





## FINANCIAMIENTO

Este seminario de título fue financiado por el proyecto FONDECYT 1085007.





*A mis padres Georgina y Marcelo*

## AGRADECIMIENTOS



Sin duda alguna le dedico este seminario y todos mis logros alcanzados en mi vida a mis padres, sin su apoyo incondicional no hubiera podido llegar tan lejos y no sería la persona que llegué a ser. A pesar de todas las dificultades que se nos han presentado en la vida, tanto de salud como de trabajo, seguimos estando unidos y saliendo adelante.

No soy de palabras fluidas, mi familia lo sabe, pero en esta situación es necesario expresar lo que siento por ellos: los amo con todo mi corazón y son la mejor familia del mundo.

Gracias a mis más fieles amigos, ya que con su ayuda incondicional, me brindan todo su apoyo y alegría.

Gracias a Patricio porque me entrega amor y felicidad y desde que lo conocí, cambió mi forma de ver y disfrutar la vida.

Y también agradezco enormemente a la profesora M<sup>a</sup> Angélica Rubio por el gran apoyo que me ha brindado, ya que sin ser su alumna, me recibió con los brazos abiertos para trabajar con ella, además le doy gracias por el amplio conocimiento que me ha entregado para realizar este seminario de título.



2.3.3 Fuentes de luz.....	29
2.3.4 Ventajas y desventajas del DOAS.....	30
2.4 Lugar de muestreo .....	31
2.5 Frecuencia de mediciones.....	32
2.6 Metodología.....	32
III.    RESULTADOS.....	35
3.1 Validación del DOAS .....	35
3.2 Perfiles diarios de benceno y tolueno .....	36
3.3 Perfiles diarios de monóxido y dióxido de carbono .....	42
3.4 Comparación de pendientes.....	47
3.5 Obtención de principales fuentes de emisión.....	51
IV.    DISCUSIÓN.....	54
4.1 Perfiles diarios de benceno y tolueno .....	54
4.2 Perfiles diarios de monóxido y dióxido de carbono .....	57
4.3 Comparación de pendientes.....	58
4.4 Fuentes de emisión .....	58
V.    CONCLUSIONES.....	61
VI.    REFERENCIAS .....	62



## ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Constantes de velocidad a 298 K para las reacciones de COV con •OH.
- Tabla 2. Potenciales de Creación Fotoquímica de Ozono (PCFO) de distintos compuestos orgánicos.
- Tabla 3. Datos de rendimiento del DOAS.
- Tabla 4. Concentraciones máximas de benceno y tolueno para el período de estudio.
- Tabla 5. Razón Tolueno/Benceno para todo el período de estudio.
- Tabla 6. Concentraciones máximas de CO y CO<sub>2</sub> para el período de estudio.
- Tabla 7. Razón CO: CO<sub>2</sub> para todo el período de estudio.
- Tabla 8. Razón Benceno: CO para todo el período de estudio.
- Tabla 9. Razón Tolueno: CO<sub>2</sub> para todo el período de estudio.
- Tabla 10. Principales fuentes de emisión.
- Tabla 11. Emisiones estimadas de benceno y tolueno de las principales fuentes de emisión del área estudiada.

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Cumplimiento de normas de calidad del aire en la RM.
- Figura 2. Inventario de Emisiones Anual, Escenario 2010 Diseño PPDA, RM. Fuentes Estacionarias y Móviles.
- Figura 3. Emisiones de Fuentes móviles en Ruta, Escenario 2010 Proyectoado de Diseño.
- Figura 4. Efectividad en la reducción de las emisiones de COV.
- Figura 5. Estructuras moleculares del benceno y tolueno.
- Figura 6. Vías de reacción para los compuestos aromáticos monocíclicos.
- Figura 7. Medidor de Monóxido de Carbono.
- Figura 8. Medidor dióxido de carbono
- Figura 9. Medidor de benceno y tolueno. (OPSIS-DOAS)
- Figura 10. Esquema de un DOAS
- Figura 11. Espectros de referencia de A y B.
- Figura 12. Absorbancia del gas en estudio (A/B).
- Figura 13. Comparación de absorbancia obtenida A/B con la sustancia pura (CRO).
- Figura 14. Intensidad de luz emitida por lámparas de halógenos.
- Figura 15. Lugar de muestreo.
- Figura 16. Ejemplo tratamiento de datos.
- Figura 17. Metodología
- Figura 18. Perfil diario de ozono para el día 2 de noviembre del 2010.
- Figura 19. Perfil diario de ozono para el día 4 de noviembre del 2010.
- Figura 20. Perfil diario de benceno y tolueno para el día 3 de noviembre del 2010.
- Figura 21. Perfil diario de benceno y tolueno para el día 30 de noviembre del 2010.



Figura 22. Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> para el día 20 de octubre del 2010.

Figura 23. Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> para el día 25 de octubre del 2010.

Figura 24. Correlación benceno/monóxido de carbono para el día 21 de noviembre del 2010.

Figura 25. Correlación tolueno/dióxido de carbono para el día 30 de octubre del 2010.



## RESUMEN

Las características meteorológicas y geográficas que hay en la cuenca de Santiago, junto con la alta densidad poblacional y las emisiones de contaminantes, son los factores que promueven la formación del smog fotoquímico, haciendo de esta ciudad una de las más contaminadas de Sudamérica.

Los compuestos altamente relevantes en la formación de este smog son los compuestos orgánicos volátiles (COV), ya que en presencia de luz solar y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), promueven la formación de contaminantes secundarios como el ozono y peroxiacilnitratos (PAN). También son precursores del material particulado fino (MP<sub>2,5</sub>) al reaccionar con carbono orgánico pudiendo formar aerosoles orgánicos secundarios (Morales, 2007).

Rappenglück y col., (2000), encontraron que un 30% de los COV presentes en la atmósfera de Santiago corresponden a BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y m-/o-/p- / xilenos), aún así no se han determinado las fuentes de emisión de estos contaminantes, motivo por el cual se tiene como objetivo en este estudio determinar los perfiles diarios de benceno y tolueno y relacionarlos con las principales fuentes emisoras.

Para esto se utilizó un equipo DOAS (OPSIS) que midió las concentraciones de benceno y tolueno con una frecuencia de 3 minutos, durante los días 20 de Octubre al 9 de Diciembre del 2010, en el centro de Santiago. A la vez, también se midieron las concentraciones de CO y CO<sub>2</sub>, utilizando muestreadores portátiles basados en electroquímica y espectrofotometría infrarroja no dispersiva, con una frecuencia de 10 minutos.

Las correlaciones entre benceno, tolueno, monóxido de carbono y dióxido de carbono permitieron determinar las principales fuentes móviles de emisión primaria de estos contaminantes en el centro de Santiago.

La concentración más alta de benceno fue 17,24 ppbv, con un promedio de los máximos diarios de 11,99 ppbv. La concentración más alta para el tolueno fue 42,70 ppbv, con un promedio de los máximos diarios de 23,58 ppbv. La razón tolueno:benceno obtenida fue 3,7:1, la que nos indican que las emisiones provienen prioritariamente de pérdidas por evaporación en los tanques de combustible (Volkswagen, 1998; Moussiopoulos, 1993).

La concentración más alta del CO fue 2,20 ppmv, con un promedio de los máximos diarios de 1,53 ppmv. La concentración más alta para el CO<sub>2</sub> fue 603,38 ppmv, con un promedio de los máximos diarios de 537,60 ppmv.

A partir de las estimaciones de toneladas/año del benceno y tolueno, también se estimó (según el inventario de emisiones) que un 0,21% de los COV del centro de Santiago es benceno y un 1,02% de los COV es tolueno. Además se determinó el porcentaje de CO y CO<sub>2</sub> que hay en el lugar de estudio en relación al total estimado para Santiago, encontrándose un 7,02% de CO y un 13,21% de CO<sub>2</sub>.

Por último, se encontró que las principales fuentes móviles emisoras son: vehículos de alquiler, vehículos comerciales, camiones livianos y taxis colectivos. Siendo los vehículos comerciales catalíticos tipo 2 los mayores emisores de estos contaminantes.



The highest concentration of benzene was 17,24 ppbv, with an average daily maximum of 11,99 ppbv. The highest concentration for toluene was 42,70 ppbv, with an average daily maximum of 23,58 ppbv. Also the reason toluene:benzene obtained was 3,7:1 which indicate that the emissions come primarily from evaporation losses in the fuel tanks (Volkswagen, 1998; Moussiopoulos, 1993).

The highest concentration of CO was 2,20 ppmv, with an average daily maximum of 1,53 ppmv. The higher concentration for CO<sub>2</sub> was 603,38 ppmv with an average daily maximum of 537,60 ppmv. From estimates of tones/year of benzene and toluene, also was estimated (according to inventory of emissions) to 0,21% of VOC's from center of Santiago is benzene and 1,02% of the VOC's toluene.

Besides, the percentage of CO and CO<sub>2</sub> that is in the study site in relation to the total estimated for Santiago, being 7,02% of CO and 13,21% of CO<sub>2</sub>.

Finally, we found that the mobile stations are major sources: rental car, commercial vehicles, light trucks and taxis.

As commercial vehicles catalytic type 2, the major emitters of these pollutants.

## I. INTRODUCCIÓN



### 1.1 Antecedentes

La Región Metropolitana, RM, es una región mediterránea, que se ubica entre las cordilleras de Los Andes y de la Costa, donde predominan los relieves montañosos que encierran hacia el centro de la región una amplia y extensa cuenca aérea, la de Santiago. Por el norte, el cordón montañoso de Chacabuco la separa de la región de Valparaíso y por el sur, los cerros de Angostura y Chada, en Paine constituyen el límite con la Sexta Región.

La gran cantidad de cerros que rodean la planicie central, dificultan la circulación de vientos, no permitiendo, la renovación del aire al interior de la cuenca. Por ello, en épocas de estabilidad atmosférica los contaminantes quedan atrapados dentro de la cuenca que alberga a la ciudad de Santiago, especialmente durante la noche, donde se produce una fuerte disminución de la ventilación regional, dando origen a un aumento repentino en los niveles de contaminación.

Las características meteorológicas de la Región Metropolitana también son desfavorables para la remoción de contaminantes atmosféricos desde la cuenca, especialmente durante el período otoño-invierno. En este período, la variación de las concentraciones de contaminantes están determinadas, tanto por el desarrollo de la capa de mezcla y los flujos de viento local, como por los fenómenos de estabilidad del aire.













- Volatilidad: son compuestos orgánicos que se evaporan rápidamente a la atmósfera. Esta propiedad da lugar tanto a contaminación atmosférica como a importantes riesgos para la salud, ya que pueden ser inhalados por los organismos vivos.
- Liposolubilidad: son moléculas orgánicas y por lo tanto son liposolubles, presentan afinidad por las grasas y se acumulan en los tejidos grasos del cuerpo humano. Pueden provocar a corto plazo: irritación de ojos y garganta, náuseas, dolor de cabeza, reacciones alérgicas, mareos y fatiga. Y a largo plazo pueden dañar el hígado y riñones. También pueden ser cancerígenos como el benceno.
- Inflamabilidad: generalmente son compuestos inflamables, es decir que arden con facilidad en contacto con el aire.
- Toxicidad: las propiedades tóxicas van a depender de cada compuesto y de las condiciones de exposición. A corto plazo pueden causar reacciones alérgicas o mareos y en exposiciones más prolongadas se relacionan con lesiones neurológicas y otros efectos psiquiátricos como irritabilidad, falta de memoria, dificultad de concentración, etc.

Las fuentes de los COV pueden ser naturales (COV biogénicos) o antropogénicas. La fuente natural más común es la evaporación desde la vegetación (como el pineno, isopreno y limoneno), emisiones volcánicas e incendios forestales. Las fuentes antropogénicas tienen su origen principalmente en actividades industriales (industria de pinturas, del calzado, alimentaria, maderera, farmacéutica, cosmética), disolventes de la industria de lavado en seco, la evaporación de disolventes orgánicos, la quema de combustibles, al transporte, entre otros. (Univ. Valparaíso, 2008).











PCFOi =  $\frac{100 \times \text{aumento de ozono producido por 1g de i}}{\text{aumento de ozono producido por 1g de etileno}}$

ec /12/

Tabla 2: Potenciales de Creación Fotoquímica de Ozono (PCFO) de distintos compuestos orgánicos. Valores obtenidos tomando como unidad una molécula de metano y adaptados de Derwent y col., 1998.

Compuesto	PCFO
Metano	1
Benceno	36
Butano	58
Etanol	64
2,3-dimetilbutano	90
Tolueno	107
1-hexeno	146
p-xileno	168
Trans-2-hexeno	178
1,3,5-trimetilbenceno	230



La comparación de pendientes entre benceno, tolueno, CO y CO<sub>2</sub>, permitirá asociar la fuente móvil que predomina en las calles muestreadas.

## 1.6 Hipótesis

La medición de los perfiles diarios de benceno y tolueno y simultáneamente los de monóxido de carbono y dióxido de carbono, podrían determinar las fuentes primarias asociadas a estos hidrocarburos.

## 1.7 Objetivos

### 1.7.1 Objetivo general

Determinar los perfiles diarios de benceno y tolueno y relacionarlos con las principales fuentes emisoras.

### 1.7.2 Objetivos específicos

- Validar las medidas obtenidas por DOAS mediante las correlaciones obtenidas.
- Establecer perfiles diarios de concentración de benceno y tolueno.
- Correlacionar perfiles obtenidos para tolueno y benceno usando espectroscopía de absorción óptica diferencial (DOAS) con perfiles de CO y CO<sub>2</sub>.









### 2.3 Medidor de benceno y tolueno

Las concentraciones de benceno y tolueno se realizaron mediante la utilización del equipo OPSIS-DOAS.

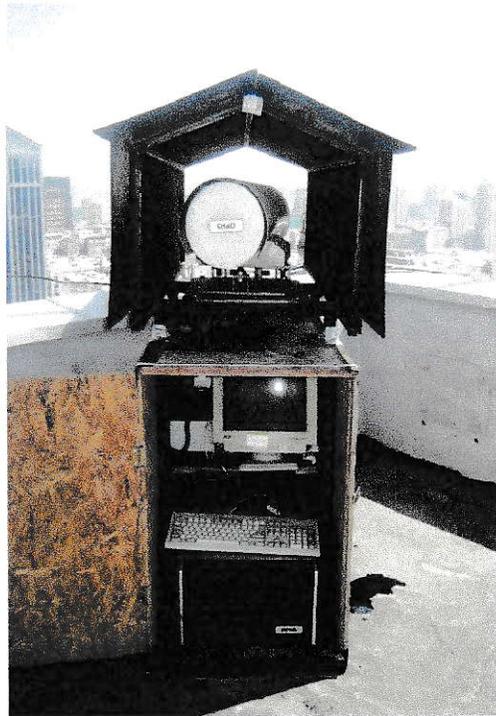


Figura 9: Medidor de benceno y tolueno. (OP SIS-DOAS)

#### 2.3.1 Características del equipo

- Modelo: Analizador AR 500
- Marca: Opsis
- Rango de medición: 0-2000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Software: EnviMan







óptimo de longitudes de onda sea detectado. ([www.opsis.se](http://www.opsis.se))

Durante las mediciones, el instrumento registra el cambio de luz relativo que llega al detector. Para poder calcular la concentración de un determinado gas, se debe conocer su coeficiente de absorción, calculados teóricamente para aquella longitud de onda que se está usando, en el momento mismo que se llevan a cabo las mediciones.

La absorbancia es proporcional al cambio en intensidad de la luz transmitida desde la fuente de luz hasta el receptor. Esto significa que, en el caso que se tenga una concentración de 1000 ppmv en un tramo de 1 cm, la absorbancia es la misma que si tuviéramos 10 ppbv en un tramo de 1000 m. Esto explica la posibilidad de calibrar el sistema Opolis usando gases de referencia con altas concentraciones y utilizando tramos cortos, siendo que en realidad se medirán bajas concentraciones de gases, en un tramo que puede ser de varios kilómetros.

En el analizador la luz se separa espectralmente con la ayuda de un retículo (grating). Durante la medición de una o varias sustancias, se registran electrónicamente en la memoria del computador, intensidades de luz en 1000 longitudes de ondas diferentes, el cual produce cerca de 100 espectros por segundo. Para cada longitud es válida la Ley de Beer y cada una de éstas tiene además, su coeficiente de absorción específico. La rápida colección de resultados en combinación con la detección multicanal de la luz en diferentes longitudes de ondas, hace posible el cálculo de un espectro artificial de referencia. Esta referencia se calcula en base a los espectros obtenidos durante las mediciones (Figura 11), de forma tal que el espectro de referencia B, en gran parte sigue siendo el espectro de la sustancia a estudiar A, pero sin la estructura fina característica que la absorción de sustancia genera.

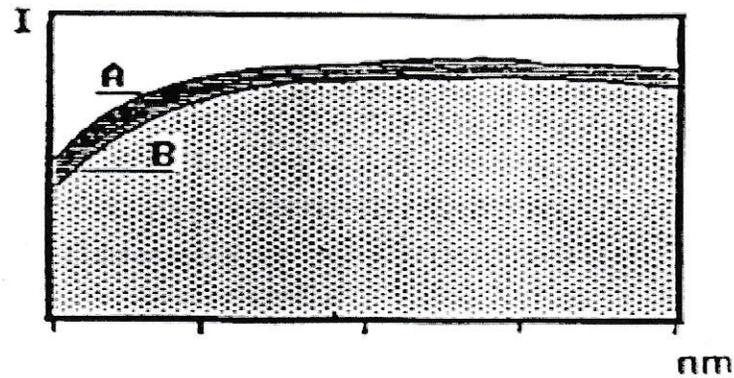


Figura 11: Espectros de referencia de A y B.

Si para cada una de las longitudes de onda se divide el espectro obtenido por las mediciones con el espectro de referencia, se obtiene la absorbancia del gas en estudio ( $A/B$ ), ya que todos los efectos sistemáticos de cálculo han sido eliminados (Figura 12). El espectro de referencia calculado, debe ser compensado, respecto de las variaciones de la intensidad de la luz que son producto del envejecimiento de la lámpara y del detector. Dichas variaciones también son resultado de las diferentes formas de dispersión de la luz, a lo largo del tramo de medición, originadas por partículas, niebla y/o envejecimiento de partes del instrumento (espejos, fibra óptica, etc).

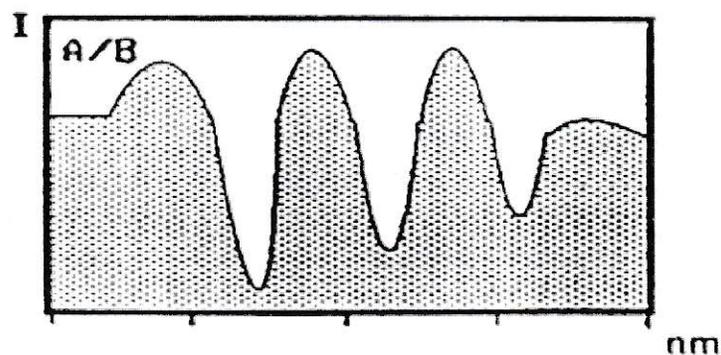


Figura 12: Absorbancia del gas en estudio ( $A/B$ ).



En caso que dos o más sustancias absorban en un mismo intervalo de longitudes de ondas, las concentraciones de estas sustancias deben ser calculadas desde el mismo espectro de absorción. Esto es posible, debido a que existen 1000 ecuaciones que pueden usarse en los cálculos necesarios para determinar las concentraciones deseadas. En caso que exista alguna sustancia que interfiera dentro del intervalo de longitudes de ondas en uso, esta interferencia se verá reflejada en el aumento de los valores de las desviaciones estándar. Sin embargo el instrumento medirá en una forma correcta dentro de los márgenes de error señalados. (Oyola & Romero, 1992)

### 2.3.3 Fuentes de luz

En todo tipo de mediciones, donde se hace uso de la técnica óptica de absorción, es obviamente necesario el uso de una fuente de luz. Dicha luz debe pasar a lo largo de un tramo en la atmósfera, y su intensidad será registrada al término de éste, en función a la longitud de onda.

La luz emitida por la fuente luminosa debe tener un intervalo de longitudes de ondas lo más amplio posible, asimismo como la intensidad de dicha luz debe ser continua. Estos criterios hacen que sean justamente las lámparas de halógenos las que sean utilizadas en el intervalo ultravioleta, visible y una parte del infrarrojo. Por otra parte, las lámparas de Xenón a alta presión, se usan comúnmente en la parte inferior del sector ultravioleta, como queda manifiesto en la Figura 14. (Oyola & Romero, 1992)



Otras ventajas son que el sistema entrega valores promedios de aquellos componentes que se están midiendo. Estos valores son más representativos que los valores provenientes de monitores convencionales. También la distancia entre el emisor y el receptor puede prolongarse y de esta forma pueden medirse concentraciones muy bajas (ppbv).

Además, posee una excelente selectividad, ya que la estructura de absorción de los diferentes gases traza son una propiedad única para cada compuesto; y por último, el DOAS es también capaz de distinguir diferentes isómeros de una especie, por ejemplo de hidrocarburos aromáticos como varios xilenos.

Sin embargo, una común y muy a menudo fuente de error en todas las aplicaciones es el ruido en los espectros. La más importante fuente de errores se origina por la estadística de los fotones y es por tanto inevitable. En muchas aplicaciones de DOAS, se han encontrado estructuras espectrales inesperadas. Estas estructuras tienen un diferente origen al de los fotones puros o al ruido del detector. En muchos casos, estos espectros muestran variaciones que actúan simultáneamente sobre un número de detectores de canales vecinos. Para los DOAS activos, las interferencias espectrales al azar (también conocidas como ruido óptico) son a menudo la primera limitación de la precisión. Otras desventajas son que el método de calibración puede considerarse complejo y la exactitud de las mediciones disminuye en presencia de niebla, lluvia, nieve y mezclas de gases complejas. (Platt & Stutz, 2008)

#### 2.4 Lugar de muestreo

La fuente emisora de luz se encuentra ubicada en las alturas del edificio Sonda (55 metros de altura aprox.) en la calle Catedral 1325. Los demás instrumentos fueron

instalados en la azotea del edificio (a 60 metros de altura aprox.) donde funciona actualmente CONAMA \_RM, este edificio está ubicado en Moneda n° 970.

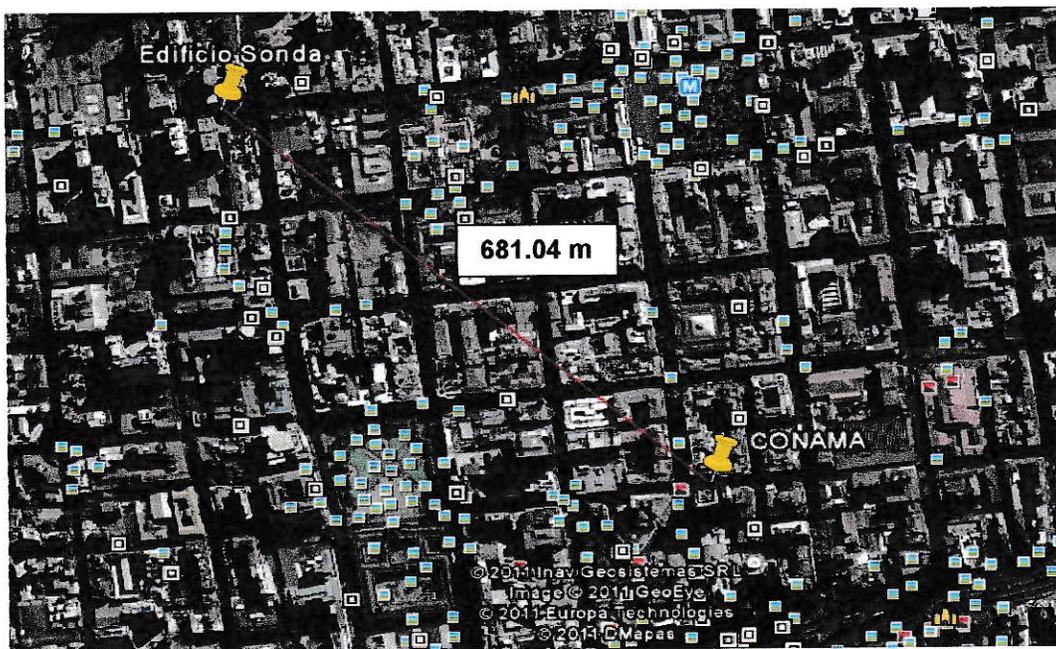


Figura 15: Lugar de muestreo.

## 2.5 Frecuencia de mediciones

Las mediciones de benceno y tolueno se realizaron con una frecuencia de 3 minutos y las de CO y CO<sub>2</sub> se efectuaron con una frecuencia de 1 y 10 minutos respectivamente.

El período de muestreo fue de 51 días, desde el 20 de Octubre al 9 de Diciembre del 2010.

## 2.6 Metodología

Ejemplo de tratamiento de datos:



el tiempo, para luego poder comparar las pendientes obtenidas de los nuevos gráficos.

A continuación en la figura 17 se muestra la metodología que se utilizó en este estudio.

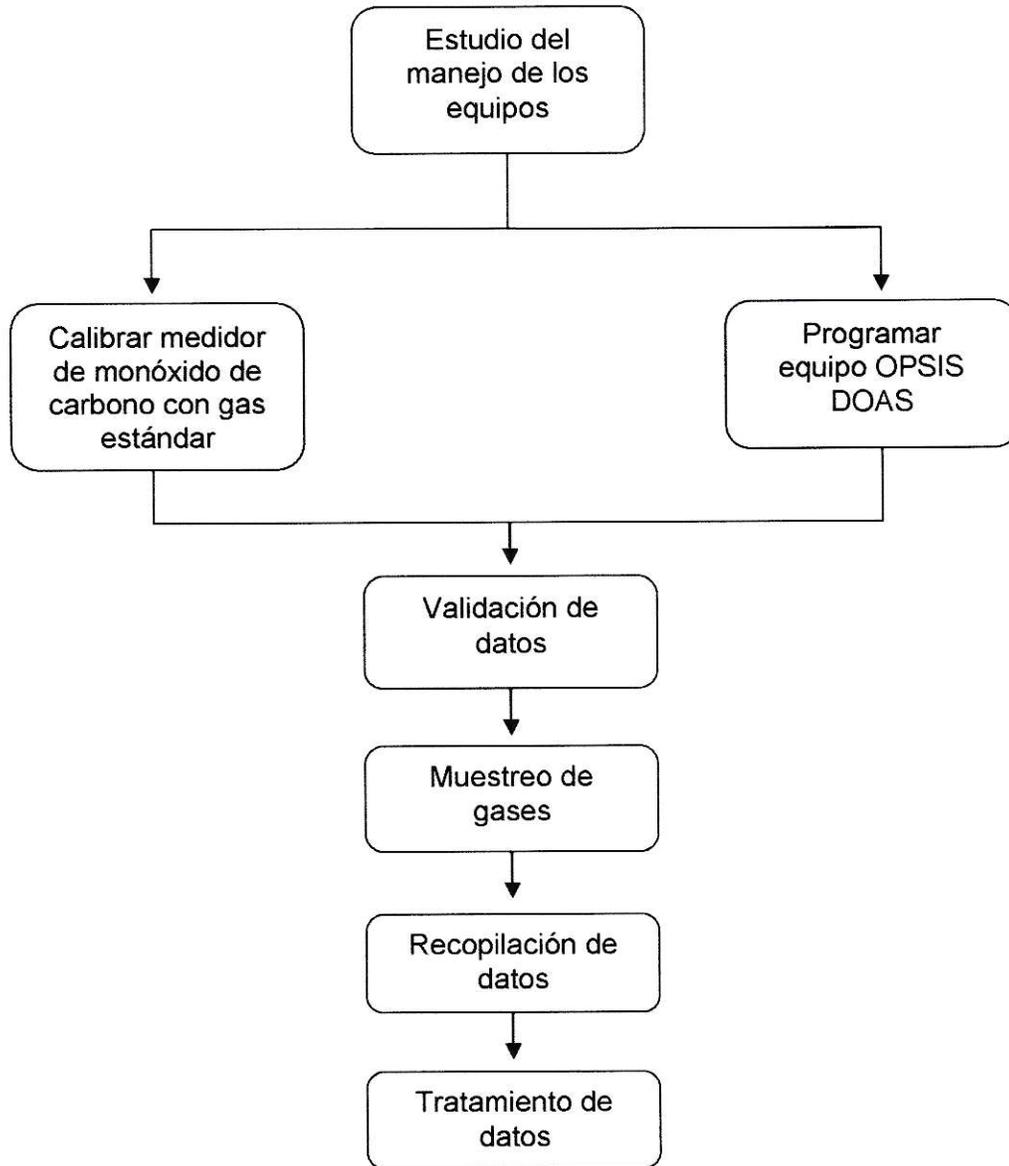


Figura 17: Metodología





































	Vehículos escolares a Diesel Sin Sello	0,17	1,15
	Vehículos escolares a Diesel Con Sello	0,71	4,90
Camiones Livianos	Camiones Livianos Diesel Convencional	1,17	9,05
Taxis Colectivos	Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1	5,38	30,42

A partir de las estimaciones de toneladas/año del benceno y tolueno, también se estimó (según el inventario de emisiones) que un 0,21% de los COV del centro de Santiago es benceno y un 1,02% de los COV es tolueno.

Además se determinó el porcentaje de CO y CO<sub>2</sub> que hay en el lugar de estudio en relación al total estimado para Santiago, encontrando un 7,02% de CO y un 13,21% de CO<sub>2</sub>.



Un parámetro importante en las emisiones de estos contaminantes es la temperatura ambiente, ya que habría pérdida de hidrocarburos por evaporación desde el tanque de combustible. La temperatura es un factor que influenciará en las concentraciones de compuestos aromáticos en fase gaseosa sobre la gasolina (Wathne B., 1983). Por ejemplo, si la temperatura en el tanque de combustible se incrementa de 5 a 35°C, la concentración de benceno en fase gaseosa sobre la gasolina aumentará de 16 a 44 mg/L (calculado por los datos obtenidos por Vincent, 1977). Los compuestos aromáticos pueden presentarse en un 38% (v/v) y el benceno en un 1% (v/v), en las gasolinas que se expendan en la región Metropolitana (Anteproyecto PPDA, 2008).

El tolueno (en la mayoría de los días) presenta un máximo de concentración horas antes que el benceno, lo cual difiere de la teoría que dice que ambos gases debieran tener su máxima concentración en el mismo tiempo. Aún así, sus comportamientos podrían ser distintos puesto que el benceno está estrechamente relacionado con las fuentes móviles, las cuales están ligadas a los cambios de tránsito vehicular y presencia de viento. No así el tolueno, que aparte de estar dominado por las emisiones vehiculares, también se conoce que hay otras fuentes importantes como las aplicaciones de pintura, desengrasantes y disolventes; lo cual también explicaría, por qué, el tolueno se presenta en mayores concentraciones que el benceno en la tropósfera baja.

Otro motivo que explicaría este hecho, está relacionado con los tiempos de vida de estos contaminantes y a sus reacciones con el radical hidroxilo (ec /1/). Se conoce que ésta es la única vía de degradación significativa en la atmósfera para estos compuestos aromáticos (Rappenglück & Fabian, 1996).

El tiempo de vida de los compuestos atmosféricos, se puede estimar según ec /16/:









Las fuentes de emisión presentes en las calles del centro (entre Moneda con Ahumada y Catedral con Teatinos) son vehículos comerciales, camiones medianos (para transportar la mercancía) y taxis. No así buses licitados, puesto que las vías principales de tránsito de buses son las calles Bandera y Teatinos. Para buses licitados, la razón CO/CO<sub>2</sub> sería menor a 0,004 (DICTUC, 2007).

En relación a las emisiones de CO y CO<sub>2</sub> mostradas en la tabla 10 y las emisiones estimadas de benceno y tolueno mostradas en la tabla 11. Se determinó que los vehículos comerciales catalíticos tipo 2, que corresponden a los vehículos livianos de pasajeros o carga liviana, privados o comerciales y que funcionan con combustible gasolina, principalmente del tipo jeep, camioneta o furgón y cumplen con la normativa EPA 94 federal o la Euro III, son los que emiten mayormente estos contaminantes en el centro (Ver tabla 11). Además, según DICTUC, 2007, este tipo de vehículo es el que presenta un mayor parque automotriz en relación a las otras fuentes nombradas en la tabla 11.

Las cantidades emitidas a la atmósfera por estos vehículos representan un bajo porcentaje para benceno y tolueno. Se emitiría como máximo en un 1%, en el área estudiada.

Sin embargo, hay que hacer notar que estas mediciones fueron realizadas en altura (a más de 55 metros), por lo que se considera que hay una dilución vertical de los contaminantes, lo que indica que en superficie hay mayores concentraciones de estos contaminantes, por la cercanía de la fuente, en relación a los que hay en altura.

## V. CONCLUSIONES

1. Se confirma la hipótesis, benceno, tolueno, monóxido de carbono y dióxido de carbono, provienen de las mismas fuentes móviles de emisión primaria.
2. Los perfiles diarios de benceno y tolueno muestran diferencias en sus máximos de concentración, lo que se explica por la diferencia en sus tiempos de vida en la atmósfera.
3. Las horas de mayor concentración de todos los contaminantes medidos son en la mañana, lo que se observa en un solo máximo de concentración en sus perfiles, el cual corresponde al tráfico diurno.
4. Las fuentes de emisión existentes en el lugar de estudio son: vehículos de alquiler, comerciales, taxis colectivos y camiones livianos, siendo los vehículos comerciales catalíticos tipo 2 los mayores emisores de estos contaminantes.
5. Según la razón tolueno: benceno, los niveles de estos contaminantes se deben a las pérdidas por evaporación de los tanques de combustible.
6. Los porcentaje en los que se encuentran el benceno y el tolueno en relación a los COV totales en el centro de Santiago, son muy bajos como para considerarlos importantes.





## VII. ANEXOS

**ANEXO A:**  
**VALIDACIÓN DEL DOAS**  
**PERFILES DIARIOS DE OZONO**











**ANEXO B:**  
**PERFILES DIARIOS DE**  
**BENCENO Y TOLUENO**

















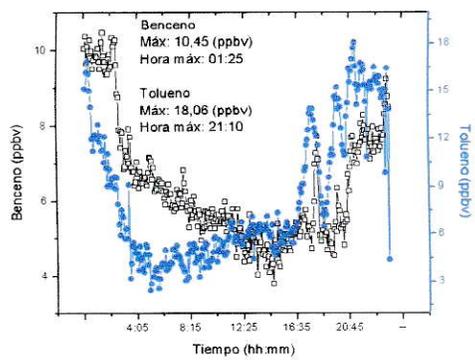


Figura B49: Perfil diario de benceno y tolueno (09/12/2010)

**ANEXO C:  
PERFILES DIARIOS DE MONÓXIDO  
Y DIÓXIDO DE CARBONO**

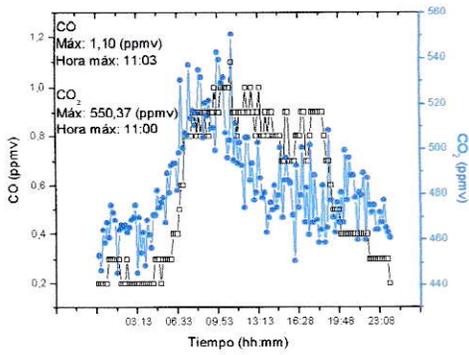


Figura C1: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (20/10/2010)

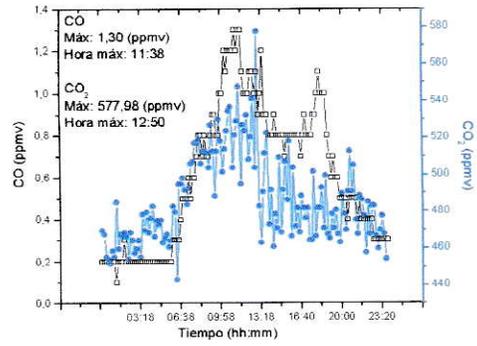


Figura C2: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (21/10/2010)

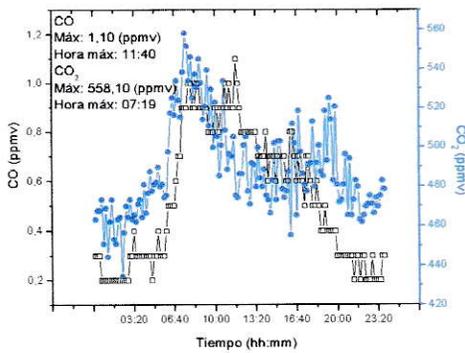


Figura C3: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (22/10/2010)

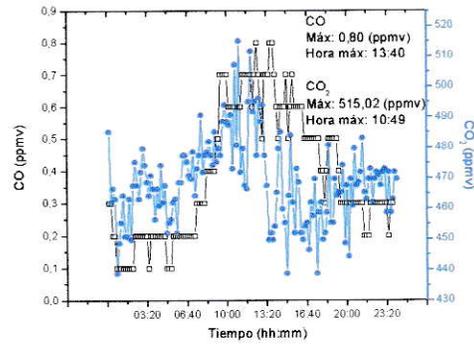


Figura C4: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (23/10/2010)

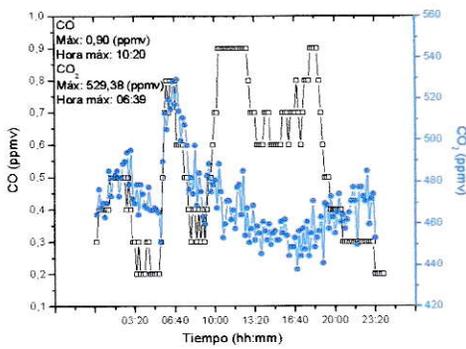


Figura C5: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (24/10/2010)

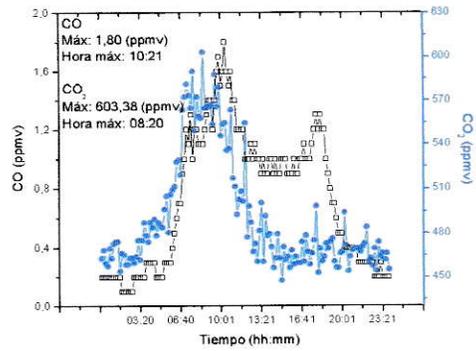


Figura C6: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (25/10/2010)

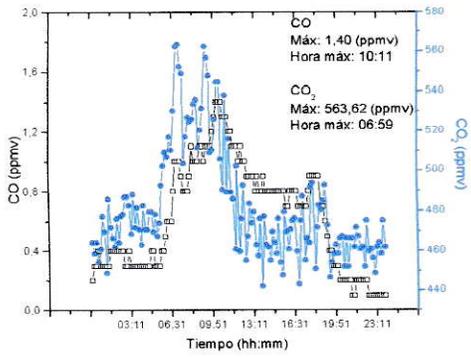


Figura C7: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (26/10/2010)

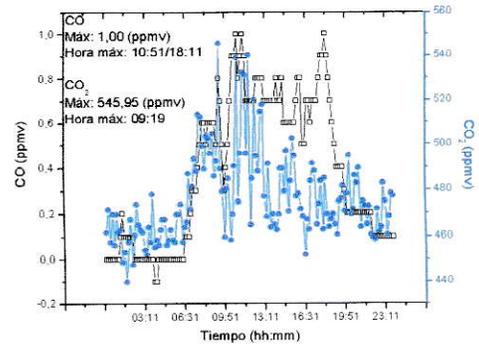


Figura C8: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (27/10/2010)

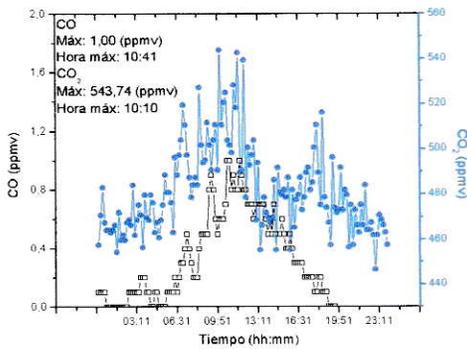


Figura C9: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (28/10/2010)

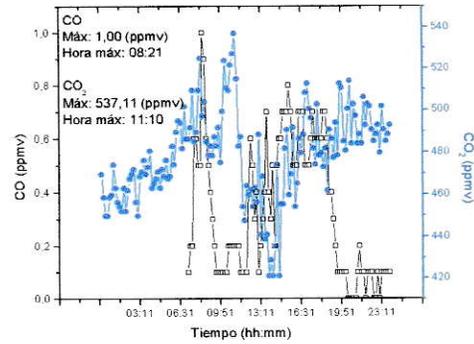


Figura C10: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (29/10/2010)

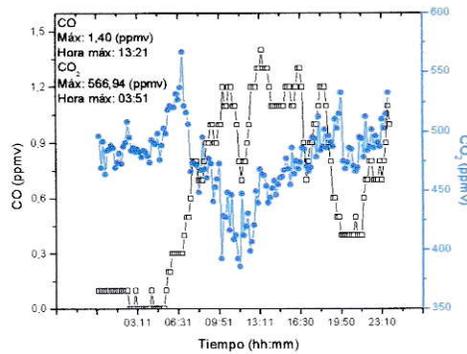


Figura C11: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (30/10/2010)

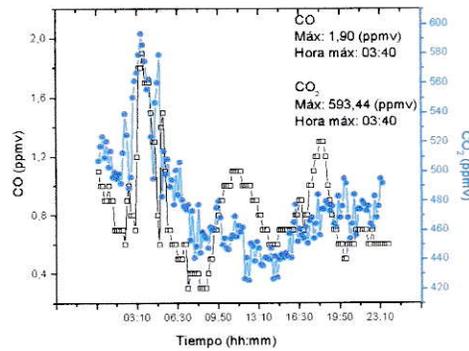


Figura C12: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (31/10/2010)

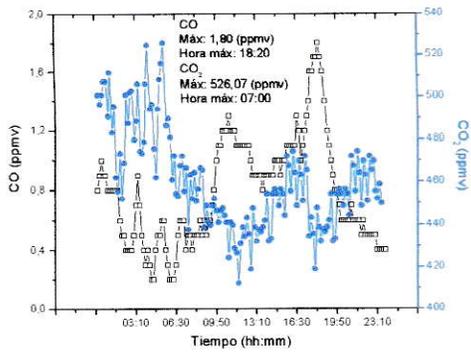


Figura C13: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (01/11/2010)

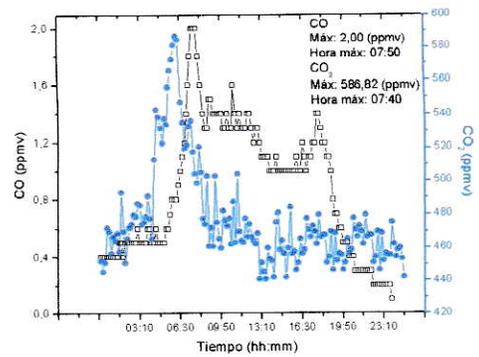


Figura C14: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (02/11/2010)

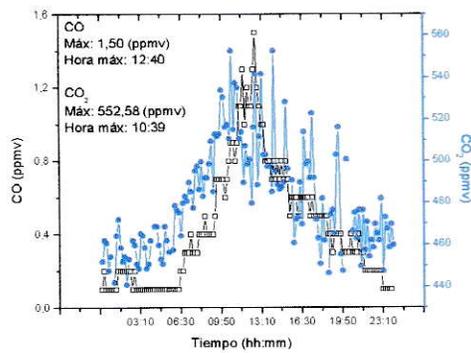


Figura C15: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (03/11/2010)

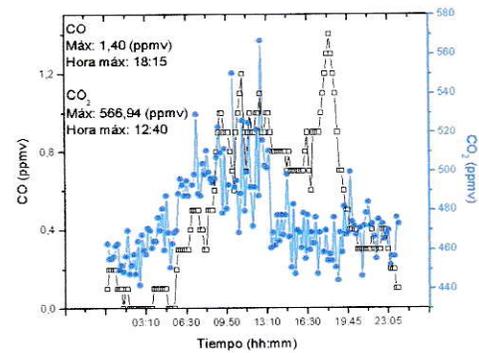


Figura C16: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (04/11/2010)

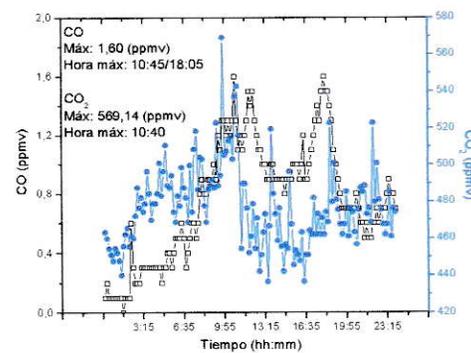


Figura C17: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (05/11/2010)

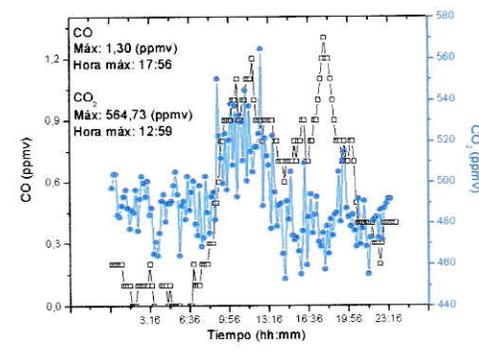


Figura C18: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (09/11/2010)

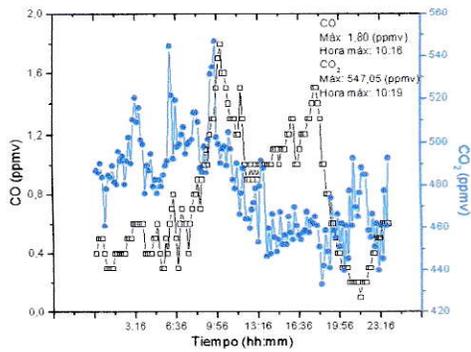


Figura C19: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (10/11/2010)

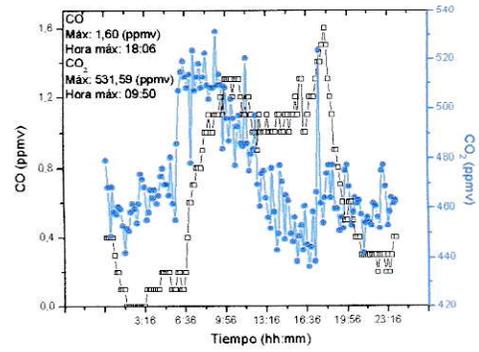


Figura C20: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (11/11/2010)

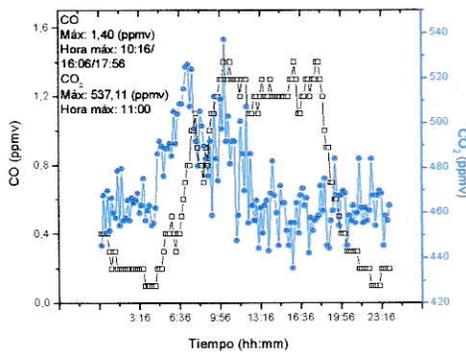


Figura C21: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (12/11/2010)

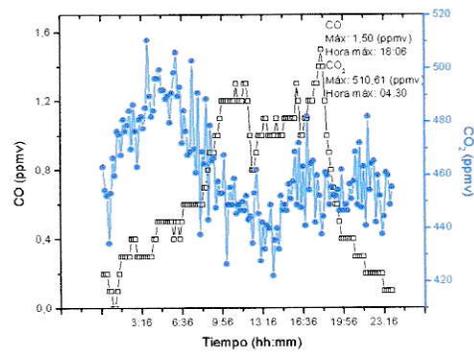


Figura C22: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (13/11/2010)

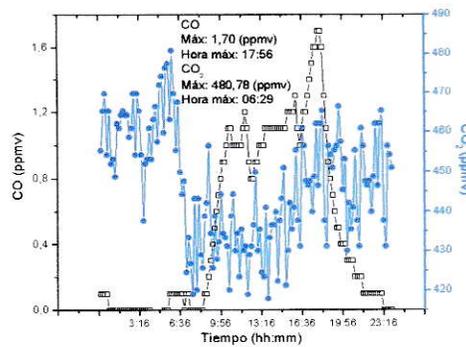


Figura C23: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (14/11/2010)

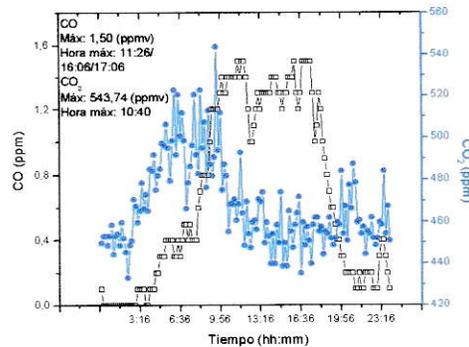


Figura C24: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (15/11/2010)

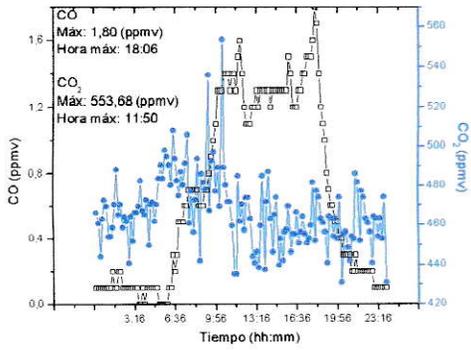


Figura C25: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (16/11/2010)

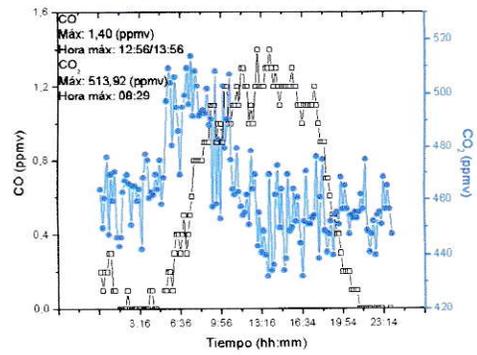


Figura C26: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (17/11/2010)

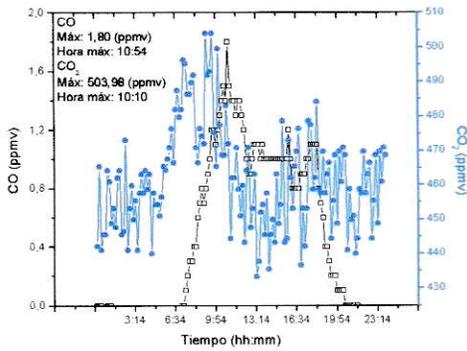


Figura C27: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (18/11/2010)

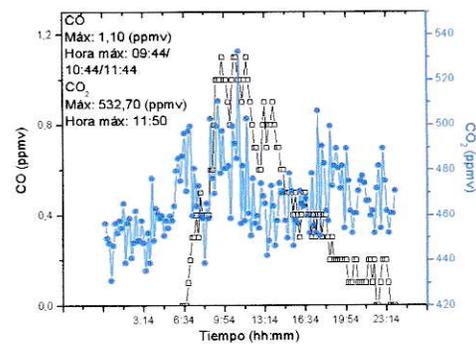


Figura C28: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (19/11/2010)

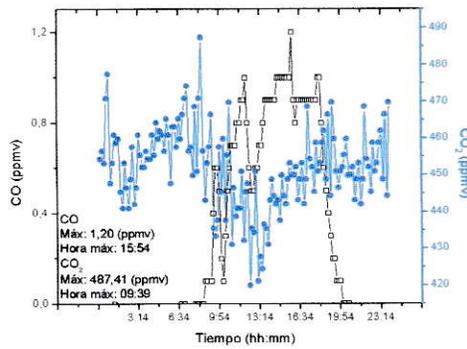


Figura C29: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (20/11/2010)

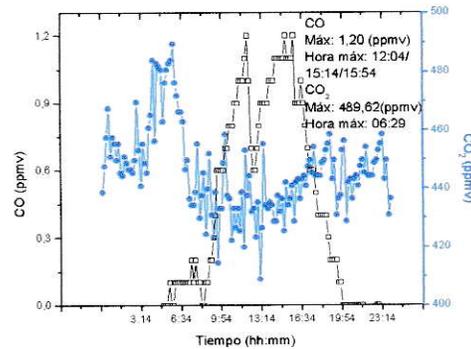
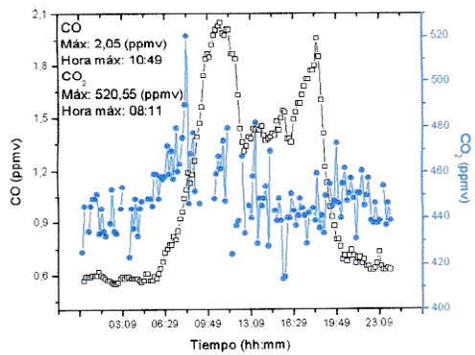


Figura C30: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub> (21/11/2010)







**Figura C43: Perfil diario de CO y CO<sub>2</sub>**  
**(09/12/2010)**