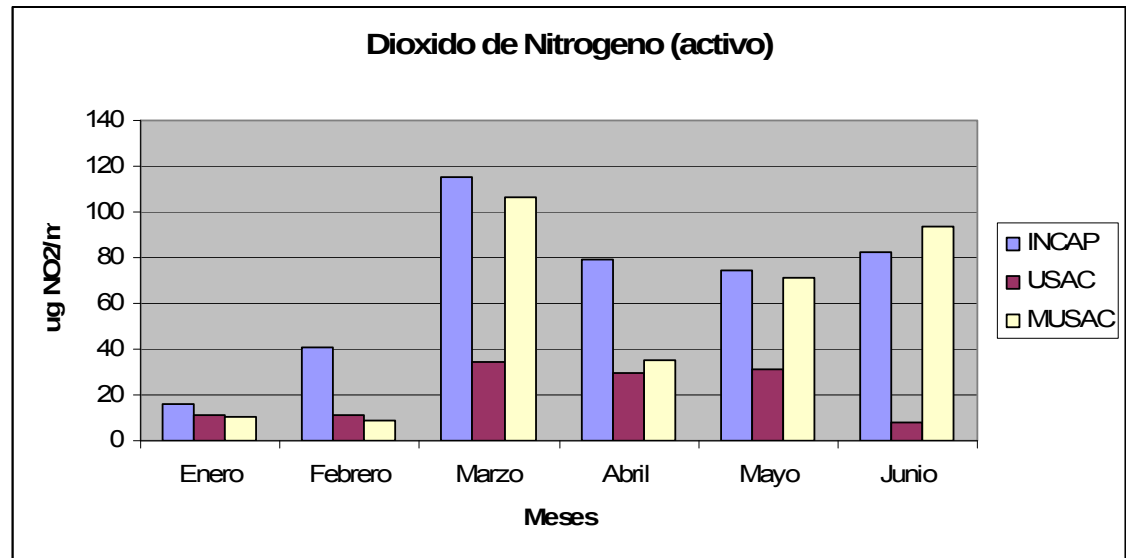
Fuente: Datos Experimentales del LMA

Nota: Según la OMS el límite máximo es de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un período de 24 horas.

Tabla #5 Dióxido de nitrógeno (ug NO₂/m³), difusión Activa

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
INCAP	16	41	115	79	75	82
USAC	12	11	34	30	31	8
MUSAC	10	9	106	35	71	94

Grafica #5 Dióxido de nitrógeno (ug NO₂/m³), difusión Activa



Fuente: Datos Experimentales del LMA

Tabla #6 Lluvia Ácida

Enero									
	Inicial				Final				
Estación	pH	m V	T°C	vol. (m l)	pH	m V	T°C	vol. (m l)	Cam bio pH
INCAP	9,37	137.3	19.2	200	7,2	13.0	24.6	208	2,14
INSIVUMEH	8,85	107.5	19.4	200	8,7	100.4	24.5	194	0,15
MUSAC	8,88	109.1	19.2	200	8	58.2	24.5	145	0,89
USAC	8,65	95.8	19.4	200	7,4	43.6	24.6	96	1,21
Febrero									
	Inicial				Final				
Estación	pH	m V	T°C	vol. (m l)	pH	m V	T°C	vol. (m l)	Cam bio pH
INCAP	9,5	96.7	22.8	200	7	2.1	21.3	196	2,47
INSIVUMEH	8,2	68.8	22.9	200	7,1	3.1	21.4	43	1,09
MUSAC	8,2	70.5	22.6	200	9,1	122.0	21.4	197	-0,89
USAC	8,9	67.0	22.7	200	8,2	36.3	21.4	197	0,75
Marzo									
	Inicial				Final				
Estación	pH	m V	T°C	vol. (m l)	pH	m V	T°C	vol. (m l)	Cam bio pH
INCAP	9.2	128.3	23.5	200	7.68	40.5	25.1	150	1.52
INSIVUMEH	9.1	124.3	23.4	200	7.7	40.6	25.2	158	1.4
MUSAC	8.6	94.6	23.6	200	7.6	36.3	25.3	35	0.9
USAC	8.8	103.2	23.7	200	7.9	152.4	24.2	145	0.9
Abril									
	Inicial				Final				
Estación	pH	m V	T°C	vol. (m l)	pH	m V	T°C	vol. (m l)	Cam bio pH
INCAP	9,8	162.8	25.4	200	7,4	24.8	26.4	360	2,33
INSIVUMEH	9,4	141.2	25.4	200	7,3	17.0	25.9	40	2,09
MUSAC	9,1	124.8	25.4	200	7,4	22.4	25.1	270	1,74
USAC	8,9	112.5	25.4	200	7,9	112.3	25.1	300	1,00
Mayo									
	Inicial				Final				
Estación	pH	mV	T°C	vol. (ml)	pH	mV	T°C	vol. (ml)	Cambio pH
INCAP	8,46	-85.7	23.0	200	6,72	16.3	22.6	1000	1.74
INSIVUMEH	8,45	-85.3	23.0	200	6,9	5.9	22.6	1000	1.55
MUSAC	8,58	-93.1	23.2	200	6,27	43.0	22.7	1000	2.31
USAC	8,62	-95.1	23.1	200	6,5	20.4	22.7	1000	2.12
Junio									
	Inicial				Final				
Estación	pH	mV	T°C	vol. (ml)	pH	mV	T°C	vol. (ml)	Cambio pH
INCAP	7,13	-7.4	22.8	200	1,32	6.78	23.7	490	5.81
INSIVUMEH	7,24	-14.2	22.9	200	6,8	-11.9	24.1	670	0.44
MUSAC	7,14	-8.2	22.9	200	5,2	-11.9	23.1	830	1.94
USAC	8,96	-116.2	22.9	200	7,33	-19.5	26.2	50	1.63

Fuente: Datos Experimentales del LMA

Nota: Se considera lluvia ácida cuando el pH desciende a un valor de 5.25, o una disminución del valor de pH mayor a 1.75 unidades con respecto al valor inicial.

Tabla #7 Condiciones Meteorológicas

Fecha	Hora	Temperatura		% Humedad		Punto de Rocío		Presión mm Hg	Viento				Precip. (mm al día)
		Adentro	Afuera	Adentro	Afuera	Adentro	Afuera		Veloc.	Direc.	Orient.	T°C	
		°C	°C			°C	°C						
11-01-2007	12:01	21,8	21,2	52	12	12	0	640,6	5,8	161	SE-S	21	0
11-01-2007	14:53	22,3	23,7	51	10	11	0	639,1	3,6	280	W-NW	24	0
12-01-2007	8:21	19,8	16,8	56	11	11	0	641,3	8,5	282	W-SE	16	0
12-01-2007	14:31	22,2	26,6	50	10	11	0	638,3	12,5	179	S-SE	25	0
15-01-2007	8:00	20,4	18,5	53	10	10	0	639,8	27,5	222	S-SW	17	0
15-01-2007	12:00	21,5	22,8	51	11	11	0	639,8	27,5	222	S-SE	22	0
16-01-2007	9:05	22,0	19,1	49	12	11	0	640,6	27,5	222	SW-S	16	0
17-01-2007	14:36	24,2	23,3	47	11	12	0	639,1	0	179	SW-S	23	0
18-01-2007	14:49	22,8	26,3	47	10	11	0	639,8	27,5	222	SW-S	26	0
19-01-2007	8:03	19,4	15,6	46	11	7	0	642,1	22,5	222	SE-S	13	0
22-01-2007	7:02	20,1	15,2	57	12	11	0	639,1	0			15	0
23-01-2007	12:12	22,7	23,6	48	10	11	0	638,3	3,1	286	NW-W	24	0
23-01-2007	14:37	24,1	27,3	45	10	11	0	636,1	4	197	SW-S	27	0
24-01-2007	7:09	22,1	15,8	52	11	12	0	639,1	0			16	0
24-01-2007	12:32	23,7	26,7	47	10	12	0	637,6	3,6	253	SW-W	27	0
24-01-2007	14:45	25,3	29,1	49	10	14	0	636,8	6,9	222	SW-S	28	0
25-01-2007	7:24	22,6	17,8	54	10	13	0	639,8	11	198	SE-S	16	0
25-01-2007	12:07	26,0	23,4	46	11	14	0	639,8	27,5	222	SE-S	21	0
25-01-2007	14:50	26,6	25,2	49*	10	13	0	638,3	4,5	159	SW-S	25	0
26-01-2007	13:29	24,1	25	44	10	11	0	639,1	7,4	174	SW-S	24	0
29-01-2007	8:01	21,4	16,8	59	11	11	0	641,3	7,8	198	SW-S	15	0
30-01-2007	6:56	21,4	13,9	50	10	10	0	640,6	0			24	0
30-01-2007	14:43	24,0	31,2	45	10	11	0	638,3	5,4	186	SW-S	31	0
01-02-2007	6:59	21,5	15	52	12	12	0	638,3				25	0
01-02-2007	13:05	23,4	25	48	10	11	0	637,6	3,6	279	W-NW	24	0
02-02-2007	14:19	23,6	29,2	49	10	13	0	636,8	6,9	329	NW+W	29	0
05-02-2007	6:42	21,2	16,3	51	11	10	0	640,6	0	149	SW-W	16	0
06-02-2007	11:50	24,3	23,5	47	11	12	0	641,3	8,7	208	SW-S	21	0
08-02-2007	14:15	23,8	29,3	45	10	11	0	639,1	4,5	208	SE-S	29	0
09-02-2007	7:47	21,9	17,9	50	10	11	0	641,3	5,4	254	SW-W	18	0
12-02-2007	8:15	24,3	17,9	46	10	12	0	640,6	5,4	275	E-SW	17	0
12-02-2007	11:30	25,9	23,3	43	11	13	0	639,8	2,7	293	SW-SE	23	0
12-02-2007	8:11	23,6	16,8	49	11	13	0	639,8	0	7	NE-E	17	0
13-02-2007	12:00	24,7	24,2	44	10	12	0	638,3	2,8	299	SW-W	24	0
14-02-2007	8:40	24,2	18,9	47	10	12	0	639,8	4,5	18	NW-NW	15	0
14-02-2007	12:00	25,2	25,1	43	10	12	0	638,3	8,3	3	NW-N	24	0
14-02-2007	14:00	26,2	29,1	42	10	12	0	636,8	2,9	325	NE-NW	50	0
15-02-2007	8:20	23,7	19,1	54	10	14	0	639,8	3,1	154	S-SE	19	0
15-02-2007	15:47	28,0	27,1	42	10	14	0	637,6	3,6	356	S-N	27	0
39129	0,347	23,3	18,4	51	10	12	0	640,6	8,3	156	SW-S	16	0
39129	0,652	28,6	25,7	35	10	14	0	639,1	10,5	181	SW-S	29	0
19-02-2007	8:04	17,3	12,8	40	12	3	0	642,8	10,5	212	SE-S	9	0
20-02-2007	8:02	11,5	14	46	12	8	0	641,3	0	170	SW-S	121	0
20-02-2007	14:05	21,8	31,6	39	10	7	0	638,3	4,5	262	SW-W	32	0
21-02-2007	11:44	22,1	24,6	43	10	9	0	639,8	3,1	330	NW-N	24	0
22-02-2007	9:37	22,5	21,3	46	12	11	0	640,6	8,3	252	SW-W	21	0

Fecha	Hora	Temperatura		% Humedad		Punto de Rocío		Presión mm Hg	Viento				Precip. (mm al día)
		Adentro	Afuera	Adentro	Afuera	Adentro	Afuera		Veloc.	Direc.	Orient.	T°C	
		°C	°C			°C	°C						
23-02-2007	8:17	21,2	17,4	53	11	11	0	639,8	11,2	186	SE-S	16	0
23-02-2007	12:07	22,4	22,9	44	11	9	0	639,8	4	204	SE-S	21	0
26-02-2007	8:58	22,4	20	50	10	11	0	639,8	6,3	248	SW-E	201	0
27-02-2007	9:18	23,3	21,2	51	12	12	0	639,1	4,5	253	SW-SE	21	0
28-02-2007	8:02	23,9	19,3	50	10	13	0	637,6	3,1	145	SW-SE	19	0
28-02-2007	11:01	24,9	24,8	46	10	13	0	637,6	6,9	332	SW-SE	24	0
01-03-2007	8:10	29,1	19,7	49	10	13	0	637,6	5,4	25	SW-SE	19	0
04-03-2007	10:31	25,0	23,2	45	11	12	0	636,8	7,8	340	SW-SE	22	0
05-03-2007	7:25	22,5	17,7	47	10	11	0	641,3	6	179	SE-S	18	0
05-03-2007	12:45	24,8	21,3	38	12	10	0	641,3	0	169	S-SW	21	0
06-03-2007	7:30	20,2	13,8	40	12	6	0	642,1	9,2	103	SE-S	10	0
06-03-2007	14:43	25,3	27,8	38	10	10	0	639,8	6,9	179	SE-S	28	0
07-03-2007	8:06	20,2	16,6	43	11	7	0	641,3	4,9	238	SE-E	17	0
08-03-2007	8:30	22,2	19,3	46	12	10	0	640,6	9,2	138	SE-S	18	0
08-03-2007	14:16	25,0	32,1	42	10	11	0	637,6	4,9	220	SE-S	32	0
09-03-2007	9:10	22,6	20,2	46	12	11	0	639,8	6,7	195	N-S	19	0
09-03-2007	10:46	23,4	23,6	46	10	11	0	639,8	4	268	E-W	29	0
12-03-2007	8:25	23,1	19,6	48	12	11	0	640,6	8,7	186	SE-S	18	0
12-03-2007	12:40	25,5	24,1	43	10	13	0	639,8	6,3	253	S-SW	22	0
13-03-2007	7:30	22,6	16,5	46	11	11	0	641,3	5,8	186	S-SW	15	0
14-03-2007	14:37	28,6	32	34	10	12	0	638,3	8,3	144	E-SE	32	0
15-03-2007	12:00	29,3	25,8	41	10	10	0	639,1	0	179	N-S	26	0
15-03-2007	8:27	24,1	20,1	48	10	12	0	638,1	4	227	NW-N	19	0
16-03-2007	14:22	27,7	29,9	42	10	14	0	636,8	6,8	6	NW-N	30	0
16-03-2007	8:27	24,4	19,9	48	10	12	0	639,8	4,9	177	SE-S	20	0
21-03-2007	15:23	34,5	33,2	29	10	14	0	636,8	6,9	205	S-SW	33	0
27-03-2007	8:48	28,4	20,2	46	12	11	0	640,6	9,9	140	S-SW	20	0
27-03-2007	7:39	22,2	16,8	42	11	9	0	639,1	4,9	251	SW-W	17	0
27-03-2007	13:35	25,8	32	38	10	11	0	637,6	8,7	205	SW-W	32	0
28-03-2007	9:02	23,7	21,3	49	12	10	0	639,8	4,9	203	SE-S	20	0
09-04-2007	7:50	24,3	20	49	10	13	0	640,6	2,7	172	SE-S	20	0
09-04-2007	11:18	26,0	25,9	41	10	12	0	639,8	4,5	320	W-NW	25	0
11-04-2007	10:22	25,1	24,4	39	10	10	0	632,6	3,6	341	NW-N	24	0
11-04-2007	13:25	26,6	28,5	41	10	13	0	636,8	6,2	254	NW-N	28	0
12-04-2007	9:13	25,2	24,8	45	10	12	0	639,1	8,3	213	SW-W	25	0
13-04-2007	8:21	25,3	21,9	51	10	14	0	639,8	4,5	303	NE-N	22	0
14-04-2007	13:52	29,1	27,5	44	10	16	0	637,6	8,3	339	NW-NE	27	0
16-04-2007	9:31	25,0	21	40	12	11	0	641,3	8,3	169	SW-S	20	0
16-04-2007	12:49	26,8	23,9	39	10	12	0	639,8	6,7	107	S-SE	24	0
17-04-2007	8:04	23,2	19,2	44	10	10	0	639,8	0	5	N-NE	19	0
18-04-2007	7:40	24,4	18,9	45	10	11	0	637,6	0	11	N-NE	19	0
19-04-2007	9:00	25,8	22,9	49	11	14	0	638,2	4,5	241	S-SW	22	0
19-04-2007	12:18	28,6	28,6	40	10	14	0	636,8	2,7	285	W-NW	29	0
25-04-2007	7:46	25,9	20,3	43	10	13	0	639,1	0	338	NW-N	20	0
25-04-2007	13:22	28,8	28,2	38	10	13	0	637,6	0	347	NW-N	28	0
26-04-2007	8:07	25,3	20,8	49	12	12	0	639,8	0	250	SW-W	21	0
27-04-2007	7:54	25,9	21,3	47	10	14	0	639,1	0	205	SW-S	21	0
27-04-2007	13:45	29,9	28,5	39	10	15	0	637,6	10,1	256	W-NW	28	0
27-04-2007	13:39	22,0	32,3	33	10	9	0	638,3	5,8	152	S-SW	32	0
03-05-2007	13:06	28,1	28,7	42	10	14	0	637,6	4	249	SW-W	29	0

Fecha	Hora	Temperatura		% Humedad		Punto de Rocío		Presión mm Hg	Viento				Precip. (mm al día)
		Adentro	Afuera	Adentro	Afuera	Adentro	Afuera		Veloc.	Direc.	Orient.	T°C	
		°C	°C			°C	°C						
04-05-2007	8:31	25,8	73,9	47	70	14	37	639,1	0	19	N-NE	44	0
04-05-2007	13:30	29,5	49,2	49	70	16	42	636,8	11	22	N-NE	49	0
08-05-2007	8:14	25,4	21,3	49	76	14	17	638,3	0	185	S-SW	21	0
08-05-2007	13:35	29,7	28,9	39	10	15	0	636,8	4	148	SE-S	28	0
09-05-2007	9:14	25,7	23,8	39	10	11	0	639,1	2,7	301	S-SE	24	0
09-05-2007	13:37	28,5	28,1	38	10	13	0	636,1	0	73	NE-E	28	0
10-05-2007	9:22	26,2	23,9	42	10	12	0	639,1	0	228	SW-W	24	0
11-05-2007	7:18	25,4	19,8	45	10	12	0	639,1	0	273	SW-W	20	0
14-05-2007	9:14	26,0	22,4	41	11	12	0	640,6	4,9	200	S-SW	22	0
16-05-2007	10:51	25,6	25,7	43	10	13	0	639,1	3,1	206	SE-S	26	0
18-05-2007	9:49	23,7	23,6	45	10	10	0	639,8	10	275	SW-W	22	0
18-05-2007	13:23	26,9	28,9	40	10	12	0	638,3	2,7	185	S-SE	25	0
19-05-2007	7:47	23,7	21,6	48	11	12	0	639,8	0	186	S-SW	22	0
22-05-2007	10:03	24,2	23,5	44	10	11	0	638,3	5,9	160	SE-S	26	0
23-05-2007	7:38	24,0	21,6	47	11	12	0	638,3	0	101	E-SE	22	0
23-05-2007	10:25	25,6	21,3	40	10	11	0	638,3	6,3	207	S-SE	27	0
23-05-2007	13:12	26,9	33,3	36	10	11	0	636,8	0	154	S-SW	33	0
24-05-2007	6:32	24,0	17,9	48	10	12	0	639,1	0	184	E-SE	18	0
24-05-2007	14:22	30,5	31,5	35	10	14	0	636,8	3,1	239	S-SE	32	0
25-05-2007	8:42	25,0	22,1	47	11	13	0	639,8	0	249	SW-W	22	0
25-05-2007	11:52	26,6	29,6	39	10	12	0	639,1	3,6	268	SW-W	29	0
25-05-2007	13:30	27,6	31,3	34	10	11	0	637,6	2,7	262	SW-W	32	0
25-05-2007	8:26	23,0	34,2	55	94	14	33	639,8	4,9	144	S-SE	34	0
29-05-2007	8:30	22,4	34,1	59	94	14	33	639,8	0	166	SW-SE	34	0
29-05-2007	11:42	24,3	36,7	56	93	16	36	639,1	0	229	SE-S	37	0
30-05-2007	6:58	22,1	32,2	62	95	14	31	638,5	0	341	NW-N	32	0
30-05-2007	10:38	24,5	35,1	58	94	16	34	638,3	0	41	NE-N	35	0
30-05-2007	1:13	25,4	35,5	56	93	16	35	637,6	2,7	44	E-SE	36	0
31-05-2007	8:12	22,5	32,2	61	95	15	31	638,3	2,7	343	NW-N	32	18
31-05-2007	2:52	23,9	33,5	58	94	15	33	636,8	0	43	NE-N	34	0
01-06-2007	8:17	21,9	32,5	59	94	14	32	638,3	6,3	343	SW-SE	33	0
01-06-2007	12:00	24,1	33,6	59	94	16	33	638,3	9,6	351	NW-N	34	0
02-06-2007	7:49	22,6	32,6	55	94	15	32	639,8	0	9	N-NE	33	0
04-06-2007	2:12	24,7	34,8	59	94	17	34	639,3	3,1	27	N-NE	35	0
05-06-2007	7:04	22,9	34,1	60	94	15	33	639,8	3,1	219	S-SW	32	0
06/0607	8:04	22,4	-	62	-	15	-	639,1	3,6	196	S-SW	-	0
07-06-2007	7:56	22,2	-	64	-	15	-	639,1	0	201	S-SW	-	0
07-06-2007	3:05	23,5	-	67	-	18	-	632,8	0	34	NE-N	-	43
08-06-2007	9:23	22,4	-	69	-	15	-	639,1	6,3	183	SE-S	-	0
08-06-2007	3:32	33,2	36,4	29	93	13	35	636,8	8,3	213	SW-W	36	0
11-06-2007	11:51	23,8	-	55	-	14	-	639,8	0	207	S-SW	-	0
12-06-2007	8:04	22,2	-	58	-	13	-	638,3	4,5	111	S-SW	-	0
12-06-2007	11:21	23,2	-	34	-	13	-	638,3	2,7	180	W-NW	-	0
12-06-2007	3:10	23,0	-	61	-	15	-	637,6	0	356	S-N	-	5
13-06-2007	8:29	22,0	-	63	-	15	-	637,6	0	351	NW-N	-	0
14-06-2007	8:22	23,0	-	60	-	15	-	638,3	0	316	NW-N	-	0
15-06-2007	8:06	22,5	-	62	-	15	-	639,1	2,7	351	NW-N	-	0
18-06-2007	8:04	22,5	-	64	-	16	-	639,8	4,9	225	SW-S	-	0
19-06-2007	10:52	24,2	-	53	-	14	-	640,6	7,4	182	N-S	-	0

Fecha	Hora	Temperatura		% Humedad		Punto de Rocío		Presión mm Hg	Viento				Precip. (mm al día)
		Adentro	Afuera	Adentro	Afuera	Adentro	Afuera		Veloc.	Direc.	Orient.	T°C	
		°C	°C			°C	°C						
20-06-2007	6:38	23,2	-	57	-	14	-	639,8	0	149	NW-SE	-	0
21-06-2007	6:51	23,2	26,5	53	89	13	25	639,8	0	235	SW-W	27	0
22-06-2007	12:49	26,1	26,8	43	90	13	25	638,3	10,1	167	SW-W	26	0
26-06-2007	7:17	22,7	19,5	59	-	15	-	640,6	1,4	140	S-SW	24	0
26-06-2007	2:16	26,4	-	48	-	14	-	639,8	4,9	215	SW-W	-	0
27-06-2007	7:32	23,6	19,5	58	-	15	-	639,8	3,1	153	SE-S	20	0
27-06-2007	1:45	25,7	-	47	-	14	-	639,1	7,4	191	S-SW	-	0
02-07-2007	7:05	22,6	-	62	-	15	-	640,6	3,1	156	SE-S	-	0
02-07-2007	1:28	24,6	19,5	59	-	17	-	639,8	0	0	NW-N	20	11
03-07-2007	8:00	23,1	19,5	64	-	16	-	639,8	6,3	229	SW-SE	27	0
04-07-2007	8:00	22,9	19,5	62	-	15	-	639,1	3,6	156	SW-SE	-	0
04-07-2007	14:25	25,1	-	59	-	17	-	638,3	6,9	340	SW-SE	-	0
05-07-2007	9:00	23,7	-	57	-	15	-	639,8	6,7	130	S	-	0
05-07-2007	2:31	27,1	-	41	-	13	-	639,1	4,5	257	S-SW	-	0
06-07-2007	8:00	22,2	-	55	-	14	-	639,8	4,5	189	S-SW	-	0
06-07-2007	2:22	27,1	-	45	-	14	-	638,3	2,7	170	SE-S	-	0
09-07-2007	7:50	23,9	19,9	52	10	14	0	639,8	0	110	SE-E	20	0
09-07-2007	14:30	26,7	24	46	10	14	0	639,1	4,9	18	NE-N	23	0
10-07-2007	7:32	24,2	20,9	53	10	14	0	640,6	4,9	211	S-SE	21	0
10-07-2007	14:15	25,2	22,9	46	11	13	0	639,1	3,6	144	SE	23	0
13-07-2007	7:50	23,5	19,8	49	12	13	0	639,8	6,7	172	SE-E	19	0
13-07-2007	14:45	25,6	22,9	45	11	13	0	639,1	2	239	S-SW	23	0
16-07-2007	8:00	21,6	-	60	-	14	-	639,8	0	20	N-NE	-	0
16-07-2007	14:45	31,0	-	39	-	15	-	639,1	7,2	306	N-NE	-	0
17-07-2007	7:40	22,9	-	56	-	14	-	639,8	3,6	268	W-SW	-	0
17-07-2007	14:30	25,4	-	45	-	12	-	639,1	7,8	218	W-SW	-	0
18-07-2007	7:50	23,1	-	58	-	14	-	635,8	4	187	S-SW	-	0
19-07-2007	8:00	21,9	-	57	-	13	-	640,6	0	99	E-SE	-	0
19-07-2007	14:40	24,1	-	49	-	13	-	639,1	0	218	SW	-	0
20-07-2007	8:00	22,8	-	58	-	14	-	640,6	5,4	135	S-SE	-	0
20-07-2007	14:40	26,2	-	46	-	14	-	639,1	6,3	139	SW	-	0
23-07-2007	7:10	22,3	-	59	-	14	-	639,8	0	213	SW-S	-	0
23-07-2007	14:30	25,5	-	50	-	15	-	638,3	6,3	211	SW-S	-	0
24-07-2007	7:40	22,3	-	61	-	14	-	639,8	0	223	SW	-	0
24-07-2007	14:30	25,7	-	56	-	17	-	637,6	4,4	19	N-NE	-	0

Fuente: Datos Experimentales del LMA

3.2.3.1.2 Otros Resultados

Como parte de la práctica de EPS se efectuaron otros muestreos a instituciones públicas y privadas. A continuación se listan las instituciones que solicitaron el muestreo, el lugar donde se llevaron a cabo y los parámetros determinados.

Institución	Lugar	Parámetros determinados
Ministerio de Ambiente	Calzada Raul Aguillar Batres	PM ₁₀ , NO ₂ y SO ₂
FSTEX, S.A.	Maquila ubicada en San José Pinula	Dióxido de Azufre PM ₁₀
EPS Ingeniería	Hospital San Juan de Dios	PM ₁₀ , NO ₂ y SO ₂
Rodolfo Serna	Cerro Colorado Gualan, Zacapa	PM ₁₀ y TPS
Calera Santa Catalina	Zona 18, ciudad	Partículas Totales en Suspensión y PM10
Ministerio Público	Colegio Ameri Tec, se realizo el muestreo contra denuncia	Lluvia Acida, NO ₂ y SO ₂ difusión activa. Partículas Totales en Suspensión y PM10

3.2.3.2 Discusión

Los resultados de las partículas totales en suspensión hacen evidente que en las estaciones de muestreo no se superó el límite máximo permisible de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En la tabla de resultados #1 y en la gráfica #1 puede observarse que el mes en el cual hay mayor cantidad de partículas totales en suspensión es en junio, y las estaciones que presentan mayores concentraciones son las ubicadas en el INCAP y en el MUSAC, esto debido a que las mismas se encuentran en regiones de alto flujo vehicular.

Estas partículas entre las que predominan las de mayor tamaño y masa, se depositan con mayor facilidad por lo cual permanecen en suspensión por períodos cortos de tiempo. Estos valores reflejan que las estaciones que presentan mayores concentraciones se encuentran cerca de una fuente emisora. Como ya se mencionó la principal fuente en estas áreas es la quema de combustibles por parte de los vehículos, ya que en las proximidades no se ubican fuentes de emisión natural.

Al observar que la mayoría de los datos reportados se encuentran muy cerca del límite permisible, estos representan concentraciones en cantidades significativas de partículas las cuales, aun en concentraciones bajas y en períodos de tiempo de exposición cortos, pueden afectar la salud humana provocando enfermedades del aparato respiratorio.

En la tabla de resultados #2 y gráfica #2. pueden observarse los resultados para las partículas menores a 10 micras (PM_{10}). La importancia en la determinación de estas partículas reside en que es por su menor tamaño tienen un acceso más fácil a los pulmones y pueden ser adsorbidas por mayor tiempo produciendo problemas respiratorios en las personas. Estas partículas por su menor peso también tienden a formar suspensiones estables en el aire y permanecen por mayor tiempo, siendo transportadas por el viento. En todas las estaciones de muestreo se superó el valor guía de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en los meses de abril y mayo. En la estación del INCAP es probable que la alta concentración se deba a la continua emisión por fuentes vehiculares. La estabilidad de las suspensiones que estas partículas forman es evidente en el hecho de que aún en período de alta precipitación, se mantienen altas concentraciones.

En la tabla de resultados #3 y grafica #3. se presentan los resultados para las concentraciones de dióxido de nitrógeno en difusión pasiva en las distintas estaciones de muestreo. En los resultados puede observarse que ninguna estación presenta valores extremadamente altos. Los valores mas altos los registraron las estaciones ubicadas en la Calzada San Juan, EFPEM ubicado en la avenida Petapa y en el INCAP donde el flujo vehicular es mayor. También puede observarse que de seguir esta tendencia se superará el valor máximo permitido para un período de exposición promedio de un año que es de 40 ug/m^3 . Los muestreos de estos parámetros de la calidad del aire se efectuaron en un período de 30 días de exposición.

Este gas se produce principalmente por la reacción entre el nitrógeno del aire y el oxígeno a temperaturas de combustión. Por tanto la principal fuente es la quema de combustibles fósiles como fuente de energía, ya sea en la industria o en los distintos medios de transporte. El efecto de mayor importancia que ejerce este gas es la formación de smog fotoquímico, esto es, que este gas es parte de procesos fotoquímicos que resultan en la formación de ozono troposférico el cual es altamente oxidante y cuyos efectos sobre la salud humana son más severos que los del dióxido de nitrógeno.

En cuanto a los resultados que se pueden observar en la tabla de resultados #4 y grafica #4, se obtuvieron concentraciones de dióxido de azufre que no superan el valor guía establecido por la OMS que es de $125 \text{ ug SO}_2/\text{m}^3$, reportándose el valor máximo para el mes de junio correspondiente a la estación localizada en el INCAP. Este aumento significativo se debe en gran medida a que en estos meses es cuando la densidad vehicular aumenta. La presencia de emisiones de este gas proviene de la combustión de derivados del petróleo. Para las concentraciones medidas no se prevén efectos severos sobre la salud humana, sin embargo la presencia de este gas puede ocasionar lluvia ácida, la cual tiene un efecto dañino sobre mantos acuíferos, suelo, vegetación, corrosión sobre bienes materiales e irritación de las vías respiratorias.

En la tabla de resultados #5 y graficas #5 se presentan los valores obtenidos para el dióxido de nitrógeno, captado por difusión activa (método impinger), presentando el máximo en la estación de la USAC durante el mes de marzo, pero se puede observar que los resultados altos corresponden a los meses de marzo, mayo y junio. Meses en los cuales se presenta un mayor flujo vehicular. No se encuentra un valor guía reportado para este gas en la determinación mediante este método, por lo que se

puede hacer una comparación entre el SO_2 y NO_2 , ambos por métodos activos, y es pertinente hacer esta comparación ya que ambos gases son productos de la combustión de combustibles fósiles. Con lo cual se puede estimar que las concentraciones de dicho gas son significativamente bajas.

En la tabla #6 puede observarse que hay precipitación ácida principalmente en los meses en los cuales inicia el invierno (mayo y junio), alcanzándose el valor máximo de diferencia de pH en la estación INCAP. Lo cual es razonable puesto que la presencia de gases tales como el dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno ha sido confirmada y la presencia de humedad favorece su deposición líquida como los respectivos ácidos sulfúrico y nítrico. En la estación seca no se tienen registros de lluvia ácida significativa, puesto que esta disminución de pH puede deberse no sólo a los ácidos que se forman sino a la presencia de cationes en la deposición.

En la tabla #7 puede observarse una recopilación de los datos meteorológicos que se tomaron en la estación de la USAC, estos datos corresponden a las condiciones que se registraron durante el período de ejecución del EPS.

3.2.4 Conclusiones

- Se obtuvieron valores significativos de partículas menores de 10 micras en los meses de abril y mayo. Inclusive valores que sobrepasaban el límite máximo permisible para un período de 24 horas en las que consistió el muestreo.
- Se obtuvieron concentraciones de dióxido de nitrógeno elevadas en los puntos de muestreos (INCAP, Calzada San Juan y EFPEM), correspondientes a los meses de enero y mayo. Si se mantiene esta tendencia se superara el valor promedio establecido para un año (40 mg/cm^3).
- Las concentraciones medidas de dióxido de azufre superaron el valor guía de 20 mg/cm^3 en las estaciones USAC, MUSAC e INCAP en el periodo comprendido de marzo a junio.
- La presencia de gases que ocasionan lluvia ácida tales como dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno, se hace evidente en la temporada de lluvia y pudo detectarse precipitación ácida en las distintas estaciones de monitoreo, siendo el INCAP el sitio con mayor índice de lluvia ácida.
- El registro de las condiciones meteorológicas resulta fundamental para establecer promedios y tendencias a lo largo del tiempo de 15 ó 20 años.
- Los valores de Partículas menores a 10 micras se ver influenciados por el porcentaje de humedad, pudiéndose observar en el mes de mayo valores mas bajos de porcentaje de humedad.

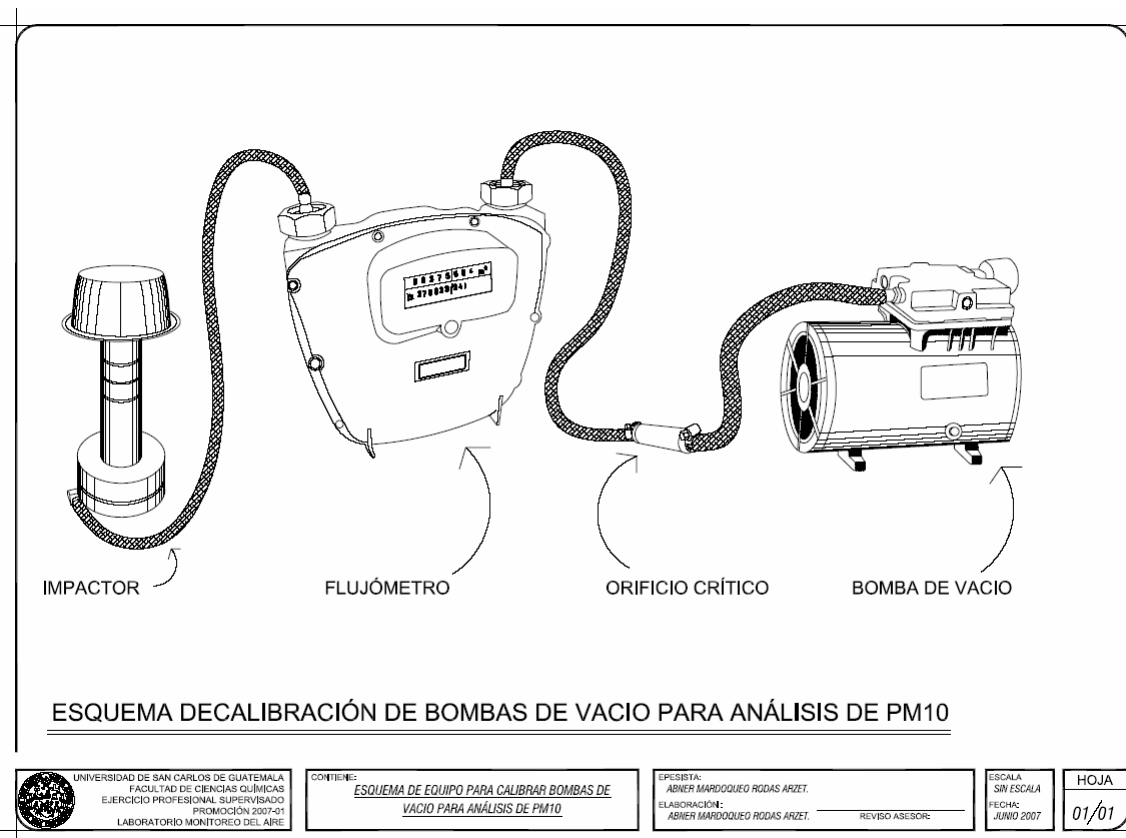
3.2.5 Recomendaciones

- Es de utilidad aprobar un reglamento de control de emisiones que regule la contaminación atmosférica producida por el flujo vehicular en la ciudad, así como el aumento de las emisiones industriales.
- Realizar campañas para concientizar a las personas sobre el impacto en el deterioro del medio ambiente causado por las diferentes fuentes de contaminación, de la cual cada persona es responsable ya sea en pequeña o en gran medida.
- Dar a conocer por medio de conferencias y charlas a estudiantes y público en general la información que se recaba sobre la calidad del aire en la ciudad capital, para que las personas conozcan la realidad de las emisiones y el impacto que tienen en la salud y en el ambiente en general.
- El hecho de que algunas concentraciones medidas en algunos parámetros de la calidad del aire no se aproximan a los valores máximos establecidos no implica que la contaminación no existe.
- Es necesario hacer proyecciones a futuro con base en las condiciones ambientales actuales hacia las condiciones ambientales que se tendrán en el futuro si se mantienen los mismos niveles de emisiones.

3.2.6 Referencia Bibliográfica

Manual de Laboratorio de Monitoreo del Aire, Programa Aire Puro, swisscontac.

3.2.7 Anexo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CC.QQ. Y FARMACIA

***“Anteproyecto como una propuesta para la Rehabilitación del
Laboratorio Móvil para Monitoreo del Aire”***

**Informe de Investigación realizado durante el Ejercicio Profesional
Supervisado (EPS)**

**Presentado por
ABNER MARDOQUEO RODAS ARZET
QUIMICO**

Guatemala, 22 de Noviembre de 2007.

Índice

Tema	Pg
I. Introducción	31
II. Antecedentes	32
III. Justificación	46
IV. Objetivos	47
V. Hipótesis	48
VI. Materiales y Métodos	49
VII. Resultados	50
VIII. Discusión de resultados	52
IX. Conclusiones	53
X. Recomendaciones	54
XI. Referencias	55
XII. Anexos	56

I. Introducción

Los métodos de toma y valoración de las muestras de contaminantes del aire deben elegirse con el mayor cuidado, teniendo en cuenta la finalidad de los análisis que vayan a efectuarse y los recursos disponibles para efectuarlos, así como los factores externos que pueden incidir en su aplicación práctica.

Las condiciones ambientales como temperatura, dirección y velocidad del viento, humedad, radiación solar y los factores antropogénicos, tales como el tipo de combustible, el estado del mantenimiento de los vehículos y los sistemas de control, son claves en la selección y definición de criterios metodológicos.

Es necesario indicar, para no permitir confusiones, del trabajo que realiza el laboratorio de "Monitoreo del Aire", de la escuela de Química de la Facultad de Ciencia Químicas y Farmacia, USAC, la implementación de la metodología aquí descrita, debe ser evaluada si se quiere aplicar a otro tipo de estudio, en especial si la fuente emisora de contaminación es diferente a las fuentes móviles.

Desde del año de 1994 a la fecha se han presentado informes anuales sobre la calidad del Aire en la ciudad capital de Guatemala. Como resultado de la realización de muestreos periódicos, en estaciones fijas en los diferentes puntos ubicados en la ciudad capital. Se ha logrado la obtención de resultados con recursos limitado, por lo que surge la necesidad de poder mejorar el sistema de transporte del equipo. Con ello se presenta esta investigación para la evaluación de la remodelación y/o rehabilitación de la unidad móvil.

Con la adopción del laboratorio móvil, se espera poder llegar con mayor facilidad hacia el interior de la República, ampliando la base de datos sobre la calidad del aire en Guatemala.

II. Antecedentes

2.1 Efectos Producidos por la Contaminación Atmosférica

La contaminación atmosférica afecta a millones de personas de todo el mundo, especialmente a aquellas que viven en los grandes núcleos urbanos y en áreas fuertemente industrializadas, con denso tráfico de vehículos. Las emanaciones de polvos y gases corrosivos deterioran el medio ambiente dando lugar a olores desagradables, pérdida de visibilidad y daños para la salud humana, para los cultivos y otras formas de vegetación y sobre los materiales de construcción.

La contaminación atmosférica apareció primero como una molestia grave pero, posteriormente, se ha convertido en una amenaza para la calidad de la vida, ya que una contaminación excesiva puede poner en peligro la salud y llegar a convertir algunas zonas en lugares no aptos para ser normalmente habitados.

Los efectos producidos por la contaminación atmosférica dependen principalmente de la concentración de contaminantes, del tipo de contaminantes presentes, del tiempo de exposición y de las fluctuaciones temporales en las concentraciones de contaminantes, así como de la sensibilidad de los receptores y los sinergismos entre contaminantes. Hay que tener muy en cuenta la graduación del efecto a medida que aumentan la concentración y el tiempo de exposición (1).

2.2 Efectos sobre la salud humana

Las relaciones existentes entre las enfermedades humanas y la exposición a la contaminación no son sencillas ni se conocen con exactitud. No obstante, existen pruebas abundantes de que en general, las concentraciones elevadas de contaminantes en el aire son peligrosas para los seres humanos (y animales). Los efectos que producen sobre la salud se ponen claramente de manifiesto, como se ha observado en Londres, Nueva York y Osaka entre otras ciudades, por el aumento de la mortalidad, sobre todo en las personas de edad avanzada o en los individuos más sensibles por cualquier razón. Más difíciles de discernir son los efectos que, a largo plazo, pueden producir las exposiciones episódicas a elevadas concentraciones medias y bajas de contaminantes.

Se ha comprobado la relación existente entre la contaminación atmosférica, producida por partículas en suspensión y anhídrido sulfuroso, y la aparición de bronquitis crónica caracterizada por la producción de flemas, la exacerbación de catarrros y dificultades respiratorias tanto en los hombres como en las mujeres adultas. Se ha observado igualmente, que cuando las concentraciones tanto de SO₂ como de partículas en suspensión superan los 500 mg/m₃ cúbico de aire, como promedio de 24 horas, se produce un aumento de la mortalidad en la población en general, siendo los grupos más sensibles los individuos con procesos cardíacos o pulmonares. Con promedios diarios de 250 microgramos/metro cúbico de SO₂ y de humos se ha registrado el empeoramiento en los enfermos con afecciones pulmonares (1).

Es de destacar que las concentraciones de partículas en suspensión y de SO₂ que pueden provocar la aparición de efectos sobre la salud, pueden variar de un lugar a otro según cuáles sean las características físicas y químicas de las partículas, y en función de la presencia en el aire de otros contaminantes que puedan producir efectos sinérgicos con aquéllos. La presencia en el aire de elevadas concentraciones de

monóxido de carbono (CO) representa una amenaza para la salud. El CO inhalado se combina con la hemoglobina de la sangre, dando lugar a la formación de carboxihemoglobina, lo que reduce la capacidad de la sangre para el transporte de oxígeno desde los pulmones hasta los tejidos (1).

Se ha comprobado que una saturación de carboxihemoglobina por encima del 10% puede provocar efectos sobre la función psicomotora que se manifiesta con síntomas de cansancio, cefaleas y alteraciones de la coordinación. Por encima del 5% de saturación se producen cambios funcionales cardíacos y pulmonares y se aumenta el umbral visual. No se han encontrado pruebas que indiquen efectos significativos con una concentración de carboxihemoglobina inferior al 2%. Los óxidos de nitrógeno, NO_x, son contaminantes igualmente peligrosos para la salud. La mayor parte de los estudios relativos a los efectos de los NO_x se han ocupado, sobre todo, del NO₂ ya que es el más tóxico. Los efectos producidos por el NO₂ sobre los animales y los seres humanos afectan, casi por entero, al tracto respiratorio. Se ha observado que una concentración media de 190 microgramos de NO₂ por metro cúbico de aire, superada el 40% de los días, aumenta la frecuencia de infecciones de las vías respiratorias en la población expuesta (1).

Otros tipos de contaminantes que afectan a la salud humana son los oxidantes fotoquímicos. Se han realizado estudios epidemiológicos en la ciudad de Los Angeles y no se descubrió ningún aumento de mortalidad como consecuencia de episodios de contaminación fotoquímica, cuando las concentraciones de oxidantes variaban entre 0.5 y 0.9 partes por millón. No obstante, se ha observado que los oxidantes fotoquímicos tienen efectos nocivos sobre la salud, produciendo irritación de los ojos y mucosas. Los oxidantes fotoquímicos afectan especialmente a las personas con afecciones asmáticas y broncopulmonares, en los que se han observado crisis asmáticas y disminución de la función pulmonar cuando las concentraciones atmosféricas de oxidantes eran superiores a 500 microgramos por metro cúbico de aire.

Los metales tóxicos presentes en el aire representan una amenaza para la salud humana cuando se inhalan en cantidades suficientes, debido a la tendencia que presenta el organismo a su acumulación. Por su importancia, destacaremos los efectos producidos por el plomo sobre la salud humana. Los compuestos inorgánicos del plomo atmosférico son absorbidos por los humanos, principalmente a través del sistema respiratorio, alcanzando el torrente sanguíneo aproximadamente el 35% del plomo inhalado por los pulmones. Una vez incorporado el plomo a la corriente sanguínea, una parte se almacena en los huesos y otra se expulsa por la orina, en una continua fase de renovación en el organismo. A partir de ciertas cantidades puede producir efectos adversos en el comportamiento, afectan la inteligencia de los niños y ser causa de anomalías en los fetos de madres gestantes. Los adultos, por lo general, son menos sensibles que los niños a los efectos del plomo, pero una acumulación excesiva en el organismo puede producir serios e irreversibles daños en su sistema nervioso. Otras sustancias tóxicas presentes en el aire tales como el cadmio, amianto, el cloruro de vinilo, el benzo-a-pireno, varios compuestos orgánicos halogenados y el benceno, pueden provocar modificaciones genéticas y malformaciones en los fetos, siendo algunos de ellos cancerígenos (1).

2.3 Efectos sobre las plantas

Las plantas muestran una especial sensibilidad a la mayor parte de los contaminantes del aire, y sufren daños significativos a concentraciones mucho más bajas que las necesarias para causar efectos perjudiciales sobre la salud humana y animal. Es muy difícil establecer valores límites de la contaminación atmosférica a partir de los cuales

los efectos negativos se empiezan a manifestar, ya que estos dependen de la constitución de la planta y de la especie de que se trate, es decir, hay una especificidad de respuestas.

Por otra parte, los efectos producidos por la contaminación atmosférica se pueden manifestar por la alteración de diversos mecanismos vitales de las plantas. Así, las funciones metabólicas y los tejidos vegetales se pueden ver afectados como consecuencia de la acción de gases como el anhídrido sulfuroso, el monóxido de carbono y los compuestos de flúor. Los daños causados se manifiestan en forma de necrosis foliar en áreas localizadas que presentan un color marrón-rojizo-blanco, de clorosis, adquiriendo el tejido una coloración verde pálida o amarilla, o por la aparición de manchas puntuales necróticas. Si la acción del contaminante es muy fuerte puede llegar a paralizar el crecimiento de la planta (1).

Entre los distintos contaminantes que se presentan generalmente en el aire ambiente, el SO_2 es el que tiene mayor importancia debido a la gran toxicidad que tiene para la vegetación. Los daños producidos por el SO_2 a las plantas obedecen a la exposición a altas concentraciones durante períodos cortos; o por la exposición a concentraciones relativamente bajas durante largos períodos. Los daños agudos se producen con consecuencia de exposiciones cortas a concentraciones elevadas. Exposiciones medias diarias de 130 microgramos de SO_2 por metro cúbico de aire durante el período de crecimiento, pueden causar daños en las coníferas más sensibles. Estos daños se caracterizan por la aparición de necrosis apicales de color rojo o anaranjado. La exposición a menores concentraciones durante tipos de exposición más largos ocasiona lesiones crónicas. Exposiciones medias anuales de anhídrido sulfuroso de 50 microgramos por metro cúbico de aire pueden causar daños a especies forestales sensibles. Estas se manifiestan por un gradual amarillamiento de la hoja que se va extendiendo desde la zona apical a la base de la misma, causada por dificultades en el mecanismo sintetizador de la clorofila. En las plantas dañadas se encuentran grandes cantidades de sulfato en las hojas con síntomas crónicos (1).

Las brumas de ácido sulfúrico, causadas por la presencia en el aire de los óxidos de azufre, producen daños en las hojas, caracterizados por la aparición de manchas producidas por las gotas de ácido depositadas sobre las hojas humedecidas por el rocío o la niebla. Concentraciones relativamente bajas de SO_2 pueden causar daños importantes en la vegetación sensible, como consecuencia de la acción sinérgica de este contaminante con el ozono y los óxidos de nitrógeno, aunque estos se presenten en bajas concentraciones en el aire.

El flúor y sus derivados son contaminantes del aire que se caracterizan por ser tóxicos en general para las plantas a muy pequeñas concentraciones. La sensibilidad de las plantas a la acción del flúor varía, como en el caso del SO_2 , según las especies y las condiciones del medio, siendo especialmente sensibles a este contaminante las viñas y las plantaciones frutales, especialmente las de frutos con hueso (como el melocotón o durazno). En el medio forestal, las resinosas son las especies más sensibles al flúor, ya que al tener hojas perennes y tener el flúor un efecto acumulativo sobre los tejidos, se va almacenando hasta sobrepasar los umbrales de toxicidad, lo que da lugar a la aparición de necrosis que pueden llegar a producir la muerte de grandes masas forestales. Un aspecto importante del efecto acumulativo del flúor es su transmisión a través de las cadenas alimentarias. El mecanismo es el siguiente: el flúor presente en el aire se acumula en los pastos y de éstos pasa a los animales, siendo los bovinos los más afectados. La acumulación del flúor en los tejidos puede causar la aparición de la fluorosis, enfermedad que se presenta sobre todo en el ganado vacuno. Observaciones realizadas muestran que la ingestión de pastos puede ser tolerada sin efectos negativos, cuando su concentración en flúor no supera los 40 ppm como

media durante todo el año. Se ha observado la aparición de lesiones visibles sobre las hojas después de una exposición durante un día a concentraciones de flúor en el aire de 3 a 10 microgramos por metro cúbico. Para concentraciones entre 0.5 y 3 mg/m₃ cúbico los efectos se manifiestan cuando transcurren períodos de exposición superiores a un mes. Entre los óxidos de nitrógeno solo el NO₂ es tóxico para las plantas, a pequeñas concentraciones y largo tiempo de exposición. Los daños se manifiestan por la aparición de necrosis y clorosis de color negro o marrón rojizo en las hojas. Los sinergismos de NO₂ y SO₂ provocan a bajas concentraciones alteraciones en la vegetación. Este hecho se ha observado en las zonas urbanas (1).

La contaminación atmosférica fotoquímica produce daños en la vegetación a concentraciones que ya se están alcanzando en algunas ciudades. El ozono y el PAN son los principales causantes de estos daños. Las lesiones producidas por el ozono se manifiestan como manchas blancas o punteados claros sobre el haz de las hojas. Los daños producidos por los PAN se presentan como graves lesiones foliares caracterizadas por una tintura plateada o vidriosa en el envés de la hoja, así como por un ataque general en las hojas jóvenes.

La radiación gamma produce numerosos efectos biológicos sobre las plantas, incluyendo daños a los ácidos nucleicos, citocromos, mitocondria y membranas celulares. Una irradiación crónica en una amplia zona produce una disminución gradual de la diversidad de plantas. Poco a poco los bosques van muriendo, empezando por los árboles más sensibles como los pinos.

2.4 Efectos sobre los materiales

Cada vez se está prestando más atención, tanto por sus repercusiones económicas como por los daños irreparables que causa sobre los objetos y los monumentos de alto valor histórico-artístico, a los efectos que la contaminación atmosférica produce sobre los materiales.

La acción de los contaminantes atmosféricos sobre los materiales puede manifestarse por la sedimentación de partículas sobre la superficie de los mismos, afeando su aspecto externo, o por ataque químico al reaccionar el contaminante con el material. Los SO_x causan daños a muchos tipos de materiales, bien directa o indirectamente. Un alto contenido de SO_x en el aire produce la aceleración de la corrosión de los metales tales como el acero al carbono, zinc, acero galvanizado, compuestos del cobre, níquel y aluminio. Esta aceleración se ve favorecida por la presencia de partículas depositadas por la humedad y por la temperatura. En general, puede señalarse que la corrosividad de una atmósfera depende de condiciones meteorológicas y factores de contaminación. Se han observado correlaciones entre tasas de corrosión en metales y concentraciones de SO₂ en la atmósfera, dándose las tasas altas de corrosión más altas en zonas industrializadas. Las nieblas de ácido sulfúrico procedentes de la conversión catalítica del SO₂ a SO₃ en la atmósfera, atacan a los materiales de construcción como el mármol, la caliza y la argamasa, convirtiendo los carbonatos en sulfatos solubles en el agua de lluvia. Esto unido a que el volumen específico de los sulfatos es mayor que el de los carbonatos, hace que en la piedra aparezcan escamas y se debilite mecánicamente.

Los compuestos de azufre pueden producir daños en pinturas plásticas, papel, fibras textiles y sobre los contactos eléctricos de los sistemas electrónicos, dando lugar a deficiencias en su funcionamiento. La acción de los oxidantes fotoquímicos se produce sobre todo en los cauchos y elastómeros en los que causan un rápido envejecimiento

y agrietamiento. Los óxidos de nitrógeno decoloran y estropean las fibras textiles y los nitratos producen la corrosión de las aleaciones de cupro-níquel(1,2).

2.5 Efectos sobre visibilidad

La presencia de contaminantes en la atmósfera produce la absorción y dispersión de la luz solar, acompañados de una notable reducción de la visibilidad. Los aerosoles de tamaños comprendidos entre 1.4 y 0.8 micras son los que tienen una mayor influencia en la dispersión de la luz solar, debido a la proximidad de su tamaño a la longitud de onda de la luz visible. Se ha observado una estrecha relación entre la disminución de la visibilidad y la presencia de sulfatos en la atmósfera. Una experiencia realizada en Suecia, ha demostrado que los períodos de mínima visibilidad se corresponden con concentraciones máximas de sulfatos y nitratos presentes en la atmósfera.

Los gases presentes normalmente en la atmósfera no absorben la luz visible. El NO_2 en concentraciones altas puede tener un efecto significativo ya que absorbe la franja azul-verde del espectro visible de la radiación solar. Consecuencia de esta absorción es el que la atmósfera de las grandes ciudades adquiera una coloración amarilla-parduzca-rojiza cuando se presentan concentraciones de NO_2 elevadas (2).

2.6 Efectos Globales

Cada vez está más admitida la necesidad de realizar estudios sobre los posibles efectos que a largo plazo puede producir la contaminación atmosférica sobre los distintos ecosistemas, sobre el clima y sobre la estratosfera. Tanto las modificaciones de las características de los suelos, debidas al lavado de los elementos del mismo por las lluvias ácidas, como los cambios producidos en las grandes masas de agua por el aumento de la concentración de metales tóxicos, pueden tener consecuencias ecológicas irreversibles.

El aumento de las concentraciones de dióxido de carbono y de otros contaminantes en la atmósfera puede dar lugar a una elevación general de la temperatura del globo, por efecto invernadero, que modificaría el régimen de lluvias, lo que produciría alteraciones sobre las tierras cultivables y la extensión de los desiertos. Por otra parte, los sulfatos y las partículas finas que disminuyen la visibilidad pueden igualmente reducir la intensidad de la radiación solar. Los hidrocarburos halogenados y los óxidos de nitrógeno emitidos por los aviones supersónicos pueden provocar una disminución de ozono en la estratosfera con el consiguiente aumento de la radiación ultravioleta que llegaría a la Tierra (2).

2.6.1 Efectos sobre los ecosistemas (lluvias ácidas)

Los primeros efectos producidos por las precipitaciones ácidas se detectaron en cientos de lagos de Escandinavia, alrededor de los años 60. En la actualidad, más de 18,000 lagos están acidificados, en Suecia alrededor de 6,000 de ellos muestran graves daños sobre la biología acuática, y unos 2,000 de los situados en la zona meridional y central han perdido sus poblaciones piscícolas.

La acidificación de las aguas interiores tiene efectos muy graves sobre los ecosistemas acuáticos. Se ha demostrado que todos los tipos de organismos integrantes de los ecosistemas de agua dulce son sensibles a la acidificación, produciéndose cambios en todos los niveles tróficos. La acidificación de los lagos y de las masas de agua se está extendiendo progresivamente cada vez a mayor número de países, afectando día a día a más extensas áreas (2).

Las zonas más propensas a la acidificación del agua tienen suelos ácidos de poca profundidad, superpuestos a rocas graníticas o son suelos arenosos muy erosionados. El aumento de la acidez del agua de los lagos y ríos provoca un fuerte aumento del contenido de iones aluminio disueltos en el agua. El ión aluminio es muy tóxico para la mayor parte de los organismos y se cree que la causa última de la muerte de las poblaciones de peces en los lagos acidificados se debe al envenenamiento por aluminio. Otros metales tales como el cadmio, zinc y plomo tienen igualmente una mayor facilidad para disolverse, por lo que son más accesibles para los animales y plantas acuáticas. Los suelos presentan, por lo general, una mayor resistencia a la acidificación que el agua. No obstante, el grado de sensibilidad puede variar muy ampliamente de unas zonas a otras dependiendo, principalmente, del espesor de la capa de humus, de la consistencia del sustrato, así del tipo de rocas y suelo. Uno de los efectos más importantes de la acidificación de los suelos es, probablemente, el incremento de la movilidad con las consiguientes pérdidas por lixiviación de ciertos cationes metálicos de carácter básico tales como el calcio, magnesio, potasio y aluminio (1,2).

En Europa Central, las altas deposiciones de compuestos de azufre y nitrógeno han producido graves daños sobre amplias áreas de suelo y bosques. El daño a los bosques probablemente ha sido causado por la acción combinada de ácidos y metales en el suelo y por las altas concentraciones de SO_2 presentes en el aire de estas zonas. La combinación de un bajo pH en el agua del suelo unido a la presencia de metales, principalmente aluminio, produce daños en las raíces de los árboles, a través de las cuales absorben gran cantidad de nutrientes. Este hecho produce una pérdida de vitalidad haciéndolos especialmente sensibles a las plagas.

2.6.2 Efectos sobre la estratosfera

La presencia en la estratosfera de determinados compuestos, especialmente los clorofluorocarbonos, puede provocar una disminución de la concentración de ozono en la estratosfera. La capa estratosférica de ozono protege la superficie de la tierra de una exposición excesiva a los rayos solares ultravioletas actuando como filtro. Una disminución sensible de esta capa protectora tendría efectos perjudiciales para la salud humana y para la biosfera.

Este incremento de la radiación produciría un aumento apreciable de casos de cáncer de piel en los seres humanos y efectos negativos sobre los organismos, al ser ciertos tipos de plancton vegetal, animales invertebrados y algunos vertebrados en determinadas etapas de su ciclo vital, especialmente sensibles a la radiación ultravioleta (1).

2.7 Correlación entre las Emisiones y las Inmisiones de Contaminantes

Desde los focos de contaminación se produce la mezcla y dilución de los contaminantes en el aire, dando lugar a una distribución de la concentración de los mismos, variable tanto en el espacio como en el tiempo.

La cantidad de contaminantes presentes en la atmósfera vendrá determinada por la diferencia entre los lanzados y producidos en la misma y los que se eliminan a través de los procesos de autodepuración por deposición, precipitación y absorción por el suelo, el agua y la vegetación. Estos procesos de autodepuración atmosférica pueden causar acumulaciones excesivas de contaminantes en otros medios (vegetación,

suelos, lagos, etc.), incluso lejos del punto de emisión del contaminante, como consecuencia del arrastre atmosférico producido por el viento.

En las áreas en que se dé una fuerte concentración de focos emisores de contaminantes pueden producirse episodios de fuerte contaminación local como consecuencia de la persistencia de situaciones meteorológicas adversas para la difusión de los contaminantes. Estos episodios se manifiestan con grandes aumentos de la concentración de contaminantes en un área más o menos extensa alrededor de focos contaminantes y pueden verse forzados por las especiales condiciones topográficas de la zona, o por la localización de barreras artificiales (edificios) que pueden favorecer la acumulación de contaminantes. En otros casos los contaminantes pueden alcanzar bastante altura e introducirse en las masas de aire que forman las corrientes generales de vientos sobre la tierra, siendo arrastrados a muchos kilómetros de las fuentes de emisión (2).

2.7.1 Influencia de los procesos meteorológicos en la contaminación atmosférica

La concentración de contaminantes a nivel del suelo varía como consecuencia del desequilibrio entre los índices de producción de contaminantes y los de dilución y desaparición de los mismos. Es decir, la concentración de contaminantes dependerá de la relación de fuerzas entre las fuentes contaminantes y las condiciones de autodepuración atmosférica (2).

La importancia de las condiciones meteorológicas en el grado de contaminación atmosférica se reconoce observando las variaciones de la calidad del aire en una zona determinada de unos días a otros, aún cuando las emisiones permanecen prácticamente constantes. Las principales variables meteorológicas a considerar por su influencia sobre la calidad del aire son:

- a. el transporte conectivo horizontal, que depende de las velocidades y direcciones del viento.
- b. el transporte conectivo vertical, que depende de la estabilidad atmosférica y del fenómeno de la inversión térmica de las capas de la atmósfera.

2.7.2 Transporte conectivo horizontal

El viento, al transportar los contaminantes, produce su dispersión horizontal y determina la zona que va a estar expuesta a los mismos. Por lo general, una mayor velocidad del viento reducirá las concentraciones de contaminantes al nivel del suelo, ya que se producirá una mayor dilución y mezcla.

No obstante, pueden producirse circulaciones cerradas de viento, como en el caso de las brisas del mar y las de valle y montaña, en las que los contaminantes lanzados a la atmósfera se incorporan a la circulación del viento con lo que se produce una acumulación progresiva de contaminantes, que da lugar a un aumento de la concentración de los mismos en las zonas barridas por este tipo de vientos. Efectos similares se producen cuando los vientos fuertes inciden perpendicularmente a las crestas montañosas, a un valle o sobre los edificios altos; en estas condiciones, los efectos aerodinámicos de estos obstáculos pueden tener consecuencias negativas para la dispersión de contaminantes, acumulándolos en determinadas zonas (2).

2.7.3 Transporte conectivo vertical

El principal factor que determina el grado de difusión vertical de contaminantes es la variación vertical de temperaturas en la atmósfera. Podemos determinar la capacidad de difusión vertical de contaminantes comparando la variación vertical de temperaturas de un estrato de aire atmosférico con el gradiente vertical adiabático del aire, que corresponde a una variación de -1°C por cada 100 metros de altura. De esta forma se obtienen tres clases diferentes de estabilidad atmosférica en el estrato, según que la variación de la temperatura con la altura sea mayor, igual o inferior que la correspondiente al gradiente vertical adiabático.

Si en la capa de aire la temperatura desciende con la altura bastante menos de un grado cada 100 metros, los movimientos verticales del aire están muy limitados por lo que hay poca o nula dispersión vertical de contaminantes. En estas condiciones se dice que la clase de estabilidad atmosférica es del tipo estable.

Cuando la temperatura del estrato desciende con la altura más de un grado cada 100 metros de altura, la estabilidad atmosférica será del tipo inestable y los movimientos verticales del aire están muy favorecidos difundiéndose los contaminantes verticalmente hasta donde alcance la inestabilidad.

Por último, tenemos el caso de la estratificación indiferente o nula, que se da cuando coinciden la variación de temperatura del estrato con la gradiente vertical adiabático. En estas condiciones la dispersión vertical de contaminantes no está limitada. Cuando la temperatura del aire aumenta con la altura, aparece el fenómeno de la inversión térmica. Este fenómeno produce una fuerte acción limitadora en la dispersión de contaminantes. La inversión de la temperatura del aire se puede producir como consecuencia del enfriamiento del suelo, por la gran irradiación de calor que se produce en las noches despejadas. El aire se va enfriando progresivamente desde el suelo hacia arriba, produciendo una fuerte estabilidad atmosférica que impide la difusión vertical de los contaminantes. La inversión térmica se forma durante la noche y suele desaparecer progresivamente durante la mañana, cuando la radiación solar calienta de nuevo el suelo y éste a las capas de aire que están en contacto con él (1,2).

Existen otros tipos de inversiones que, generalmente, se producen a más altura y que actúan como una capa que limita la dispersión de contaminantes en sentido vertical, incrementando notablemente las concentraciones de contaminantes en los estratos de aire que quedan bajo ellos. Estos tipos de inversiones son las llamadas de subsistencia, que tienden a formarse en las áreas anticiclónicas, y las inversiones frontales, producidas por la superposición de una masa de aire cálido sobre una de aire más frío. Este último tipo de inversión suele tener por lo general una permanencia escasa.

Un aspecto interesante de la contaminación atmosférica es el de la micrometeorología urbana. Las grandes ciudades crean al su alrededor un microclima propio, el efecto isla urbana de calor, produciendo un penacho térmico que tiene gran incidencia en la capacidad de difusión de los contaminantes urbanos. A menudo, da lugar a la circulación de vientos locales que elevan el aire caliente del centro de la ciudad, creando una corriente compensada de aire frío de la zona rural circundante que penetra en la zona urbana a niveles bajos.

Las grandes ciudades alteran el clima urbano de muchas formas; por lo general la temperatura es superior, hay menos viento, menos precipitaciones en forma de nieve, si bien las precipitaciones totales son ligeramente superiores en la ciudad que en las

zonas rurales circundantes. La radiación solar, y especialmente los rayos ultravioletas, es más reducida en la ciudad como consecuencia del efecto pantalla producido por la contaminación urbana (2).

2.8 NORMATIVA DE REFERENCIA

El actual marco legislativo en materia de calidad del aire viene establecido por la Directiva 96/62/CE, de 27 de septiembre, sobre evaluación y gestión del aire ambiente, y su posterior desarrollo mediante normas específicas para diferentes contaminantes.

Y en normas de calidad para los combustibles y el establecimiento de límites de emisión cada vez más estrictos para los automóviles (Normas Euro).

Normativa de edificación: directamente relacionada con las emisiones debidas al sector residencial, comercial e institucional.

Normativa de emisiones industriales: pese a la relativa baja presencia de este sector en el municipio, su evolución es analizada en este documento.

Otra normativa relacionada: el desarrollo de las medidas de la presente Estrategia ha requerido el análisis de otras normas que tienen relación con la calidad del aire o con los aspectos en los que se plantean actuaciones. Por este motivo se ha analizado la normativa municipal en materia de circulación, las normas que regulan emisiones de maquinaria de obra, el actual marco normativo en materia de fiscalidad municipal, normativa reguladora de las actividades de gestión de residuos, etc.

Estrategia Local de Calidad del Aire de la Ciudad de Madrid 2006-2010

Para cada uno de los siguientes cinco contaminantes:

1. Dióxido de azufre (SO₂)
2. Dióxido de nitrógeno (NO₂)
3. Partículas (PM₁₀)
4. Ozono (O₃)
5. Monóxido de carbono (CO)

se calculará un índice, conocido como índice parcial. La calidad del aire de la zona estudiada, vendrá definida por el peor de los índices parciales de cada uno de los contaminantes que se conoce como índice global de calidad del aire.

El valor del índice estará comprendido entre 0 y >150, de modo que cuanto mayor sea el índice, peor será la calidad del aire. El valor del índice 0 corresponderá a una concentración nula de contaminante.

Figura #1. Tabla de valores recomendados para Madrid, España (2).

Contaminante	Valor límite	Comentarios
SO ₂	125 µg/m ³ , valor medio en 24h	
NO ₂	200 µg/m ³ , valor máximo en 24h	300 µg/m ³ a la entrada en vigor de la Directiva, con una disminución lineal a partir del 1 de Enero del 2001 y posteriormente cada 12 meses hasta alcanzar el 200 µg/m ³ en el año 2010
PM ₁₀	50 µg/m ³ , valor medio en 24h	75 µg/m ³ a la entrada en vigor de la Directiva, con una disminución lineal a partir del 1 de Enero del 2001 y <u>posteriormente</u> cada 12 meses hasta alcanzar el 50 µg/m ³ en el año 2005
CO	10000µg/m ³ , máximo de las 3 medias octohorarias (0-8,8-16,16-24)	15000µg/m ³ a la entrada en vigor de la Directiva, con una disminución lineal a partir del 1 de enero de 2003 y posteriormente cada 12 meses hasta alcanzar 10000 µg/m ³ el 1 de enero de 2005
O ₃	120 µg/m ³ , máximo de las 3 medias octohorarias (0-8,8-16,16-24)	

2.1 Métodos activos

La mayoría de los métodos aplicados para la evaluación de la contaminación del aire por partículas en las zonas metropolitanas de las capitales de Centro América se basa en la gravimetría. En lo siguiente, se sentarán las bases para la determinación de los parámetros

2.1.1 Partículas Totales Suspendidas (TSP, por sus siglas en Inglés), *Partículas menores a 10 Micras* (PM₁₀) y la *Precipitación de Polvo*. Como regla general, se puede decir que el diseño físico de los instrumentos para la determinación de las partículas en el aire está basado en principios aerodinámicos.

2.1.2 Partículas Totales Suspendidas (TSP)

El parámetro TSP es el parámetro tradicional para determinar la contaminación del aire por partículas. Sin embargo, hasido reemplazado como contaminante prioritario por PM₁₀ en los últimos años.

Igual al método posteriormente descrito para la determinación de partículas PM₁₀, la toma de la muestra de TSP se efectúa por medio de una bomba, la cual succiona un volumen de aire a través de un filtro, donde quedan atrapadas las partículas. Como lo dice el nombre, la categoría "Partículas Totales Suspendidas" incluye todas las partículas que se mantienen flotando en el aire durante un cierto tiempo. El equipo utilizado ampliamente para la determinación de las TSP es el medidor de alto volumen o "HighVol". Los filtros de fibras de vidrio colocados en el HighVol retienen partículas con diámetros hasta aproximadamente 100 micras, el tiempo de muestreo es de 24 horas. Dicho lapso de 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 casi todos los países que tienen definidas normas de calidad del aire.

2.1.3 Partículas menores a 10 Micras (PM_{10})

El dispositivo para la determinación de las partículas menores a 10 micras (PM_{10} , por sus siglas en inglés) se distingue del dispositivo para la determinación de las partículas TSP por la utilización de un impactador diseñado para la separación de las partículas PM_{10} de aquellas con un diámetro mayor a 10 micras. En este apartado se describe aquel impactador de bajo volumen y de doble impacción que se conoce desde 1986 como “Impactador Harvard” o simplemente “MiniVol”. Para optimizar la eficiencia de recolección, se recomienda utilizar el MiniVol con dos impactadores incorporados. Por medio de medidas adecuadas (distancia entre los impactadores, diámetro de la placa céntrica) se logra un “cut-off” de 10 μm . En teoría, la curva de cut-off es una línea vertical, pero en práctica siempre llegan algunas partículas $> 10 \mu m$ al filtro, mientras que algunas PM_{10} están retenidas en uno de los dos impactadores.

La unidad de impacción y el dispositivo para la determinación de PM_{10} consiste en una bomba y un orificio crítico. Dicho orificio crítico es un tubo metálico entre la manguera y la bomba, el cual por medio de una restricción mecánica garantiza un flujo constante de 4 litros/minuto. Este valor puede sin embargo variar con el tiempo – por desgaste del material del orificio crítico o por las condiciones atmosféricas propias del sitio de muestreo – por lo que se recomienda determinar el flujo real semanalmente con un flujómetro.

Igual que el caso de la determinación de las partículas TSP, el tiempo de muestreo para PM_{10} con el MiniVol es de 24 horas. Dicho 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 los países que tienen normas de calidad del aire. Se recomienda utilizar filtros de teflón para la determinación de las partículas PM_{10} , ya que eso permite el posterior análisis en cuanto al contenido en metales pesados (véase apartado 4.2.3) o hidrocarburos. También esos filtros de teflón tienden a acumular la humedad, y para evitar la sobrestimación de las concentraciones de PM_{10} , es necesario secar los filtros durante 24 horas en una estufa a 28 – 30 °C.

2.2 Contaminantes gaseosos

2.2.1 Métodos pasivos

Tanto el muestreador utilizado para determinar el dióxido de nitrógeno (NO_2) como el para el ozono (O_3) están basados en el Método de Palmes, ambos son dispositivos pasivos que no requieren energía 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 (3).

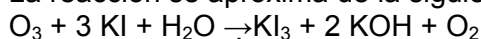
Los tubos pasivos para NO_2 y O_3 respectivamente se distinguen en detalles tanto de construcción como de funcionamiento para NO_2 se utiliza un tubo de polipropileno de 9.5 mm de diámetro interno y 7.4 cm de largo, el medio absorbente consiste en tres redcillas de acero inoxidable cargados de trietanolamina. Luego de la exposición del tubo durante 30 días, se lee la absorbancia en el espectrofotómetro a 540 nm con celdas de 1.0 cm y se determina la cantidad captada del contaminante por medio de una curva de calibración (3).

Para la cuantificación de O₃ 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 fibras de vidrio mojado 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 con el método MBTH a 442 nm con celdas de 1.0 cm. El tiempo de exposición de los tubos de ozono es de 7 días.

Los tubos pasivos se colocan con el tapon inferior (de color rojo) removido en un contenedor especial para protegerlos de la lluvia, minimizar la influencia del viento y disminuir la exposición a la radiación solar (importante en el caso de los tubos de ozono) (3).

2.2.2 Método Impinger

Este método de química húmeda está basado en el hecho que cantidades pequeñas de ozono y otros oxidantes liberan yodo cuando están absorbidos en una solución de 1% de yoduro de potasio. El yodo se puede determinar por medio de espectrofotometría, cuantificando la absorbancia a una longitud de onda de 352 nm. La reacción se aproxima de la siguiente forma:



El método requiere de varios reactivos, mientras que se utilizan pocos equipos relativamente sencillos. Se necesita una bomba de succión capaz de mantener un flujo constante durante por lo menos 30 minutos y las unidades de vidrio llamados "impinger" (3).

2.2.3 Métodos continuos

La resolución temporal de la información brindada por los métodos continuos es mucho más alta que aquella obtenida por los demás métodos disponibles. La frecuencia con la cual se toman mediciones es programable y puede variar desde segundos hasta horas, siendo el único factor limitante la capacidad de la memoria del equipo para almacenar los resultados obtenidos. Resulta ser una gran ventaja que los analizadores automáticos pueden estar manipulados desde computadoras externas, por ejemplo a través de la red telefónica. Eso permite equipar estaciones automáticas con varios de estos analizadores y juntar una multitud de estas estaciones automáticas en una red, la cual está administrada por una central de computación. La central se encarga de juntar y procesar la información obtenida en cada estación, pero siempre tiene que estar en contacto con una unidad móvil de personal especializado, la cual en caso de mal funcionamiento de analizadores trata de reparar el daño para disminuir la pérdida de información (1).

Es también posible de hacer mediciones con un solo analizador automático, el cual debe estar colocado por fines de protegerlo dentro de una edificación. La muestra de aire llega al aparato a través de una manguera de teflon, y la información se puede bajar del equipo cada par de días por medio de una computadora portátil. Se recomienda utilizar una trampa de agua, la cual impide que entre agua al analizador.

Los analizadores automáticos mencionados en este manual, para monóxido de carbono (CO) y ozono (O₃) respectivamente, se han utilizado hasta la fecha de la forma anteriormente descrita. Varios laboratorios se encuentran actualmente en el proceso de obtener una estación móvil equipada con analizadores automáticas, cuyos resultados serán transferidos por teléfono o radio al laboratorio (3).

2.2.4 Principios de medición

El funcionamiento de los dos analizadores posteriormente mencionados se basa en la Ley de Beer, la cual describe como la luz está absorbida por una molécula específica en una longitud de onda definida.

La Ley de Beer forma la base para el funcionamiento de los analizadores automáticos que convierten una señal óptica en una señal electrónica, independientemente del gas a detectar y de la empresa que produce el equipo.

Los detalles técnicos sin embargo varían de un modelo a otro, razón por la cual se describe en lo siguiente el funcionamiento de dos analizadores específicos: el Modelo API 300 para monóxido de carbono y el Modelo API 400A para ozono, ambos producidos por la empresa Advanced Pollution Instrumentation Inc. (API) (1,4).

2.2.5 Analizador infrarojo para CO

La detección y medición de monóxido de carbono en el Modelo 300 se basa en la absorción de radiación infrarroja (IR) por parte de moléculas de CO en la longitud de onda específica de 4.7 μm . El Modelo 300 utiliza un elemento calentado con alta energía para generar una banda ancha de luz infrarroja.

La luz pasa a través de un filtro de gas en forma de anillo giratorio que hace que el rayo de luz pase alternamente a través de un compartimiento de gas llena de nitrógeno (celda de medición), y otro lleno de una alta concentración de monóxido de carbono (celda de referencia). Detrás del anillo giratorio se encuentra la celda de muestra (4).

El principio llamado Corelación de Filtro de Gas ("Gas Filter Correlation" GFC) requiere que el anillo gire a una tasa de 30 ciclos/segundo, lo que hace que el rayo de luz esté modulado en pulsos de referencia y medición. Durante un pulso de referencia, el compartimiento de CO del del anillo giratorio descompone eficazmente el rayo de toda la energía IR en longitudes de onda donde el CO puede absorber (4).

Como resultado se obtiene un rayo que no es afectado por el CO en la celda de muestra. Durante el pulso de medición, el nitrógeno del filtro de gas no afecta el rayo, que subsecuentemente puede alternarse con cualquier CO en la celda de muestra.

Después del anillo de filtro de gas, el rayo IR entra a la celda de muestra de paso múltiple. Esta celda usa ópticas plegables para generar una longitud de paso de absorción de 16 metros para lograr sensibilidad máxima. Luego de excitar la celda de muestra, el rayo pasa por un filtro de interferencia de paso de banda para limitar la luz a la longitud de onda que se necesita (4).

Por último, el rayo golpea el detector que es un foto-conductor sólido enfriado termoeléctricamente. Este detector, junto con su pre-amplificador y su suministro de voltaje convierten la señal luminosa en una señal de voltaje modulada. La salida del detector es desmodulada electrónicamente para crear dos voltajes DC: CO Medición y CO Referencia. Estos voltajes son proporcionales a la intensidad de la luz que recibe el detector durante los pulsos de medición y referencia, respectivamente (4).

2.2.6 Analizador ultravioleta para O₃

La detección y medición de moléculas de ozono en el Modelo 400A se basa en la absorción de 254 nm de rayos UV debido a una resonancia electrónica de la molécula de O₃. El analizador automático utiliza una lámpara de mercurio que emite una onda de 254 nm. La luz de la lámpara brilla hacia abajo hasta un tubo de vidrio hueco que alternamente es llenado con la muestra y luego con gas limpio para remover el ozono. La tasa de la intensidad de luz I/I_0 es la base para el cálculo de la concentración de ozono C_{ozono} según Beer-Lambert (4)

La concentración de ozono depende de la tasa de la intensidad (I/I_0). Temperatura y presión influyen sobre la densidad de la muestra, la cual cambia el número de moléculas de ozono en el tubo de absorción que impacta la cantidad de luz que se remueve del rayo de luz. Estos efectos se pueden atender midiendo directamente temperatura y presión, incluyendo sus valores reales en el cálculo. El coeficiente de absorción es un número que refleja la habilidad inherente del ozono de absorber luz de 254 nm. La mayoría de las mediciones actuales ubican este valor en $308 \text{ cm}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ en STP.

El valor de esta cantidad refleja el hecho de que el ozono es un eficiente absorbente de radiación UV, razón por la cual el ozono estratosférico protege las formas de vida que se encuentran debajo de la atmósfera de los efectos dañinos de la radiación solar UV. Por último, la longitud de la ruta de absorción determina cuántas moléculas existen en la columna de gas del tubo de absorción (5).

El Modelo 400A completa cada ocho segundos un ciclo de medición que consiste de un período de espera de 2 segundos para que la muestra fluya, seguido por 2 segundos en los cuales se mide la intensidad promedio de luz para determinar la intensidad de luz I . La válvula de la muestra se gira entonces para permitir la penetración del gas limpio por otros 2 segundos, seguidos por dos segundos en que se mide la intensidad promedio de luz y así obtener I_0 . Medir I_0 cada ocho segundos minimiza la oscilación por cambios en la intensidad de la lámpara ocasionadas por el tiempo y la suciedad. El filtro provee 72 promedios cada 120 segundos.

Se debe tener presente que el método de absorción de UV para detectar ozono está sujeto a interferencias provenientes de diferentes fuentes. El Modelo 400A ha sido puesto a prueba con éxito en su habilidad de rechazar la interferencia de dióxido de sulfuro, dióxido de nitrógeno, óxido nítrico, agua y m-xileno. El instrumento rechaza la interferencia del hidrocarburo aromático m-xileno, pero existe una gran cantidad de hidrocarburos volátiles aromáticos que potencialmente podrían interferir con la detección de ozono. Si el Modelo 400A va a ser instalado en un ambiente donde se sospecha que hayan altas concentraciones de hidrocarburos aromáticos, se deben conducir pruebas específicas que revelen la cantidad de interferencia que estos compuestos podrían causar (1,5).

III. Planteamiento del Problema

La importancia de esta investigación, es determinar el grado de factibilidad entre la reconstrucción del laboratorio móvil con que se cuenta en la actualidad la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia para el monitoreo del aire en la ciudad capital, ó la construcción de un laboratorio móvil nuevo.

Se pretende determinar la mejor opción para la construcción ó rehabilitaron del laboratorio móvil, por medio de diferentes cotizaciones en el mercado.

Es importante lograr el financiamiento para la construcción del laboratorio móvil, este financiamiento puede lograrse por medio de diferentes entidades como lo son: DIGI-USAC, CONCYT, SENACYT, FODECYT. Por lo que es de mucha importancia el planteamiento de un proyecto para la rehabilitación del laboratorio móvil para el monitoreo del aire.

Al referirse a la calidad de apropiado se trata de un transporte que sea seguro, que cumpla con el reglamento de transito, como puede observarse en la figura No.2, el laboratorio móvil actual presenta dos grandes deficiencias como los son la alta inestabilidad debida al mal sistema de amortiguamiento, la gran distancia que se encuentra entre el cajon y el suelo, situando el centro de gravedad muy arriba facilitando que de vuelta en una curva muy cerrada, agregando el peso excesivo, el cual se debe a que el cajón esta asentado en dos rieles de gran peso, como puede observarse en la figura No.6. Además no cuenta con barras estabilizadoras, hojas de resorte y amortiguadores los cuales evitan que se pierda el control sobre el mismo al momento de pasar por un bache. Por ultimo mencionar lo poco práctico que es el trasladar este laboratorio móvil debido a su gran peso y altura, como puede observarse en la figura No.8, dicho trabajo no puede realizarlo cualquier tipo de vehiculo ya que anteriormente se intento mover el laboratorio con carros tipo sedan, pick up sin poder lograrlo hasta que se intentó con un carro tipo Jeep, el cual dio la altura para poder engancharlo.

Cuando se habla de adecuado se refiere al alojamiento del equipo interno, sin que sufra daños. Por lo que es necesario el reacondicionamiento interno del laboratorio móvil actual, ya que muchos de los equipos utilizados se encuentran en contacto directo con las laminas del piso o de las paredes, no siendo estas herméticas ni termo-aislantes, por lo que los equipos sufren deterioros por efecto del la humedad como se puede observar en la figura No.5. Además se pierde espacio interno por un mal acondicionamiento del equipo.

IV. Objetivos

4.1 Generales:

Realizar un proyecto para la evaluación de la rehabilitación o la construcción de un laboratorio móvil, para monitoreo del aire.

4.2 Específicos:

4.2.1 Realizar las diferentes cotizaciones para la elaboración de laboratorios móviles y costos de laboratorios móviles en otros países como lo es Japón, Estados Unidos de Norte América y España.

4.2.2 Generar el diseño de un laboratorio móvil, tomando como base el laboratorio móvil con que cuenta la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

4.2.3 Determinar el costo y factibilidad de, la fabricación de un laboratorio móvil nuevo, contra el laboratorio móvil que se cuenta actualmente en la Facultad de Farmacia.

4.2.4 Plantear la propuesta de anteproyecto bajo la línea FODECYT.

V. Hipótesis

Dado el tipo de investigación, no se cuenta con el planteamiento de una hipótesis.

VI. Materiales y Métodos

Materiales

Cámara fotográfica canon sd 630
Cinta métrica
Teléfonos celulares/ teléfono Fax.
Computadora portátil y PC
Calculadora
Transporte publico
Hojas papel bond
Lápiz
Lapicero
Memoria USB
Escalera

Recursos Humanos

Ingeniero Civil
Ingenieros Eléctricos
Técnicos Electricistas
Arquitectos
Epesista de la carrera de Química
Carpinteros
Secretarias de la escuela de Química

Métodos

Hojas de Calculo tipo Excel
Hojas de texto tipo Word
Programas para diseño y simulación en tres dimensiones tipo Autocad, Artlantis,
Acrobat Reader,

VII. Resultados

Nota. Dada la naturaleza de la investigación solamente se presentaran valores de cotizaciones realizadas. Los planos del diseño son exclusivos de la empresa que realizo el diseño.

Equipo con que cuenta el laboratorio móvil (Propuesta)

Campana para atrapar gases

Estación meteorológica interna y externa

Soporte para colocar botella de lluvia acida

Soporte para colocar tubos de NO₂ (pasivo)

Medidor automático para Dióxido de Azufre (SO₂)

Medidor automático para Ozono (O₃)

Medidor automático para Monóxido de Carbono (CO)

Impactor de partículas totales suspendidas

Impactor de alto volumen para partículas menores a 10 micras (PM₁₀)

Impactor de PM₁₀ de bajo volumen

Potenciómetro

Aparato para posicionamiento global (GPS)

Maletines para SO₂ y NO₂ (activo)

Bombas de vacío

Desecadoras

Computadora portátil

Teléfono

Fax

Servicio de Internet

Baterías de carga profunda

Sistema de aire climatizado

Lámparas internas de luz

Sistema de luces de emergencias

Sistema de luces de transito

Sistema de reportaje

Sistema para remolque

Presupuesto No. 1

Rehabilitación del laboratorio móvil actual

Mano de obra

Desmantelamiento del chasis

Re adaptación de un chasis más adecuado

Puerta trasera

Re acondicionamiento del sistema de remolque

Llantas nuevas

Diseño e instalación de un nuevo sistema eléctrico

Reconstrucción de la carrocería

Re acondicionamiento de materiales en deterioro

Fabricación de doble material aislante externo

Aislamiento térmico interno

Sistema de electricidad

Diseño

Ensamble y construcción del laboratorio

Costo total: Q. 165,000.00

Presupuesto No.2 (ver figura No.1)

Vehículo Nuevo

Vehículo

Diseño

Ensamble

Construcción

Furgón aislado térmicamente

Tres puertas de acceso al furgón

Sistema eléctrico 110V

Costo Total: Q. 130,000.00

VIII. Discusión de resultados

- La notable diferencia entre los dos presupuestos, es muy grande (Q 35,000.00). Esta diferencia se debe a que en la cotización primera, se pretende la rehabilitación del laboratorio móvil con que contaba la Facultad de Farmacia el cual fue donado. Se considera que las instalaciones internas no son las adecuadas para un Laboratorio para Monitoreo del Aire.

-Tomando como referencia el laboratorio móvil actual y deshabilitado, éste es impracticable en cuanto a transporte, ya que no cuenta y cumple con los requerimientos necesarios para cumplir las leyes de tránsito, por lo que hace que el transporte del mismo sea inseguro, tanto como para el conductor del automóvil que remolcará como para los demás transportistas.

-El elevado costo del primer presupuesto, se debe a que es necesario realizar las adaptaciones pertinentes para lograr hacer coincidir el nuevo diseño (tomando en cuenta el espacio interno) con el diseño interno con que cuenta en la actualidad el laboratorio móvil, que se encuentra deshabilitado.

-El costo de la segunda cotización, es notablemente menor. Esto se debe a que se realizará la construcción de la unidad móvil, desde cero por lo que no hay que estar realizando adaptaciones de espacio. Solamente se tiene que armar las piezas para completar el espacio interno ya predeterminado para la misma.

-Desde el punto de vista práctico, es mucho más fácil transportar un laboratorio móvil, el cual cuenta con su transporte propio e incorporado, que un laboratorio móvil el cual se debe de acoplar a un automóvil al cual se debe de anclar para poder movilizarlo.

IX. Conclusiones

- Con base en a la cotización realizada, se concluye que la mejor opción para la rehabilitación del laboratorio móvil, es implementar una nueva unidad.
- En cuanto a financiamiento, la mejor opción es la de hacer un nuevo laboratorio móvil, con financiamiento de la Dirección General de Investigación DIGI-USAC, FODECYT.
- El laboratorio nuevo presenta la ventaja de no necesitar otro vehiculo para su traslado.
- El laboratorio móvil con que cuenta la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacias, para el monitoreo del aire en la ciudad capital es inseguro, inestable y no cumple con las normas establecidas por el departamento de transito.
- La rehabilitación del laboratorio móvil actual, implica una mayor mano de obra aumentando considerablemente su costo.
- La diferencia entre la reconstrucción del laboratorio móvil actual y la construcción de un laboratorio móvil nuevo es de Q 35,000.00

X. Recomendaciones

10.1 Recomendaciones propuestas por el epesista

- Realizar diferentes cotizaciones con otras compañías en el extranjero.
- Realizar la actualización del equipo de laboratorio para el laboratorio móvil.
- Dar mantenimiento y servicio a el equipo de laboratorio, así también a la unidad móvil en cuanto a maquinaria, instalaciones internas y componentes eléctricos.

10.2 Recomendaciones realizadas por la empresa que brindo las dos cotizaciones

- No es aconsejable este trailer por la enorme inseguridad del vehículo mismo.
- Los mejores sistemas de amortiguamiento y suspensión que se le puedan adaptar, no son los más adecuados para transportar equipo delicado.
- El tiempo de entrega son 8 meses, a partir de la firma del contrato y un adelanto del 60% del costo total.
- El cliente provee todo el equipo y todos los aparatos de medición.
- Este pequeño furgón es un vehículo más adecuado para el tipo de equipo, sistema de trabajo, requerimientos de tránsito, funciónabilidad y practicidad.

XI. Referencias

- 1. Ministerio de la Presidencia, Disposiciones Generales, Real Decreto 1073/2002, Madrid.**

- 2. Ministerio de la Presidencia, Disposiciones Generales, Real Decreto 1796/2003, Madrid**

- 3. Manual de Laboratorio de Monitoreo del Aire, Programa Aire Puro, swisscontac.**

- 4. Gas Filter Correlation CO Analyzer Model 300 Instruction Manual No. 002163G Advanced Pollution Instrumentation, Inc. (API). San Diego, 1997.**

- 5. UV Absorption Ozone Analyzer Model 400A Instruction Manual No. 02260 Advanced Pollution Instrumentation, Inc. (API). San Diego, 1999.**

XII. Anexos



Figura #1. Diseño del laboratorio móvil, según presupuesto numero 2. Este laboratorio móvil es completamente independiente de vehículos para su transporte, cumple con las leyes de tránsito de Guatemala.



Figura #2. Imagen del Laboratorio Móvil de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, el cual se encuentra deshabilitado, se encuentra almacenado en el estacionamiento trasero del INCAP.



Figura #3. Imagen de una de las unidades al servicio de Monitoreo del Aire, en España.



Figura #4. Imagen del sistema de enfriamiento, en esta imagen se puede observar el tipo de construcción que se utilizó, el cual no es aislante.



Figura #5. Imagen del equipo con que cuenta el Laboratorio Móvil, en esta imagen se puede observar el diseño de las instalaciones, no son las adecuadas para realizar las mediciones en el campo.



Figura #6. Imagen del sistema de amortiguamiento, soporte del equipo. En esta imagen se puede observar que el sistema de resortes no cuenta con las barras estabilizadoras, que son las necesarias para que el cajón sea estable en las curvas. También se deja ver que no cuenta con hojas de resorte ni amortiguadores, los cuales evitan que salte el cajón al momento de pasar por algún bache. Todos estos factores mencionados anteriormente hacen de este laboratorio un sistema peligroso.



Figura #7. En esta Imagen se puede observar la puerta para el ingreso al laboratorio, la cual no es completamente hermética ni segura.



Figura #8. En esta Imagen se puede observar el sistema utilizado para remolcar el Laboratorio Móvil de un lugar a otro, el cual necesita de un automóvil de gran potencia, debido a su excesivo peso.

**MENSAJE VÍA CORREO
ELECTRONICO**

DIRECCION:

arnerdaniel@yahoo.com

ATENCIÓN: Lic. Abner Rodas

ASUNTO: Adendum 2 a la
Cotización laboratorio móvil
para monitoreo de aire

Asesoría Fenix, S.A.

diseño y construcción de laboratorios móviles

Raúl Monzón

diseñador



Guatemala

Cel: 5781 2012

Fax: 2368 1854

raulmonzon@guate.net.gt

Guatemala, 6 de septiembre 2007

Lic. Abner Rodas
Facultad de Farmacia
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Señor Rodas:

Me es grato saludarle nuevamente y extender la información de la información del diseño, ensamble y construcción del laboratorio móvil para mediciones eólicas, requerido por su persona el día de ayer.

1. *Características generales del vehículo:*
 - a. *Tipo pic up*
 - b. *Furgón en la parte trasera con aislamiento térmico con la capacidad de aislamiento de un cuarto frío.*
2. *Medidas externas del furgón: 2.45 mts de largo, 1.42 mts de ancho y 1.25 mts de alto.*
3. *Tipo de construcción del furgón:*
 - a. *Paredes de aluminio de 1 mm de espesor con interior de duroport especial para aislamiento de cuartos fríos.*
 - b. *Doble puerta trasera. Una puerta lateral derecha. Una puerta lateral izquierda.*
 - c. *Diseño interior:*
 - i. *El Recolector de Partículas específicas y el Recolector de Partículas generales van en la parte delantera del furgón, ubicados en los laterales, con acceso directo desde las puertas laterales respectivas, y la parte recolectora sale a través del techo del mismo. Ver foto impresa.*
 - ii. *El resto del equipo será distribuido adyacente a los recolectores y en la parte trasera, con el propósito de tener acceso directo desde la parte externa del furgón.*
 - d. *Materiales de los muebles que contienen el equipo:*

- i. Serán contruidos de conglomerado de madera con forro de melamina blanca en ambas cara.
- 4. *Diseño interior:* será tipo gabinetes adecuados específicamente al equipo, según sus medidas y uso.
- 5. *Electricidad:* inversor adecuado a las necesidades eléctricas de los instrumentos 110 V.

Los precios de la cotización original están sujetos a revisión, dado el tiempo transcurrido y las modificaciones y extras que requiere el diseño final.

Debemos de contar con 45 días hábiles extras para el pedido especial de las piezas de fábrica del furgón en donde van las puertas laterales adecuadas al tamaño requerido.

Atentamente

Lic. Raúl Monzón
Asesoría Fénix S.A.



Anexo 2. Cotizaciones realizadas por Asesoría Fénix.