



T.
614.71
L155
F.2



D-7041

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

"ESTUDIO DEL GRADO DE CONTAMINACION DEL AIRE PRODUCIDA POR
EL TRANSPORTE URBANO EN GUAYAQUIL".

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

MILTON EFREN LADINES CRUZ

GUAYAQUIL - ECUADOR

1,985





A G R A D E C I M I E N T O



Al ING. RODOLFO PAZ MORA,
Director de Tesis, por su ayu
da y colaboración para la rea
lización de este trabajo.



BIBLIOTECA


DEDICATORIA



BIBLIOTECA

- A MIS PADRES

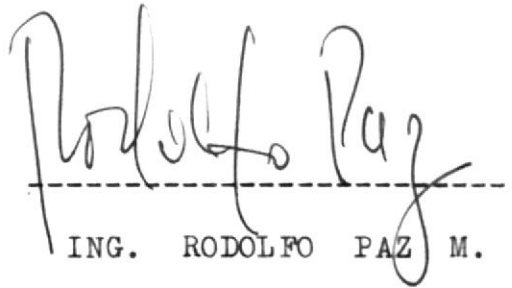
- A MIS HERMANOS



ING. MARCELO ESPINOSA L.

SUB-DECANO DE LA FACULTAD DE

INGENIERIA MECANICA



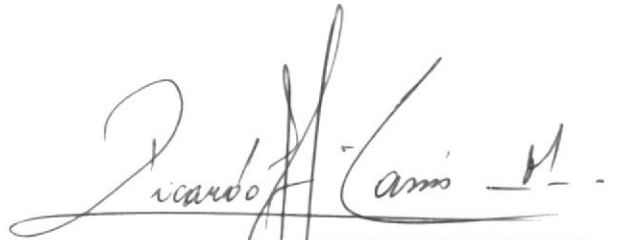
ING. RODOLFO PAZ M.

DIRECTOR DE TESIS



ING. MARCO PAZMIÑO B.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. RICARDO CASSIS M.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

"LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS
EXPUESTOS EN ESTA TESIS, ME CORRESPONDEN EXCLUSIVA
MENTE; Y, EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE LA MISMA , A
LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de
la ESPOL).

Milton E. Ladines C.

MILTON EFREN LADINES CRUZ



R E S U M E N

Este estudio comienza analizando teóricamente los contaminantes producidos por los motores de los diferentes tipos de transporte urbano como producto de la combustión incompleta así como de otros factores.

El objetivo principal consiste en realizar un muestreo de aire contaminado en puntos críticos de una zona de la ciudad previamente escogida por el período de 18 días laborables, a razón de dos días por cada punto.

Se han tomado muestras de aire instantáneas desde las 10:h00 hasta las 18:h00 con intervalos de dos horas entre cada toma de muestra.

Estas muestras instantáneas han sido analizadas por medio del Aparato de Orsat, lográndose detectar la presencia en la atmósfera urbana de monóxido de carbono (CO), el mismo que es un contaminante altamente perjudicial para la salud.

También se ha realizado una evaluación estadística de este contaminante (CO); se concluye detallando los efec

VII

tos que puede ocasionar la contaminación atmosférica en la forma de vida, así como recomendando la atención ur gente a nivel nacional de programas de evaluación, pre vención y control del medio ambiente atmosférico.

INDICE GENERAL

| | <u>PAGS.</u> |
|--|--------------|
| RESUMEN ----- | VI |
| INDICE GENERAL ----- | VIII |
| INDICE DE FIGURAS ----- | XI |
| INDICE DE TABLAS ----- | XVI |
| INDICE DE ABREVIATURAS ----- | XXI |
| INTRODUCCION ----- | 23 |
| | |
| CAPITULO I | |
| EL TRANSPORTE Y LOS CONTAMINANTES QUE EMITE POR COMBUSTION ----- | 26 |
| 1.1. DESARROLLO URBANO Y LA CONTAMINACION DEL AIRE ----- | 26 |
| 1.2. LOS CONTAMINANTES PRODUCIDOS POR EL TRANS- PORTE URBANO ----- | 32 |
| 1.3. EFECTOS DE ESTOS EN LOS CLIMAS URBANOS----- | 50 |
| 1.4. EFECTOS EN LA PENETRACION SOLAR ----- | 52 |
| 1.5. OTRAS FORMAS DE CONTRIBUIR A LA CONTAMINA- CION DEL AIRE ----- | 55 |

| | <u>PAGS.</u> |
|--|--------------|
| CAPITULO II | |
| METODOS DE ANALISIS DE MUESTRAS DE AIRE ----- | 58 |
| 2.1. INTRODUCCION ----- | 58 |
| 2.2. EQUIPOS QUE SE USAN PARA TOMAR Y ANALIZAR MUESTRAS ----- | 61 |
| 2.3. CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO ----- | 71 |
| 2.4. SELECCION DE ZONAS CRITICAS EN LA CIUDAD DEBIDAS AL TRANSPORTE URBANO ----- | 78 |
| CAPITULO III | |
| TECNICAS PARA OBTENER MUESTRAS DE AIRE ----- | 111 |
| 3.1. CONSIDERACIONES GENERALES ----- | 111 |
| 3.2. DURACION Y FRECUENCIA DE MUESTRAS ----- | 113 |
| 3.3. OBTENCION DE LAS MUESTRAS DE AIRE ----- | 115 |
| 3.4. ANALISIS DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS ----- | 120 |
| 3.5. ANALISIS DE LOS RESULTADOS ----- | 187 |
| 3.6. INFLUENCIA DE LOS CONTAMINANTES OBTENIDOS SOBRE LA CIUDAD ----- | 205 |
| CAPITULO IV | |
| PROGRAMAS DE REGLAMENTACION PARA MEJORAR EL CON- TROL Y PREVENCION DE LA CONTAMINACION DEL AIRE EN GUAYAQUIL ----- | 208 |
| 4.1. CONSIDERACIONES GENERALES ----- | 208 |

| | <u>PAGS.</u> |
|---|--------------|
| 4.2. NORMAS O CRITERIOS DE CALIDAD DEL AIRE----- | 209 |
| 4.3. PROGRAMAS DE CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AIRE ----- | 214 |
| 4.4. PROGRAMAS QUE DEBEN INVESTIGARSE ----- | 217 |
| CAPITULO V | |
| BREVE ANALISIS DE LA CONTAMINACION DEL AIRE | |
| EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL ----- | 219 |
| 5.1. ALTERNATIVAS EN GENERAL ----- | 219 |
| 5.2. EL CRECIMIENTO VEHICULAR Y SU EFECTO EN EL FUTURO ----- | 221 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ----- | 226 |
| APENDICES ----- | 232 |
| BIBLIOGRAFIA ----- | 245 |



INDICE DE FIGURAS

| Nº | PAGS. |
|--|-------|
| CAPITULO I | |
| 1.1. FORMACION DEL NO EN LAS FLAMAS ----- | 38 |
| 1.2. FORMACION DEL SO ₃ EN LAS FLAMAS ----- | 41 |
| CAPITULO II | |
| 2.1. EQUIPO MEDIDOR DE GASES "HARTRIDGE" ----- | 64 |
| 2.2. DISPOSITIVO PARA TOMA DE MUESTRA DE AIRE--- | 65 |
| 2.3. EQUIPO DE TOMA DE MUESTRA DE AIRE UTILI ZADO ----- | 72 |
| 2.4. EL APARATO DE ORSAT UTILIZADO ----- | 74 |
| 2.5. ZONAS CRITICAS DE LA CIUDAD DEBIDAS AL TRANSPORTE URBANO ----- | 81 |
| 2.6. FLUJO DE TRAFICO A LO LARGO DE CALLES PRIN CIPALES ----- | 87 |
| 2.7. FLUCTUACION DE VOLUMEN DE TRAFICO POR HORA ----- | 88 |
| 2.8. RED DE CARRETERAS DE MAYOR TRAFICO EXIS TENTE ----- | 90 |
| 2.9. LOCALIZACION Y TIPO DE INTERSECCIONES MEJORADAS (1) ----- | 92 |



| Nº | <u>PAGS.</u> |
|--|--------------|
| 2.10. LOCALIZACION Y TIPO DE INTERSECCIONES MEJORADAS (2) ----- | 93 |
| 2.11. RUTA PRINCIPAL DE TRAFICO ----- | 94 |
| 2.12. RUTA MRT ----- | 97 |
| 2.13. VOLUMEN DE PASAJEROS POR ESTACION ----- | 99 |
| 2.14. LOCALIZACION DE PUNTOS DE UNION ENTRE LA RUTA MRT Y LOS AUTOBUSES ----- | 100 |
| 2.15. CURVA DE DESVIACION CONCEPTUAL ----- | 102 |
| 2.16. RELACION ENTRE VELOCIDAD DE RECORRIDO Y COSTO DE OPERACION ----- | 103 |
| 2.17. TASA PATRON DE CONGESTIONAMIENTO VEHI CULAR ----- | 105 |
| 2.18. CONDICION DE TRAFICO EN 1,990 ----- | 106 |
| 2.19. VOLUMEN DE TRAFICO ACTUAL ----- | 109 |
| CAPITULO III | |
| 3.1. ZONA ESCOGIDA PARA REALIZAR MUESTREO DE AIRE ----- | 116 |
| 3.2. FORMA COMO TOMAMOS LA MUESTRA DE AIRE ---- | 118 |
| 3.3. EQUIPO COMPLETO PARA ANALISIS DE GASES----- | 120 |
| 3.4. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO PARA EL PUNTO N° 1 ----- | 132 |
| 3.5. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO ₂ PARA EL PUNTO N° 1 ----- | 133 |

| Nº | <u>PAGS.</u> |
|--|--------------|
| 3.6. HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO PARA EL PUNTO Nº 1 ----- | 134 |
| 3.7. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO PARA EL PUNTO Nº 2 ----- | 138 |
| 3.8. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO ₂ PARA EL PUNTO Nº 2 ----- | 139 |
| 3.9. HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO PARA EL PUNTO Nº 2 ----- | 140 |
| 3.10. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO PARA EL PUNTO Nº 3 ----- | 144 |
| 3.11. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO ₂ PARA EL PUNTO Nº 3 ----- | 145 |
| 3.12. HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO PARA EL PUNTO Nº 3 ----- | 146 |
| 3.13. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO PARA EL PUNTO Nº 4 ----- | 150 |
| 3.14. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO ₂ PARA EL PUNTO Nº 4 ----- | 151 |
| 3.15. HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO PARA EL PUNTO Nº 4 ----- | 152 |
| 3.16. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO PARA EL PUNTO Nº 5 ----- | 156 |
| 3.17. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO ₂ PARA EL PUNTO Nº 5 ----- | 157 |

| Nº | <u>PAGS.</u> |
|--|--------------|
| 3.18. HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO PARA EL PUNTO Nº 5 ----- | 158 |
| 3.19. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO PARA EL PUNTO Nº 6 ----- | 162 |
| 3.20. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO ₂ PARA EL PUNTO Nº 6 ----- | 163 |
| 3.21. HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO PARA EL PUNTO Nº 6 ----- | 164 |
| 3.22. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO PARA EL PUNTO Nº 7 ----- | 168 |
| 3.23. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO ₂ PARA EL PUNTO Nº 7 ----- | 169 |
| 3.24. HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO PARA EL PUNTO Nº 7 ----- | 170 |
| 3.25. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO PARA EL PUNTO Nº 8 ----- | 174 |
| 3.26. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO ₂ PARA EL PUNTO Nº 8 ----- | 175 |
| 3.27. HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO PARA EL PUNTO Nº 8 ----- | 176 |
| 3.28. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO PARA EL PUNTO Nº 9 ----- | 180 |
| 3.29. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO ₂ PARA EL PUNTO Nº 9 ----- | 181 |

| <u>Nº</u> | <u>PAGS.</u> |
|---|--------------|
| 3.30. HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO PARA EL PUNTO Nº 9 ----- | 182 |
| 3.31. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO DEL PRO MEDIO GENERAL DE LA ZONA DE MUESTREO----- | 184 |
| 3.32. REPRESENTACION GRAFICA DEL CO ₂ DEL PRO MEDIO GENERAL DE LA ZONA DE MUESTREO----- | 185 |
| 3.33. HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO PARA TODA LA ZONA MUESTREADA----- | 186 |

INDICE DE TABLAS

| Nº | | <u>PAGS.</u> |
|------|--|--------------|
| I | COMPOSICION NORMAL DE LA ATMOSFERA ----- | 31 |
| II | ESTIMACION DE CARGA CONTAMINANTE EMITIDA POR CONSUMO DE GASOLINA EN AUTOMOVILES----- | 44 |
| III | FACTORES DE EMISION ORIGINADOS POR TRANSPORTES QUE CONSUMEN DIESEL ----- | 47 |
| IV | RELACION APROXIMADA ENTRE LAS CONCEN TRACIONES ATMOSFERICAS DE AEROSOL Y LOS NIVELES DE RADIACION SOLAR RELATIVOS----- | 54 |
| V | COMPOSICION DE LOS GASES DE ESCAPE DE UN MOTOR A GASOLINA ----- | 57 |
| VI | PORCENTAJE DE VALORES OBTENIDOS POR LA RED-PANAIRE EN NUESTRO PAIS ----- | 60 |
| VII | NUMEROS DE VIAJES EXISTENTES EN EL AREA DE ESTUDIO ----- | 85 |
| VIII | VOLUMEN DE TRAFICO ANTICIPADO PARA EL FUTURO ----- | 96 |
| IX | VOLUMEN DE TRAFICO ESTIMADO PARA EL AÑO 2,000 ----- | 101 |
| X | CUADRO COMPARATIVO DE SISTEMAS ALTER- NATIVOS ----- | 110 |

XVII

| Nº | | <u>PAGS.</u> |
|-------|---|--------------|
| XI | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO Nº 1 (Primer día) ----- | 129 |
| XII | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO Nº 1 (Segundo día) ----- | 130 |
| XIII | PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO Nº 1 ----- | 131 |
| XIV | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO Nº 2 (Primer día) ----- | 135 |
| XV | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO Nº 2 (Segundo día) ----- | 136 |
| XVI | PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO Nº 2 ----- | 137 |
| XVII | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO Nº 3 (Primer día) ----- | 141 |
| XVIII | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO Nº 3 (Segundo día) ----- | 142 |
| XIX | PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO Nº 3 ----- | 143 |
| XX | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO Nº 4 (Primer día) ----- | 147 |
| XXI | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO Nº 4 (Segundo día) ----- | 148 |
| XXII | PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO Nº 4 ----- | 149 |

XVIII

| N ^o | | <u>PAGS.</u> |
|----------------|---|--------------|
| XXIII | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N ^o 5 (Primer día) ----- | 153 |
| XXIV | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N ^o 5 (Segundo día) ----- | 154 |
| XXV | PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N ^o 5 ----- | 155 |
| XXVI | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N ^o 6 (Primer día) ----- | 157 |
| XXVII | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N ^o 6 (Segundo día) ----- | 160 |
| XXVIII | PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N ^o 6 ----- | 161 |
| XXIX | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N ^o 7 (Primer día) ----- | 165 |
| XXX | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N ^o 7 (Segundo día) ----- | 166 |
| XXXI | PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N ^o 7 ----- | 167 |
| XXXII | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N ^o 8 (Primer día) ----- | 171 |
| XXXIII | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N ^o 8 (Segundo día) ----- | 172 |
| XXXIV | PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N ^o 8 ----- | 173 |

XIX

| Nº | | <u>PAGS.</u> |
|---------|--|--------------|
| XXXV | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO Nº 9 (Primer día) ----- | 177 |
| XXXVI | RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO Nº 9 (Segundo día) ----- | 178 |
| XXXVII | PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO Nº 9 ----- | 179 |
| XXXVIII | PROMEDIO GENERAL DE TODA LA ZONA DONDE SE REALIZO EL MUESTREO DURANTE 18 DIAS LABORABLES ----- | 183 |
| XXXIX | NORMAS COMPARATIVAS DE CALIDAD DE AIRE-- | |
| XL | NUMERO DE VEHICULOS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL ----- | 222 |

APENDICES

| | | |
|------|---|-----|
| A.1. | FACTORES DE EMISION PARA PETROLEO COM BUSTIBLE ----- | 235 |
| A.2. | FACTORES DE EMISION PARA FUNDICION DE METALES ----- | 236 |
| A.3. | FACTORES DE EMISION PARA COMBUSTION DE CARBON BITUMINOSO ----- | 237 |
| A.4. | FACTORES DE EMISION PARA UNA FABRICA DE CEMENTO ----- | 238 |
| A.5. | FACTORES DE EMISION PARA INCINERAR BASURAS ----- | 239 |

| Nº | <u>PAGS.</u> |
|---|--------------|
| A.6. FACTORES DE EMISION PARA CAMIONES | |
| DIESEL ----- | 240 |
| A.7. FACTORES DE EMISION DURANTE LA MANI <u>U</u> | |
| PULACION DE GASOLINA ----- | 241 |
| B.1. REACCIONES MAS IMPORTANTES DEL NO _x | |
| EN PRESENCIA DE LA LUZ ----- | 243 |

INDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|---------|---|
| E.A.: | EXCESO DE AIRE (%) |
| COHb: | CARBOXIHEMOGLOBINA |
| HRm: | HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%) |
| NOx: | COMPUESTOS DE NITROGENO |
| M: | PESO MOLECULAR (GRS/MOL) |
| m: | MASA (Grs.) |
| n: | NUMEROS DE MOLES |
| Ps: | PRESION EN CONDICIONES STANDARD (1 atm.) |
| Pm: | PRESION MEDIA DEL DIA EN QUE SE RECOGIO LA MUESTRA (1atm.) |
| p.p.m.: | PARTES POR MILLON |
| R: | CONSTANTE UNIVERSAL DE LOS GASES ($0.0821 \frac{\text{atm-ltr}}{^\circ\text{K} - \text{mol}}$) |
| Ts: | TEMPERATURA EN CONDICIONES STANDARD (0 °C) |
| Tm: | TEMPERATURA MEDIA DEL DIA EN QUE SE RECOGIO LA MUESTRA (°C) |
| Vs: | VOLUMEN DE UN MOL DE GAS EN CONDICIONES STANDARD (22.41 litros) |

- V_m : VOLUMEN APROXIMADO QUE SE OBTUVO DE LA
MUESTRA DE AIRE (ml)
- v_m : VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO DE LA CIUDAD
DE GUAYAQUIL (Km/Hr)
- μ : MEDIA ARITMETICA
- σ : DESVIACION NORMAL
- σ_x : ERROR NORMAL



I N T R O D U C C I O N

Uno de los problemas que presentan las grandes ciudades actuales, es el de la contaminación del aire, que tiene como característica principal el hecho de que en la atmósfera se reúnen generalmente todas las clases de fuentes emisoras, en diversas proporciones.

En esta tesis se intenta presentar un cuadro general - del problema de la contaminación del aire producida por el transporte urbano en una zona comercial previamente escogida así como los efectos que puede tener en nuestras vidas.

Actualmente el hombre, en su lucha irreflexible por conquistar la naturaleza está yendo demasiado lejos, amenazando con esto, romper el equilibrio que existe entre los componentes que conforman nuestra atmósfera.

Además, el hombre no sólo está alterando este equilibrio, sino que también está vertiendo en ella enormes cantidades de gases distintos, polvos de desechos, etc.

Años atrás, la cantidad de estos desperdicios era bastante reducida y la atmósfera podía absorberlos y expul



sarlos completamente sin mayor dificultad.

Pero en ciudades grandes como la nuestra, las actividades humanas han ido en aumento hasta el grado de que sus habitantes viven bajo una nube constante de estos desperdicios.

Entonces no sabemos con exactitud el resultado que podamos tener al enviar al aire tantas impurezas con el paso del tiempo.

Esta contaminación del aire, es sólo un ejemplo de como el hombre está afectando su propio ambiente sin pensar en los resultados.

Además, por estadísticas realizadas se conoce que los desechos industriales y los gases emitidos por los motores que trabajan a gasolina y a diesel constituyen el 90% de toda la contaminación del aire del mundo actual.

Debido a nuestra carrera desenfrenada por el camino del desarrollo tecnológico y con una población siempre en aumento, el problema de la "contaminación del aire" tendrá a agravarse, a menos que se empleen formas y medidas para disminuirlas.

Nuestro país, en proceso de desarrollo integral-industrial y consciente de la responsabilidad de enfrentar el problema de la contaminación del aire debe iniciar ya programas de prevención y control con sus respectivas leyes.

Entonces, por medio de esta tesis en la que se realiza un breve estudio sobre la contaminación que producen los diferentes medios de transportes urbanos en una zona céntrica de la ciudad, se trata de contribuir con algo aunque sea mínimo, para que el desarrollo tecnológico siga adelante y buscar un mejoramiento de nivel de vida y bienestar como soluciones a los problemas que trae consigo la contaminación del aire.

El objetivo principal de este estudio consiste en detectar la presencia o no en la atmósfera urbana de contaminantes gaseosos, productos del transporte urbano y justificar si en lo posterior deba llevarse a cabo un estudio más completo y preciso sobre contaminación del aire en nuestra ciudad.

Además, se trata de analizar las consecuencias que pueda ocasionar a corto y largo plazo y así recomendar sistemas para prevenir y mejorar el control de la contaminación del aire.

C A P I T U L O I

EL TRANSPORTE Y LOS CONTAMINANTES QUE EMITE POR COMBUSTION

La mayor parte de los sistemas de transporte actual obtienen su energía por medio de la combustión de diversos productos.

En este proceso se originan diferentes compuestos que van a parar a la atmósfera en mayor o menor proporción.

1.1. DESARROLLO URBANO Y LA CONTAMINACION DEL AIRE

El descubrimiento de nuevas fuentes de energía permitió, con la invención de la máquina de vapor a fines del siglo XVIII, la instalación de las primeras industrias.

Estas significaron de inmediato un importante mercado de trabajo y requirieron a su vez grandes mercados de consumo y mano de obra, comenzando a formarse las primeras metrópolis.

Al pasar el tiempo la urbanización se extendió a

casi todas las naciones industrializadas.

En 1,960 en los EE.UU., se concentraban 96'000,000 de personas (53% de la población total) en 213 áreas urbanas que ocupaban sólo el 0.7% de la superficie del territorio. En ése mismo año el 33% de la población mundial vivía en conglomerados urbanos.

En 1,968 había 68 áreas metropolitanas con más de 2'000,000 de habitantes y 153 áreas con más de 1'000,000.

Extrapolando se puede estimar que para el año de 1,990 más de la mitad de la población del mundo residirá en ciudades de 100,000 habitantes o más.

Las grandes aglomeraciones urbanas exigen disponer de viviendas, energía, transporte, agua potable, sistemas de alcantarillado y de disposición de residuos industriales.

El crecimiento de las ciudades y el avance de la industrialización ayudará a incrementar el volumen de éstos desperdicios.

La urbanización e industrialización tuvo que avanzar mucho más, antes de que se hiciese notorio - que otro elemento indispensable para la vida humana tampoco era inagotable.

El hombre, que demoró un millón de años en reconocer la existencia del aire, ha comenzado recientemente a darse cuenta en forma cada vez más clara, de que no se puede seguir utilizando la atmósfera como un gran resumidero sin poner en peligro su bienestar y su propia vida.

La presencia en el aire de substancias puestas allí por la actividad humana, en cantidades y concentraciones capaces de interferir en el bienestar y la salud de las personas, los animales y las plantas, es lo que se conoce o entiende por "contaminación del aire".

Una de las causas fundamentales de la contaminación del aire la constituyen las combustiones. Las primeras molestias se presentaron probablemente, cuando el hombre aprendió a utilizar el fuego.

La contaminación del aire, sin embargo, es fundamentalmente un problema del siglo XX cuando sur -



gieron los primeros episodios serios.

Como ejemplo podemos citar que a partir de 1,943, la ciudad de Los Angeles, EE.UU., comenzaba a padecer de un fenómeno cada vez más molesto y persistente. Su atmósfera pura, orgullo del Estado de California, comenzaba a dejar de serlo y la ciudad no sólo se veía durante más y más tiempo cubierta por una nebulosidad de color azulado, sino que sus habitantes empezaron a sentir molestias cada vez más pronunciadas que se traducían en picazón a los ojos, ataques de asma e insuficiencia respiratoria.

Este fenómeno popularizó la palabra "smog", acuñada en el año de 1,905 como contracción de "smoke" y "fog", humo y niebla respectivamente. El término se ha hecho habitual y actualmente se la utiliza aún en países que emplean idiomas distintos del inglés como sinónimo de contaminación de aire.

En la tabla I, se muestra la variedad de componentes gaseosos, en proporciones variables de que está compuesta nuestra atmósfera terrestre.

Como resumen diremos, que la materia que se encuentra presente en la atmósfera cambiando en forma - significativa la composición del aire puede tener origen natural o puede ser producto de las actividades humanas.

En la actualidad esta segunda faceta predomina enormemente sobre la primera y es la causante de los elevados niveles de contaminación del aire que aparecen en numerosas partes del planeta.

TABLA I

COMPOSICION NORMAL DE LA ATMOSFERA

| COMPONENTE | FORMULA | p.p.m. (Volumen) | p.p.m. (Peso) |
|--------------------|------------------|---------------------|------------------|
| Nitrógeno | N ₂ | 780,900 | 755,100 |
| Oxígeno | O ₂ | 209,500 | 231,500 |
| Argón | Ar | 9,300 | 12,800 |
| Bióxido de Carbono | CO ₂ | 330 | 460 |
| Neón | Ne | 18 | 12.5 |
| Helio | He | 5.2 | 0.72 |
| Metano | CH ₄ | 2.2 | 1.2 |
| Kriptón | Kr | 1.0 | 2.9 |
| Oxido Nitroso | N ₂ O | 1.0 | 1.5 |
| Hidrógeno | H ₂ | 0.5 | 0.03 |
| Xenón | Xe | 0.08 | 0.36 |

(Tomada del texto Técnicas de Defensa del Medio Ambiente)

1.2. LOS CONTAMINANTES PRODUCIDOS POR EL TRANSPORTE URBANO

Desde el punto de vista estrictamente urbano, la clase de transporte que vamos a estudiar es la que forman los automóviles, autobuses y transporte pesado, ya sea que utilicen gasolina o diesel como combustible.

Los motores tanto de gasolina como los de diesel operan con hidrocarburos que son obtenidos del petróleo.

Nuestro país en la década de 1,970 a 1,980 ha sufrido los efectos que producen los gases provenientes de los tubos de escape de todo tipo de automotor, especialmente Guayaquil por ser la ciudad más grande, tanto por su alta explosión demográfica como por su caótico asentamiento industrial dentro del perímetro urbano.

Entre los contaminantes emitidos por los transportes en sus diversos tipos, diremos que forman un número muy reducido de compuestos y que los vamos a describir a continuación:

MONOXIDO DE CARBONO (CO):

Este es un gas incoloro e inodoro, algo más ligero que el aire; es de carácter fuertemente reductor y no reacciona con el agua.

Se origina en aquellos procesos de combustión en los que hace falta el óxigeno, como por ejemplo en automoción o en calefacción doméstica.

Los niveles más altos de CO se encuentran generalmente en los puntos donde la densidad de tráfico vehicular es máxima. La causa principal la constituyen los motores a gasolina mal regulados.

La combustión incompleta es más frecuente en el transporte urbano, cuando los motores se encuentran operando a bajas velocidades (RPM) mientras los vehículos están detenidos.

En general no es sorprendente encontrar en las aceras del centro de las ciudades, niveles de CO de algunas partes por millón, que sean de 3 a 4 veces más altos que los que se observan en áreas residenciales.

Además se estima que el 60% de la producción nacional de CO se origina en los tubos de escape de los vehículos de motores de combustión interna.

Las cifras medias de concentraciones en las colectividades urbanas a menudo llegan a 50 p.p.m., debidas a los motores de los vehículos.

Su difusión en la atmósfera es rápida, por lo que las concentraciones elevadas son de una duración - muy corta.

Por otra parte es importante señalar que el CO reduce la capacidad de la sangre para transportar óxigeno por el organismo.

El CO al reaccionar con la hemoglobina de la sangre produce la carboxihemoglobina (COHb); debido a que tanto el CO como el O₂ tienen similar estructura molecular, tendiendo a competir por los mismos centros de unión en la molécula de hemoglobina.

Conforme a las leyes que controlan la aproximación al equilibrio, el envenenamiento ocurre después de varias horas de inhalación de niveles de 100 a 200 p.p.m. .

La distribución del CO en el torrente sanguíneo es tá en proporción a la presión parcial del CO en la atmósfera, conforme al equilibrio que se puede expresar por :



por ello la reacción se desplaza a la derecha hasta que la presión parcial del CO en el torrente sanguíneo sea igual a la presión parcial en el aire ambiente.

Muchas veces las concentraciones resultan suficiente para producir la COHb en la sangre como consecuencia de su respiración durante períodos prolongados de tiempo.

En resumen, cualquier residente urbano se encuentra expuesto a diversos niveles de CO durante todos los días de su vida en el ambiente urbano.

BIOXIDO DE CARBONO (CO₂):

En una atmósfera normal sin contaminar, el nivel de CO₂ varía entre las 300 y 400 p.p.m.

A este nivel no se considera que el CO₂ represente ningún peligro y no preocupan las variaciones dia-

rias a este nivel.

Sin embargo, para muchos investigadores, es objeto de mucha preocupación los efectos a largo plazo, de un aumento constante de la contaminación de CO_2 en la atmósfera procedente de las combustiones.

En los últimos cincuenta años este aumento ha ascendido hasta casi un 10% e inclusive suba.

Para el año 2,000 se espera que haya un 18% adicional y de acuerdo con algunos científicos, el CO_2 atmosférico podría llegar a duplicarse en un futuro no lejano.

Al contrario del CO , el bióxido de carbono no presenta toxicidad, es más denso que el aire y es incoloro e inodoro.

COMPUESTOS DE NITROGENO (NO_x):

Los contaminantes del aire más importantes que poseen nitrógeno en sus moléculas son: el óxido nítrico (NO) y el bióxido de nitrógeno (NO_2), siendo el primero el más abundante.

Ciertamente, la contribución mayor del hombre, a la familia de los óxidos de nitrógeno provienen de quemar combustible.

Aunque se piensa generalmente, que el nitrógeno es un gas inerte, de hecho se combina con el oxígeno a altas temperaturas de las llamas para dar óxidos.

En la figura N:1.1., se presentan las relaciones termodinámicas fundamentales para la formación del óxido nítrico en las flamas de combustión.

El NO por debajo de los 593°C , se oxida para formar el NO_2 .

En principio, en las flamas sólo se forma NO y la cantidad es proporcional al exceso de aire y a la temperatura.

La combustión con un exceso de aire pequeño y/o temperatura baja puede controlar la formación de óxidos de nitrógeno con combustibles convencionales.

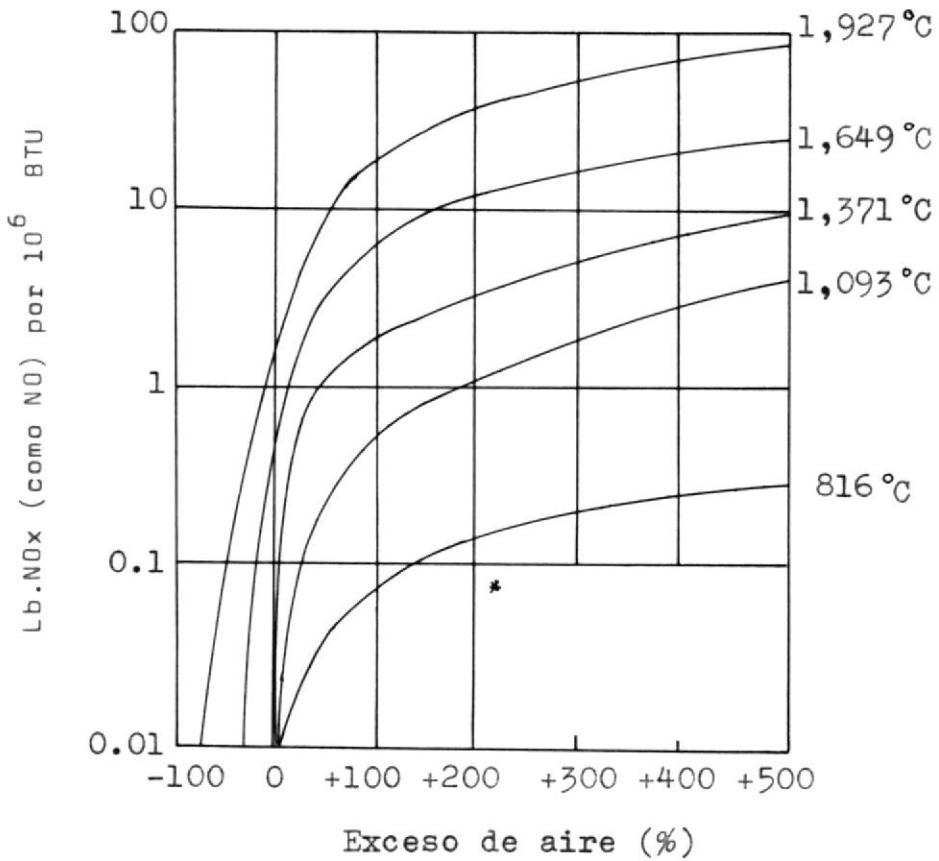


FIGURA N° 1.1.
FORMACION DEL NO EN LAS FLAMAS

* Aproximación General :

$$\frac{\text{Lbs. NOx}}{10^6 \text{ BTU}} = \left(\frac{T}{540} \right)^{5.35} \cdot (\text{E.A.} + 38)$$

En las que todos los óxidos de nitrógeno están como NO.

Donde :

$T = ^\circ\text{F}$; E.A. = % exceso de aire.

Tanto el NO como el NO₂ se encuentran en la atmósfera en concentraciones bajas. Se forman en las combustiones a altas temperaturas, tanto industrial como de vehículos, en la fabricación de ácido nítrico y en diversos procesos de nitración industrial.

A igualdad de concentración que el CO, su toxicidad para el hombre es más elevada.

COMPUESTOS DE AZUFRE :

Estos compuestos, principalmente el SO₂ y SO₃ son los contaminantes del aire más frecuentes en las atmósferas urbanas producidos por los procesos de combustión.

El SO₂ se encuentra normalmente en la atmósfera, en concentraciones que varían entre 0.02 y 0.1 p.p.m. .

En las Centrales Térmicas cuando queman carbón con un 3% de azufre producen un efluente que contiene entre 1,000 y 2,000 p.p.m. de SO₂ y puede llegar a tener hasta 20 o 40 p.p.m. de SO₃.

La formación del SO_3 puede evitarse si se elimina el azufre del combustible o por combustión con poco exceso de aire.

El efecto es semejante al de la formación del NO , tal como se muestra en la figura N° 1.2., excepto en que el efecto de la temperatura es opuesto.

Un pequeño exceso de aire, al evitar que el SO_2 se oxide a SO_3 permite que el primero se disperse en una zona mucho mayor antes de que se convierta lentamente en SO_3 .

La velocidad de éstas reacciones dependen de la cantidad de humedad presente, de la luz solar, de la presencia de otros compuestos químicos como los hidrocarburos, compuestos de nitrógeno y de la presencia de partículas.

Las partículas de sulfatos inorgánicos, el complejo smog fotoquímico también pueden provocar estas reacciones.

Estas partículas son tan abundantes que el ácido sulfúrico y los sulfatos constituyen del 5% al 20% de todas las partículas suspendidas en las mues -

tras de aire de las ciudades y a menudo ocasionan una disminución grave de la visibilidad.

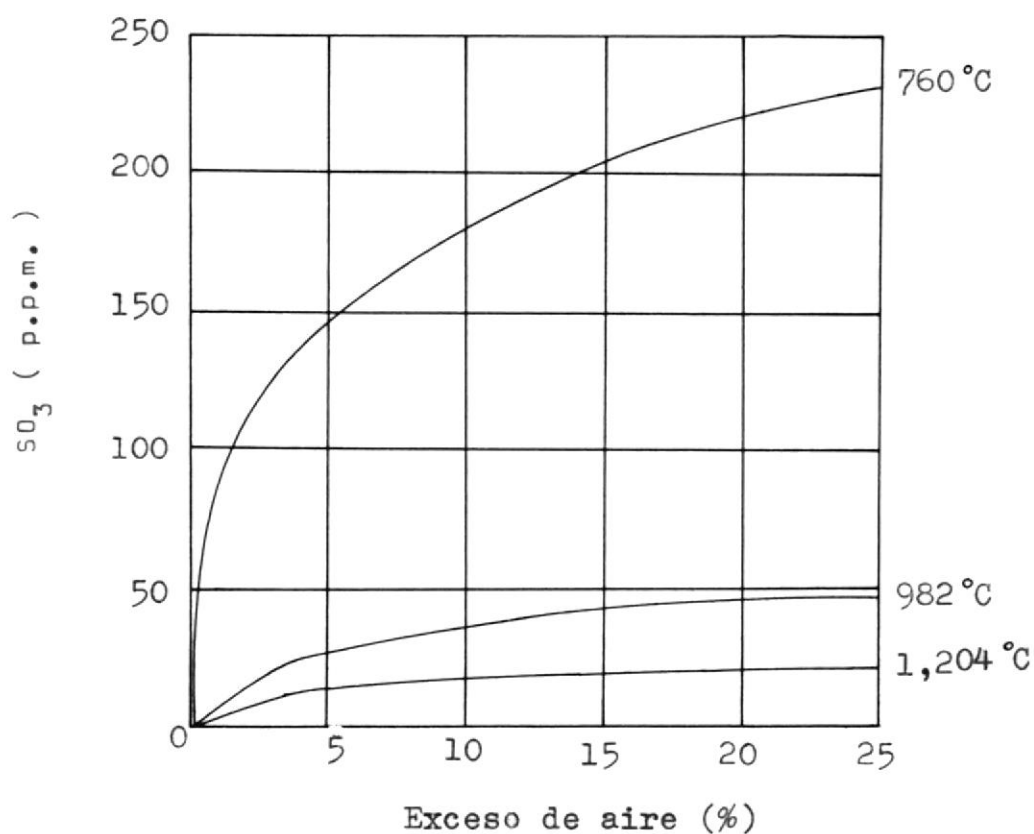


FIGURA N° 1.2.
FORMACION DEL SO_3 EN LAS FLAMAS

La tendencia del SO_2 a producir irritaciones en los ojos aumenta de 3 a 4 veces cuando las condiciones son favorables para la formación del ácido sulfúrico.

El SO_2 no es inflamable y se lo puede reconocer por su característico olor a cerilla quemada.

El SO_2 no es estable en la atmósfera y por razones de diversos mecanismos tanto catalíticos como no catalíticos se óxida a SO_3 . En presencia del agua el SO_3 se transforma rápidamente en ácido sulfúrico.

Por lo tanto, resultan insuficientes las mediciones de concentraciones de SO_2 para predecir los efectos tóxicos de un ambiente dado.

Además se conoce, que el contenido de azufre, porcentual en peso, basado en una minimuestra de análisis de laboratorio de la gasolina, se obtuvo un valor de 0.067 % que es superior al valor estandar de 0.04 % .

En forma análoga, se obtuvo un valor de 0.52 % de azufre en el diesel nacional.

PLOMO (Pb) :

El plomo es otro de los contaminantes del aire que se produce en los procesos de combustión.

Se estima que la cantidad de plomo en el organismo humano oscila entre los 100 y 400 mgs.

El plomo, en forma de tetraetil de plomo (TEP), se añade a la gasolina para mejorar el octanaje, es - decir para mejorar la característica antidetonante de ésta. Una parte del plomo pasa a la atmósfera - por evaporación, y la mayor parte, como producto - de la combustión en donde se convierte a plomo i- norgánico.

Se conoce que por cada 1,000 galones de gasolina consumida, el aire recibe 0.14 gramos de sólidos, carbón, óxidos metálicos, incluso zinc y una gran porción de plomo en forma de TEP.

Para hacernos una idea concreta, y con el fin de intentar magnificar el aporte de contaminantes de bido a las actividades del transporte urbano, en - la tabla II, se estima la carga de contaminantes - emitida por consumo de gasolina.

TABLA II

ESTIMACION DE CARGA CONTAMINANTE EMITIDA POR CONSUMO DE
GASOLINA EN AUTOMOVILES

| COMPUESTO | Factor de emi- sión. | Cantidad estima- da. |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Kg/1000 Litros | Ton./día |
| CO ₂ | 720 | 750 |
| CO | 360 | 375 |
| Vapores Orgánicos | 24 - 48 | 37.5 |
| Oxidos de Nitrógeno | 6 - 18 | 12.5 |
| Aldehídos | 0.6 | 0.63 |
| Comp. de Azufre | 0.6 - 1.2 | 0.94 |
| Acidos orgánicos | 0.24 | 0.25 |
| Partículas | 0.036 | 0.04 |

(Tomada del Manual in Air Pollution, 1,966)

HIDROCARBUROS :

Los hidrocarburos son contaminantes de tipo orgánicos; la presencia de éstos complican las reacciones atmosféricas, ya que éstas reaccionan con otros elementos químicos para producir especies químicas, que son responsables de los efectos negativos que producen en la atmósfera.

Las principales fuentes de emisión de estos compuestos son las industrias de petróleo y de gas natural, y además los gases de escape que producen los vehículos motorizados.

Además, toda operación de quemado produce hidrocarburos y que son emitidos en manufacturas, transporte, venta de combustible, etc; los hidrocarburos más estables (parafínicos y aromáticos) contienen baja concentración de óxidos de nitrógeno en la producción del smog fotoquímico, produciendo náuseas.

Los de tipo parafínicos son asfixiantes solamente por desplazamiento del oxígeno. Por el contrario, los aromáticos presentan mayores propiedades tóxicas y anestésicas.

Merecen ser considerados como contaminantes importantes los hidrocarburos polinucleados, debido a su supuesto poder cancerígeno.

Los motores a diesel desprenden pequeñas cantidades de contaminantes, debido a que el diesel es un combustible menos volátil y la evaporación es despreciable en comparación con los motores a gasolina.

En la tabla III, podemos observar la cantidad de los principales contaminantes que expulsan los transportes que consumen diesel.

Debemos mencionar también que el motor a diesel produce partículas de carbón, sobre todo en los motores mal regulados y que son los más abundantes en una ciudad.

TABLA III

FACTORES DE EMISION ORIGINADOS POR TRANSPORTES QUE
CONSUMEN DIESEL

| CONTAMINANTE | PROMEDIO DE LAS EMISIONES EN Kgs. POR CADA 1000 LITROS DE DE DIESEL CONSUMIDO | |
|---------------------|---|---------|
| | Automóviles | Motores |
| CO | 300 | 7.8 |
| Hidrocarburos | 26 | 17.70 |
| Oxidos de Nitrógeno | 14.70 | 28.85 |
| Partículas | 1.55 | 14.30 |
| Oxidos de Azufre | 1.17 | 5.2 |
| Aldehídos | 0.52 | 1.3 |
| Acidos Orgánicos | 0.52 | 4.03 |

(Tomada de Environmental Protection Agency, 1.972)

PARTICULAS SOLIDAS Y LIQUIDAS :

En estudios de contaminación del aire se incluyen en el término partículas, a todas las sustancias atmosféricas que no son gases: iones, polvos, partículas de humo, polen, gotas de lluvias; es decir, pueden ser tanto sólidas como líquidas que permanecen en la atmósfera un período dado de tiempo.

El parámetro más importante desde el punto de vista de la contaminación del aire es su tamaño. El tamaño de las partículas influye especialmente sobre las propiedades tóxicas y ópticas.

Las partículas pueden ser clasificadas así:

- a. Menores de 0.1 micra
- b. De 0.1 a 1.0 micra
- c. Mayores de 1.0 micra

En las atmósferas urbanas contaminadas se encuentra un número elevado de partículas sin carga, menores de 0.1 micra.

Las partículas de 0.1 a 1.0 micra se forman prín-

principalmente por condensación de vapores y productos de combustión.

Las partículas mayores de 1.0 micra tienen velocidades de sedimentación bien definidas, especialmente las mayores de 10 micras. Proceden de la aglomeración de partículas resultantes de la combustión, de cenizas, de polvo, etc.

Las partículas dispersas en el aire que son menores de 1.0 micra constituyen un aerosol especial, conocido como humo.

Cuando estas partículas son tan reducidas, no tienden a sedimentar, sino que forman suspensiones mecánicamente estables por cuyo motivo se denominan partículas en suspensión.

Es de anotar que los vehículos que usan gasolina casi no expulsan partículas con relación a los que utilizan diesel.

1.3. EFECTOS DE ESTOS EN LOS CLIMAS URBANOS

Quizá uno de los aspectos más interesantes y aterradores de la contaminación del aire es su efecto en el clima.

Muchos investigadores, creen que a medida que suban los niveles de contaminación del aire en zonas industriales, aumentarán las lluvias en dichas zonas o en las que quedan en la dirección de los vientos que proceden de las regiones contaminadas.

Aunque la contaminación del aire puede causar una mayor precipitación pluvial, puede causar también el efecto contrario, cuando las nubes están tan excesivamente "sembradas" que no llueve.

La contaminación del aire crea tantas partículas de polvo que éstas no pueden atraer suficiente vapor de agua para alcanzar el tamaño de una gota de lluvia.

Por otra parte, la contaminación del aire es también causa de espesas nieblas. A menudo sucede cuando una industria está situada en un valle y

las emanaciones que expulsa forman en una capa de inversión, los núcleos de las gotitas de niebla.

Estos son los cambios más importantes en el clima pero existen otros cambios menores en apariencia que pueden tener consecuencias mayores.

En resumen el clima urbano sufre la influencia de muchos factores que no afectan al campo que rodea a las ciudades.

Entre estos factores que influyen en el clima urbano diferenciándolo de sus alrededores están:

- La diferencia entre los materiales superficiales
- Una variedad mucho mayor de formas y orientaciones de las estructuras de la ciudad que las de los paisajes naturales de las zonas rurales.
- La rápida eliminación de la precipitación pluvial del medio.
- La enorme producción de calor, especialmente en invierno.
- La pesada carga de contaminantes sólidos y gaseosos que contiene el aire de las ciudades.

A continuación se describen algunos cambios clima

tológicos que dan unos autores :

RADIACION SOLAR

Total de superficie horizontal ---15-20% menos de lo normal.

Ultravioleta, invierno----- 30% menos de lo normal.

Ultravioleta, verano-----5% menos de lo normal.

TURBIDEZ

Nubes-----5-10% más de lo normal.

Niebla, invierno----100% más de lo normal.

Niebla, verano-----30% más de lo normal.

PRECIPITACION

Cantidades-----5-10% más de lo normal.

1.4. EFECTOS EN LA PENETRACION SOLAR

La capa de materia en partículas que cubre la mayoría de las grandes ciudades, hace que la energía solar que llega al complejo urbano sea significativamente menor que la que se observa en las zonas



rurales.

BIBLIOTECA

Las partículas son más eficaces como atenuantes de la radiación solar cuando el ángulo del sol es bajo, puesto que la longitud del trayecto que tienen que pasar las radiaciones a través de las partículas depende de la elevación del sol.

Así, para una determinada cantidad de materia en partículas, la radiación solar disminuirá al máximo en las ciudades que estén situadas en latitudes altas y durante el invierno.

La mayor parte de la radiación solar dispersada por el polvo atmosférico sigue su camino, y por lo tanto, la disminución de la radiación solar total se debe principalmente a la absorción.

En general, la radiación solar total recibida es inversamente proporcional a la concentración de humo y partículas suspendidas, por lo tanto, las mediciones de las radiaciones solares se pueden utilizar, cuando no hay nubes, como índice aproximado de la contaminación del aire en forma de partículas.



Estudios realizados indican que existe una aproximación bastante exacta de la asociación entre la concentración de aerosol en la atmósfera y los niveles relativos de radiación solar, tal como se indican en la tabla IV.

TABLA IV

RELACION APROXIMADA ENTRE LAS CONCENTRACIONES ATMOSFERICAS DE AEROSOL Y LOS NIVELES DE RADIACION SOLAR RELATIVOS

| Concentración de aerosol. $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Radiación solar Total | % del valor para $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ ultravioleta |
|--|-----------------------|---|
| 50 | 105 | 104 |
| 100 | 100 | 100 |
| 200 | 95 | 92 |
| 400 | 90 | 77 |

(Tomada de Air Pollution Control Theory; Crawford D.)

1.5. OTRAS FORMAS DE CONTRIBUIR A LA CONTAMINACION DEL AIRE.

Además de todos los contaminantes nombrados anteriormente y que tienen sus fuentes de emisión en las industrias y en vehículos tanto de gasolina como los a diesel, existen otros contaminantes que de alguna forma contribuyen a la contaminación del aire y que corresponde a los hidrocarburos no quemados y que son emitidos por los vehículos, pero que no proceden directamente de los gases provenientes de los tubos de escape.

Una de estas fuentes de emisión se la conoce como "pérdidas por compresión", y que son debidas a escape de gases del cilindro durante el período de compresión y expansión y que son emitidos a la atmósfera por la parte superior del cilindro (tapa del resumidero).

Las concentraciones de estos hidrocarburos presentes en los gases están entre 6,000 y 15,000 p.p.m. .

Otra fuente es la conocida como "emisión por evaporación". Estas emisiones provienen del depósito de carburante y del carburador.

La evaporación que se lleva a cabo en el depósito y que es emitida a la atmósfera es a temperatura ambiente; mientras que la que se produce en el carburador ocurre inmediatamente después de la parada del motor.

La evaporación del combustible, tanto del depósito como del carburador representan aproximadamente el 20% de los hidrocarburos emitidos totalmente.

En la tabla V, se indican los diferentes porcentajes de diversos contaminantes según la etapa de recorrido o condiciones de marcha en que se encuentra un determinado motor.

TABLA V
COMPOSICION DE LOS GASES DE ESCAPE DE UN MOTOR
A GASOLINA

| COMPUESTO | MOTOR DE GASOLINA | | | |
|---------------------------|-------------------|------|------|------|
| | R | A | C | D |
| CO (%) | 11.8 | 2.8 | 5.1 | 4.8 |
| Hidrocarburos(%) | 0.98 | 0.2 | 0.05 | 2.64 |
| NOx (p.p.m.) | 45.0 | 1430 | 314 | 12.0 |
| Formaldehídos (p.p.m.) | 72.0 | 28 | 1.0 | 2.21 |

(Tomada de Cleaning Our Environment the Chemical Basis for Action).

Donde :

- A = Aceleración
- R = Ralentí
- C = Crucero
- D = Desaceleración

C A P I T U L O I I

METODOS DE ANALISIS DE MUESTRAS DE AIRE

2.1. INTRODUCCION

En un ambiente urbano, los niveles de contaminantes medidos o analizados después de recoger muestras de aire por períodos de tiempo determinados, dispersos al azar en zonas críticas elegidas y durante varios días puede que no nos proporcione siempre un cuadro exacto sobre la verdadera calidad del aire ambiental que rodea nuestra urbe.

Como pocas son las veces que ocurren a velocidad constante, debido al carácter aleatorio de los vientos en la atmósfera, las emisiones de contaminantes en fuentes urbanas e industriales, tampoco suelen producir una concentración media uniforme en el aire.

En años recientes, en países en donde la contaminación del aire ya es un problema, el progreso en los métodos de análisis con tomas de muestras au-

tomatizadas, han llevado al desarrollo de sistemas que mezclan reactivos, irradian corrientes de aire de muestra y además pesan macromoléculas.

Por esta razón la Organización Panamericana de la Salud (OPS) promovió el interés de los Gobiernos miembros, acosados por el problema de la contaminación del aire, el inicio de un programa de mediciones que permitieran determinar el grado de concentración de determinados contaminantes que se encuentran en el aire pero que no provienen precisamente de los producidos por el transporte urbano.

En 1,974 nuestro país pasó a formar parte de la Red-Panaire, previo convenio con la OPS, instalándose en nuestra ciudad la primera estación de muestreo.

En 1,976 se une a éste trabajo el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias(IEOS); el mismo que implementa otras estaciones de muestreo, aumentando a tres las estaciones instaladas en ésta ciudad y a ocho en todo el país.

Estas estaciones de muestreo están provistas de equipos de mediciones que sólo analizan concentra -

ciones de contaminantes como partículas sedimentables, partículas en suspensión y anhídrido sulfuroso.

En la tabla VI, se dan los porcentajes obtenidos desde 1,971 a 1,981 de estos contaminantes, en nuestro país.

TABLA VI

PORCENTAJE DE VALORES OBTENIDOS POR LA RED-PANAIRE
EN NUESTRO PAIS

| AÑO | PARTICULAS | | Anhídrido Sulfuroso (%) |
|-------|----------------------|-------------------|-------------------------------|
| | Sedimentables (%) | Suspensión (%) | |
| 1,976 | 30.0 | 17.0 | 0* |
| 1,977 | 67.0 | 7.70 | 0* |
| 1,978 | 75.0 | 41.67 | 0* |
| 1,979 | 63.89 | 44.44 | 0* |
| 1,980 | 86.10 | 44.44 | 0* |
| 1,981 | 43.33 | 40.74 | 0* |

* Comparado con el nivel de referencia.

(Tomada del Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, IEOS).

Ahora bien, para la realización de esta tesis, no se dispone de equipos completos de muestreo y análisis; por lo que debemos conformarnos con datos instantáneos basados en concentraciones obtenidas en determinadas zonas y que son debidas al tránsito vehicular.

Por lo tanto, los equipos que se encuentren disponibles y en buenas condiciones determinarán el método de análisis y muestreo a emplearse.

2.2. EQUIPOS QUE SE USAN PARA TOMAR Y ANALIZAR MUESTRAS

En esta sección trataremos de resumir en forma general los diferentes equipos que se usan para la toma y análisis de muestras de aire.

Generalmente, un equipo sencillo de toma de muestra de aire está compuesto de una bomba de aspiración de aire, de un dispositivo para medir el flujo de aire y de un absorbedor de la muestra.

Equipos para analizar o medir concentraciones existen muchos entre simples y compuestos, que van de acuerdo con los contaminantes que analicen cada uno de ellos.

Existen además, equipos que realizan en conjunto - simultáneo tanto la recogida de la muestra como el análisis de las concentraciones de las mismas.

Los análisis se los pueden realizar por dos métodos:

1. Por combustión; y
2. Por infrarrojos.

En el primero se realiza una post-combustión de los gases de escape y a partir del aumento de temperatura originada, se determina el contenido de los contaminantes presentes y vienen expresados en % de volumen.

En el segundo método, se efectúa el análisis aprovechando la absorción de rayos infrarrojos del compuesto, y los resultados se expresan en % de volumen.

Según el método que se emplee para efectuar el análisis, los equipos usados pueden ser de tres clases:

- a. Equipos luminosos con sistemas continuos
- b. Equipos luminosos con sistemas discontinuos
- c. Equipos gravimétricos.

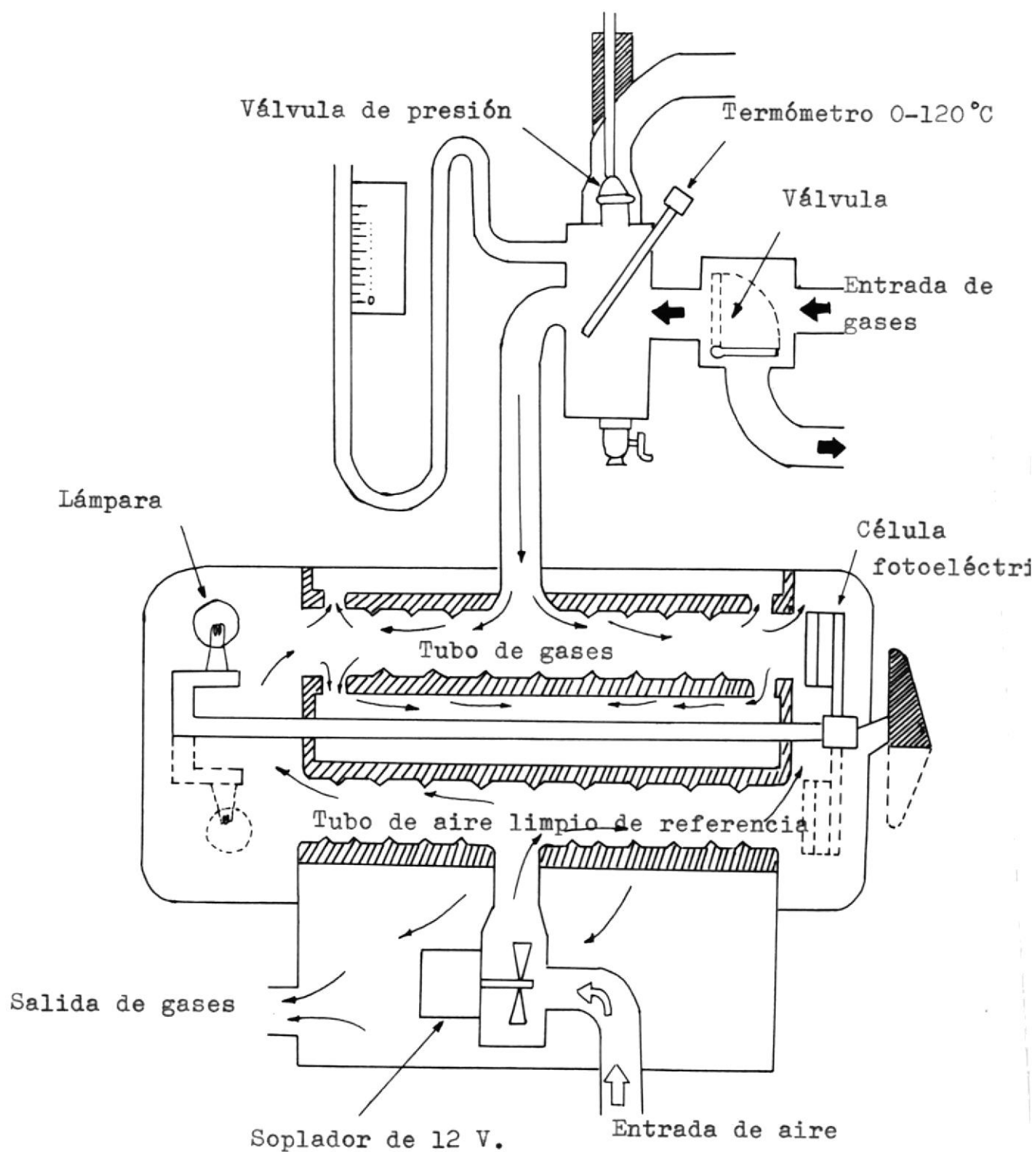
a. Los principales representantes de éste grupo son el equipo HARTRIDGE y el U.T.A.C.

En la figura N^o 2.1., se muestra un equipo HARTRIDGE, el mismo que mide la opacidad de los gases - por medio de una fuente luminosa o una célula fotoeléctrica que puede adoptar dos posiciones distintas, una para calibrado y otra para la medida de concentraciones.

El impulso luminoso recogido en la célula es transformado a unidades de una escala arbitraria, cuyos valores son cero (0) y cien (100). Los niveles máximos permitidos suelen oscilar entre 55 y 70 unidades HARTRIDGE.

El equipo U.T.A.C., ha sido construido por la Unión Technique du Automobile et cycle de Francia y su fundamento teórico es análogo al anterior.

b. Estos aparatos o equipos realizan la captación de la muestra mediante la extracción de un volumen determinado de los gases de escape que pasan a través de un papel filtro, donde se depositan las partículas que arrastran , ennegreciéndolo.

FIGURA N^o 2.1.

EQUIPO MEDIDOR DE GASES "HARTRIDGE"

El papel filtro de muestra, se lleva luego a un me didor fotoeléctrico, en donde se obtiene el resul- tado en forma de unidades arbitrarias, en función del ennegrecimiento del papel filtro.

c. Este último equipo de muestreo, es el más impor- tante y el más aplicable, en donde los gases de es- cape son aspirados por medio de una bomba de vacío, obligados a pasar por un dispositivo calibrado pa- ra la medición del flujo de gas y recogidos en un colector de muestra para ser llevados luego a un a nalizador de concentraciones expresados en % de vo- lumen.

En la figura N° 2.2. se ilustra una disposición tí- pica de este equipo.

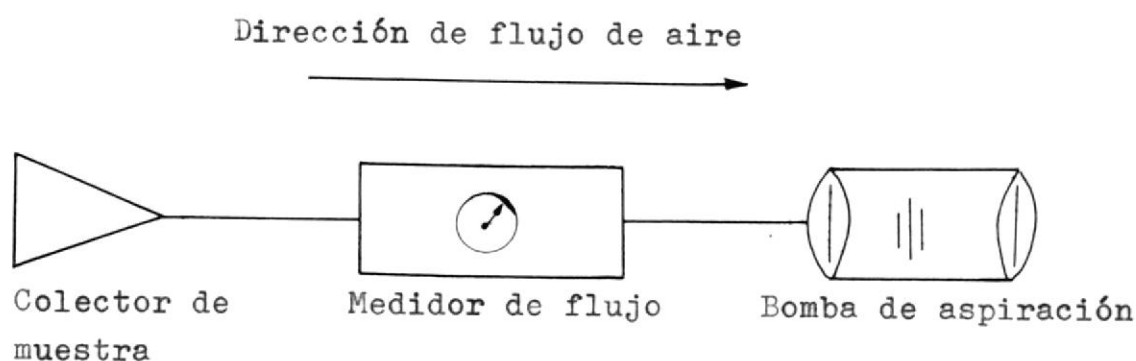


FIGURA N° 2.2.

DISPOSITIVO PARA TOMA DE MUESTRA DE AIRE

Es importante señalar que la bomba se sitúa siempre de modo que succione el aire en lugar de que lo empuje através del colector.

La razón estriba en evitar la posible contaminación de la muestra recogida con aceite de la bomba o material de sus paletas.

Esta bomba puede ser alimentada con corriente eléctrica o por medio de un convertidor de batería.

El medidor de flujo va siempre delante de la bomba, y el colector de muestra es el que retiene el contaminante ya sea sólo o mezclado.

Para nuestro caso particular y en razón de que no se dispone de ninguno de los equipos mencionados , vamos a utilizar un equipo de toma de muestra muy sencillo y para analizar la muestra de aire contaminado utilizaremos el Aparato de Orsat que pertenece al Laboratorio de Conversión de Energía de la ESPOL.

Debemos anotar de que en la ESPOL existe un Cromatógrafo de Gases pero que debido a desperfectos mecánicos no nos fue posible utilizarlo y que nos hubiera sido de mucho beneficio en la realización de esta tesis.

En resumen, las técnicas para medir o analizar contaminantes pueden realizarse atendiendo a varios - aspectos. Una de las formas posible sería la siguiente :

1. Por la forma de operación :

- Manuales
- Automáticos

2. Por la existencia de solución absorbente :

- Vía húmeda
- Vía seca

3. Por el método utilizado :

- Físico
- Químico

Las técnicas instrumentales más importantes para el análisis de contaminantes son las siguientes, de - las cuales vamos a describir en forma corta a las más utilizadas :

- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| - Calorimetría | - Infrarrojo no dispersivo |
| - Fluorescencia | - Absorción atómica |
| - Quimioluminiscencia | - Cromatografía de gases |
| - Ionización de llama | - Difracción de rayos X |

- Gravimetría
- Espectrometría de masas
- Columbometría
- Colorimetría

Fluorescencia.- Es un método desarrollado hace poco para la medición continua de fluoruros volátiles aprovechando que el ión fluoruro es un agente de quenching en fluorescencia. Este método supone la utilización de una cinta de papel impregnado en oxinato magnésico alcohólico cuya fluorescencia a 360 \AA se reduce en proporción a la concentración de fluoruro volátil en la muestra de aire que pasa continuamente por la cinta. Se utiliza un detector de fotocélula para vigilar los niveles de fluoruro ambiente tan bajos como unas pocas p.p.b. .

Quimioluminiscencia.- Se basa en la luminiscencia que se produce al poner en contacto aire conteniendo ozono con una placa absorbiendo rodamina B sobre gel de sílice; produciendo de esta manera la luminiscencia , donde la intensidad es proporcional a la concentración de ozono.

Culombometría.- Este método utiliza la culombometría del yodo en disolución acuosa para la determinación del contaminante (SO_2) aprovechando la capacidad del SO_2 para reducir el I_2 que se mantiene -

en equilibrio regulando en disolución acuosa -con yoduro (I^-) a través de la reacción siguiente:



Infrarrojo no dispersivo.- Depende de la energía de absorción del contaminante.

Utiliza un filamento calentado como fuente de radiación, un dispositivo para alternar el paso de radiación entre las células de muestra y referencia en detectar. Operan a presión atmosférica.

Absorción atómica.- Emplean las muestras procedentes de la determinación de humos. El procedimiento comprende la calcinación del papel filtro y la digestión de las cenizas con ácido nítrico. La solución ácida es analizada por espectrofotometría de absorción atómica, obteniéndose resultados rápidos y precisos.

Espectrometría de masas.- Resulta muy útil para identificar pequeñas cantidades de materiales. Se logra ionizando una muestra para descomponerla y acelerando después los iones a través de un campo magnético hasta que llegue a un colector.

El tiempo que transcurre entre la ionización y recolección de cada ión es proporcional a su masa.

Con un osciloscopio se obtiene el espectro de masa de todos los iones producidos de cada muestra desde el más ligero hasta el más pesado.

El empleo del espectrometro de masas exige por lo general la condensación de grandes volúmenes de muestra para reunir material suficiente para el análisis.

Cromatografía de gases.- Consiste en separar los compuestos deseados en un reactor catalítico, que comprende un tubo de acero inoxidable relleno con ladrillo refractario conteniendo nitrato de níquel a una temperatura condicionada para la muestra, haciendo que los componentes de la muestra viajen a diferentes velocidades.

Se confía que en el futuro se desarrollarán analizadores continuos para medir halógenos, sulfuro de hidrógeno, olores y muchos métodos específicos como particulados.

2.3. CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO

A continuación vamos a describir las características de funcionamiento de los equipos de toma y análisis de muestras de aire a utilizar.

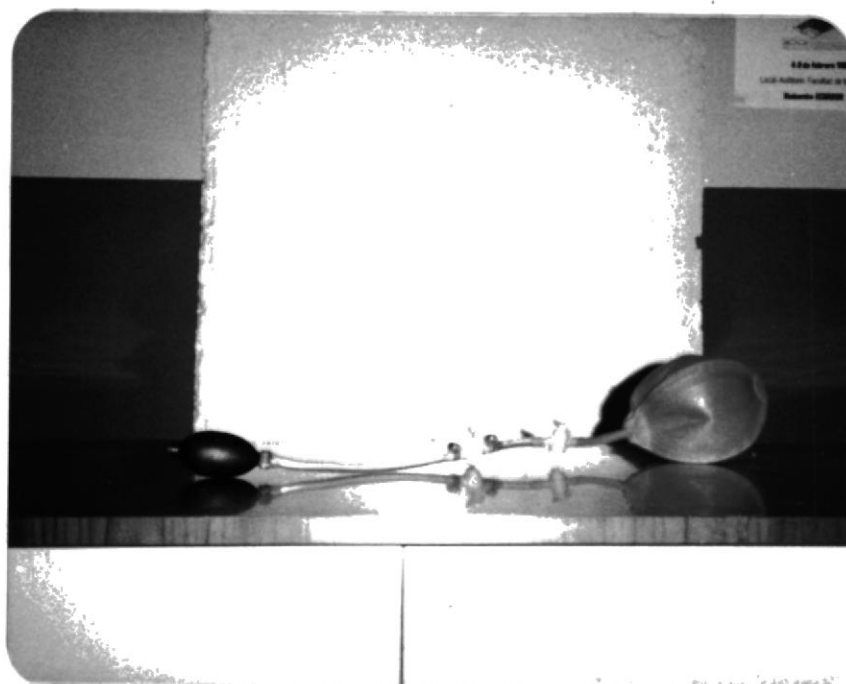
Así también vamos a describir el funcionamiento del cromatógrafo de gases de la ESPOL para darnos una idea de como trabaja este equipo.

De los variados métodos que existen para realizar las tomas de muestras de aire, el que vamos a emplear es sencillo, tanto en su funcionamiento como de las partes de que está compuesto.

Las partes que componen este equipo de toma de muestra de aire son:

- Una bomba de succión manual.
- Una válvula que sirve para el paso y cerrada del flujo de aire.
- Y de un recipiente o colector de caucho (conocido comúnmente como blery).

En la figura N° 2.3., se muestra una fotografía de este equipo.

FIGURA N^o 2.3.

EQUIPO DE TOMA DE MUESTRA DE AIRE UTILIZADO

Con este equipo recogemos la muestra de aire contami
nado, succionando aire con la bomba manualmente, man
teniendo la válvula de paso abierta hasta tener una
determinada cantidad que sea representativa del pun
to donde se muestrea, para luego por medio del Ana-
lizador de Orsat realizar el respectivo análisis.

El analizador de los gases de las muestras será el Aparato de Orsat, el mismo que nos va a permitir obtener concentraciones de contaminantes tales como el monóxido de carbono (CO), bióxido de carbono (CO₂), oxígeno (O₂), y por diferencia se puede obtener nitrógeno (N₂) y otros gases expresados en % de volumen.

El Orsat en mención trabaja con los siguientes reactivos:

- Una solución de hidróxido potásico que absorbe el CO₂.
- Una solución pirogállica estable que absorbe el O₂.
- Y de una solución de cloruro cuproso que absorbe el CO.

Las partes que componen el Aparato de Orsat son:

- Una válvula de tres vías
- Una botella de nivel
- Una columna observadora de CO₂
- Una columna observadora de O₂
- Una columna observadora de CO
- Y de una pipeta graduada de lectura.

En la figura N° 2.4., se muestra una fotografía de este analizador.

El funcionamiento lo vamos a describir para obtener la concentración de un solo contaminante (CO), ya que el procedimiento es el mismo para la obtención de los otros.

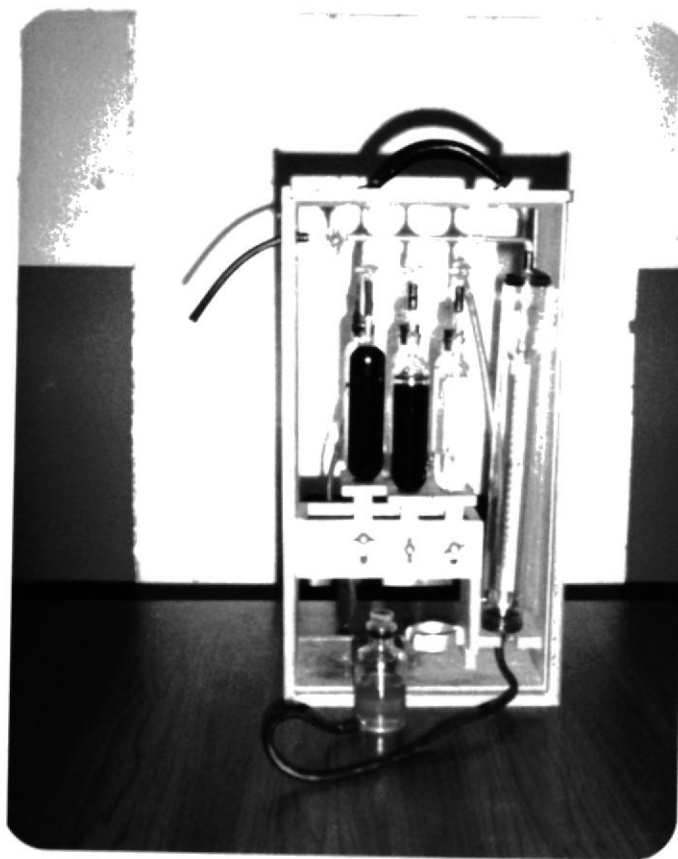


FIGURA N° 2.4.

EL APARATO DE ORSAT UTILIZADO

Primero ponemos la válvula de tres vías en posición abierta a la atmósfera.

La botella de nivelado la colocamos en la parte inferior del aparato. Chequeamos que el nivel tanto de la botella de nivelado como de la pipeta sean iguales y que estén en cero (0).

Ahora con la válvula de tres vías abierta a la atmósfera, levantamos la botella de nivel hasta llegar a la marca de 100cc., e inmediatamente cerramos la válvula de tres vías y bajamos la botella de nivel.

Aquí recién abrimos la válvula que mantiene al gas de la muestra encerrado en el colector de caucho.

Hacemos que el nivel de la pipeta caiga a cero (0) e inmediatamente cerramos la válvula de la muestra. Entonces han quedado dentro del aparato exactamente 100 cc. de gas de la muestra a la presión atmosférica.

Luego abrimos la válvula de la columna observadora de CO₂, y levantamos la botella de nivel para que el agua vaya desplazando el gas de la muestra dentro-

de la columna del reactivo.

Repetimos el movimiento de subida y bajada de la botella de nivel 3 o 4 veces para que el reactivo absorba totalmente el CO de la muestra.

Bajamos la botella de nivel hasta restaurar el reactivo al nivel original, cerrando la válvula de la columna del CO.

Finalmente levantamos la botella de nivel hasta que el nivel de ésta sea igual al de la pipeta; y tomamos la lectura del volumen absorbido de CO.

Para asegurarnos de que el CO ha sido absorbido totalmente, debemos repetir el procedimiento hasta que dos lecturas consecutivas sean iguales.

Finalmente, la cromatografía de gases es una técnica de separación que ha revolucionado la química analítica y es aplicable a compuestos orgánicos e inorgánicos.

El cromatógrafo de gases de la ESPOL es modelo 2800 y es de doble columna; es decir, utiliza un método físico de separación basado en la distribución de

la muestra entre dos fases: una sólida y otra gaseosa.

Está compuesto de tres partes principales:

- Un instrumento básico donde se encuentra el panel de control, el cual controla el total funcionamiento de las otras partes que lo componen.
- Un integrador electrónico, que es un instrumento que se usa para la cuantificación de datos; esto es, para digitar e imprimir los datos a obtenerse.
- Y por último, consta de un registrador que sirve para entregar el gráfico del análisis; en el que se indican los componentes existentes con sus respectivas concentraciones que han estado presentes en un determinado tiempo.

Es importante señalar que estos equipos deben ser instalados en lugares donde no existan cambios bruscos de temperatura ni excesivas vibraciones.

2.4. SELECCION DE ZONAS CRITICAS EN GUAYAQUIL DEBIDAS AL TRANSPORTE URBANO

Todos sabemos que la mayor parte de los sistemas de transportes actuales obtienen su energía por medio de la combustión de diversos productos.

Como ya lo anotamos anteriormente, la clase de vehículos objeto de este estudio, es el formado por los automóviles, autobuses y transporte pesado que utilizan como combustible, gasolina y diesel especialmente.

Debido al incremento vehicular existente y a la cantidad de carburante que consumen los mismos, hace que esto ya sea un problema que está afectando a las grandes ciudades como la nuestra, siendo la contaminación del aire el principal efecto que causan.

En la ciudad de Guayaquil existen muchas zonas o áreas que se las pueden considerar como críticas debidas al intenso tránsito motorizado que se produce a determinadas horas del día.

Por estudios realizados por la Comisión de Transi-

to del Guayas (CTG), y por lo que los habitantes de la ciudad observan diariamente, sabemos que las horas a las que se produce este intenso tráfico vehicular están comprendidas en los siguientes rangos: de las 07:h30 a las 09:h00; de las 11:h30 hasta las 13:h00; y de las 17:h30 hasta las 19:h00; rangos en que se puede decir que la ciudad de Guayaquil se presenta como un gran foco emisor de contaminantes atmosféricos.

Ahora bien, las zonas críticas que se encuentran dentro del casco urbano, no sólo son las que están afectando a los habitantes de la ciudad, sino que existen otras, como las vías que conectan a la ciudad con zonas apartadas; y otras que unen a la ciudad con otras del país.

Estas vías de acceso a la ciudad son las que muchas veces hacen que se produzcan las llamadas "aglomeraciones" de los vehículos.

En una parte de la Cartografía de la ciudad de Guayaquil que se presenta en la figura N° 2.5., se encuentran encerradas en círculos las zonas o puntos críticos más importantes previos estudios realizados por la Comisión de Tránsito del Guayas debidas

al mayor tránsito vehicular (1), en las horas anotadas anteriormente.

(1) Estudios determinados en base a conteo vehicular diario de ocho horas continuas.

Con el propósito de complementar este trabajo vamos a introducir un resumen de lo más importante de un estudio realizado sobre Transportación Urbana en la ciudad de Guayaquil en el año de 1,982 .

La Japan International Cooperation Agency (JICA) y La Comisión de Tránsito del Guayas (CTG), a través de este estudio en su primera etapa han llegado a concluir que nuestra ciudad está confrontando serios problemas de transporte urbano, tales como la congestión de tráfico diario a lo largo del área central, desbalance en el transporte público, etc., lo que hace que la contaminación del aire tienda a agravarse con el tiempo.

Entonces, el objetivo principal es formular un Plan Maestro de Transporte Urbano, como solución a los problemas de tráfico presente y a la demanda de tráfico que tendrá la ciudad para el año 2,000 .

Tomando en cuenta que en 1,982 la ciudad tenía aproximadamente 1'200,000 habitantes, con una posesión de 82 vehículos por 1,000 habitantes, se prevee que para el año 2,000 tendrá 2'700,000 habitantes y una posesión de 150 vehículos por 1,000 habitantes lo que corresponde a una tasa de crecimiento vegetativo de

4.4%/año. Esto hará que el número de vehículos aumente de 100,000 aproximadamente en 1,982 a 400,000 en el año 2,0000 .

Por esta razón han propuesto dos planes :

1. Plan de Mejoramiento a Corto Plazo, y
2. Plan de Transportación a Largo Plazo.

El Plan de Mejoramiento a Corto Plazo consiste en mejorar el sistema actual excluyendo cambios en la estructura urbana.

Los programas de mejoramiento a corto plazo están-resumidos así :

- a. Mejoramiento de intersecciones.
- b. Mejoramiento de separadores de tráfico.
- c. Impedir el estacionamiento a los costados de la ruta principal.
- d. Otros mejoramientos.

La base del plan de mejoramiento a corto plazo es hacer uso de todos los sistemas de transportes, para que tengan coordinación con el plan de transportación a largo plazo.

El Plan de Transportación a Largo Plazo, como obje

tivo propone una Red de Carreteras y Plan de Ruta (MRT), siendo económicamente factible para resolver la congestión de tráfico actual y la demanda que tendrá en el año 2,000 .

Para seleccionar la ruta MRT (Masa-Rápida-Transportación) se han tomado en cuenta los principales itinerarios de tráfico, ancho de la ruta, conexión mutua entre itinerarios, etc.

Actualmente el transporte terrestre en general está clasificado de la siguiente manera :

- Autobuses de transporte urbano
- Autobuses de transporte inter-regional
- Autobuses de transporte colegial e industrial
- Pesados, Livianos, taxis, etc.

Basados en algunas características de tráfico del área en estudio, en la tabla VII se dan los números de viaje tanto internos como externos que han realizado los diferentes tipos de vehículos durante el año de 1,982 .

Al observar la tabla podemos decir que el 34.6 % corresponde a automóviles; el 51.7 % a vehículos -

livianos y el resto corresponde a vehículos pesados y motocicletas.

TABLA VII

NUMEROS DE VIAJES EXISTENTES EN EL AREA DE ESTUDIO
(AÑO 1,982)

| Tipo de viaje Tipo de vehículo | Internos | Externos | Otros | Total |
|--------------------------------------|----------|----------|-------|---------|
| Automóviles | 201,192 | 4,469 | 223 | 205,884 |
| Vehículos Livianos | 301,103 | 12,776 | 1,055 | 314,934 |
| Vehículos Pesados | 28,875 | 6,189 | 1,596 | 36,660 |
| Motocicletas | 51,095 | 881 | 17 | 51,993 |
| Total | 582,265 | 24,315 | 2,891 | 609,471 |

Unidad: viajes/día

El flujo de tráfico actual en las calles y avenidas principales, así como los diferentes cruces de líneas lo podemos observar en la figura N° 2.6.

En la Av. 25 de Julio es en donde se produce el tráfico de mayor escala tomando en cuenta ambas direcciones, siguiendoles las calles Los Ríos, Machala, Quito y Nueve de Octubre en ese orden.

En la figura N° 2.7., se muestran las fluctuaciones de vehículos por horas en algunas calles.

Con el objeto de que el tráfico se haga más fácil - la JICA y la CTG han propuesto un "Modelo de Distribución de Viaje Interzonal" basado en la gravitación y cuya ecuación es:

$$T_{ij} = \alpha \frac{X_i^{\beta_1} \cdot Y_j^{\beta_2}}{(\gamma_{ij})^\delta} \quad (1)$$

Donde:

T_{ij} = Intercambio de viaje de una zona i a una zona j

X_i = Generación de viaje en zona i

Y_j = Atracción de viaje en zona j

γ_{ij} = Impedancia de tráfico a cerca de zona i a zona j

$\alpha, \delta, \beta_1, \beta_2$, son coeficientes constantes.

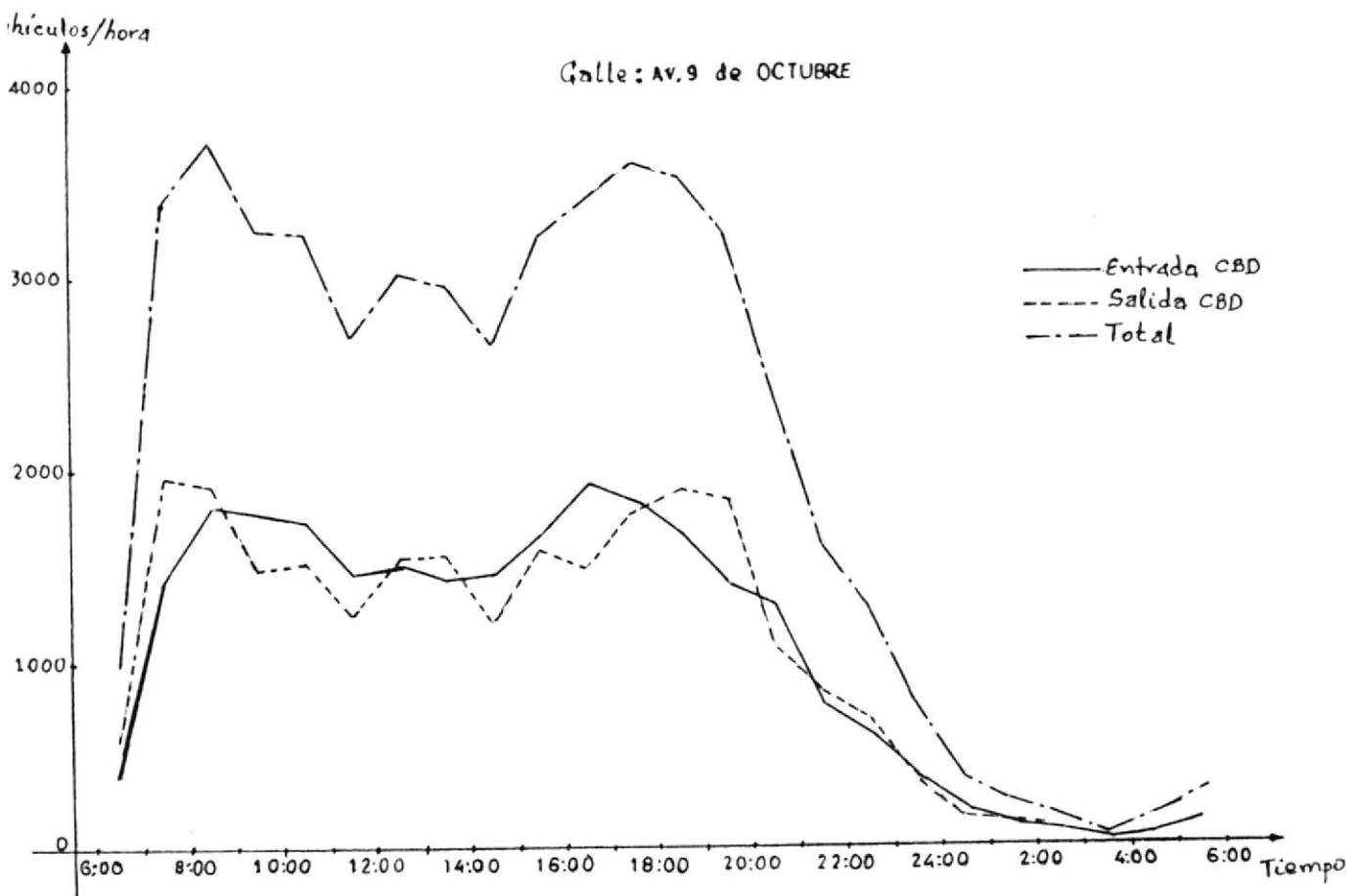
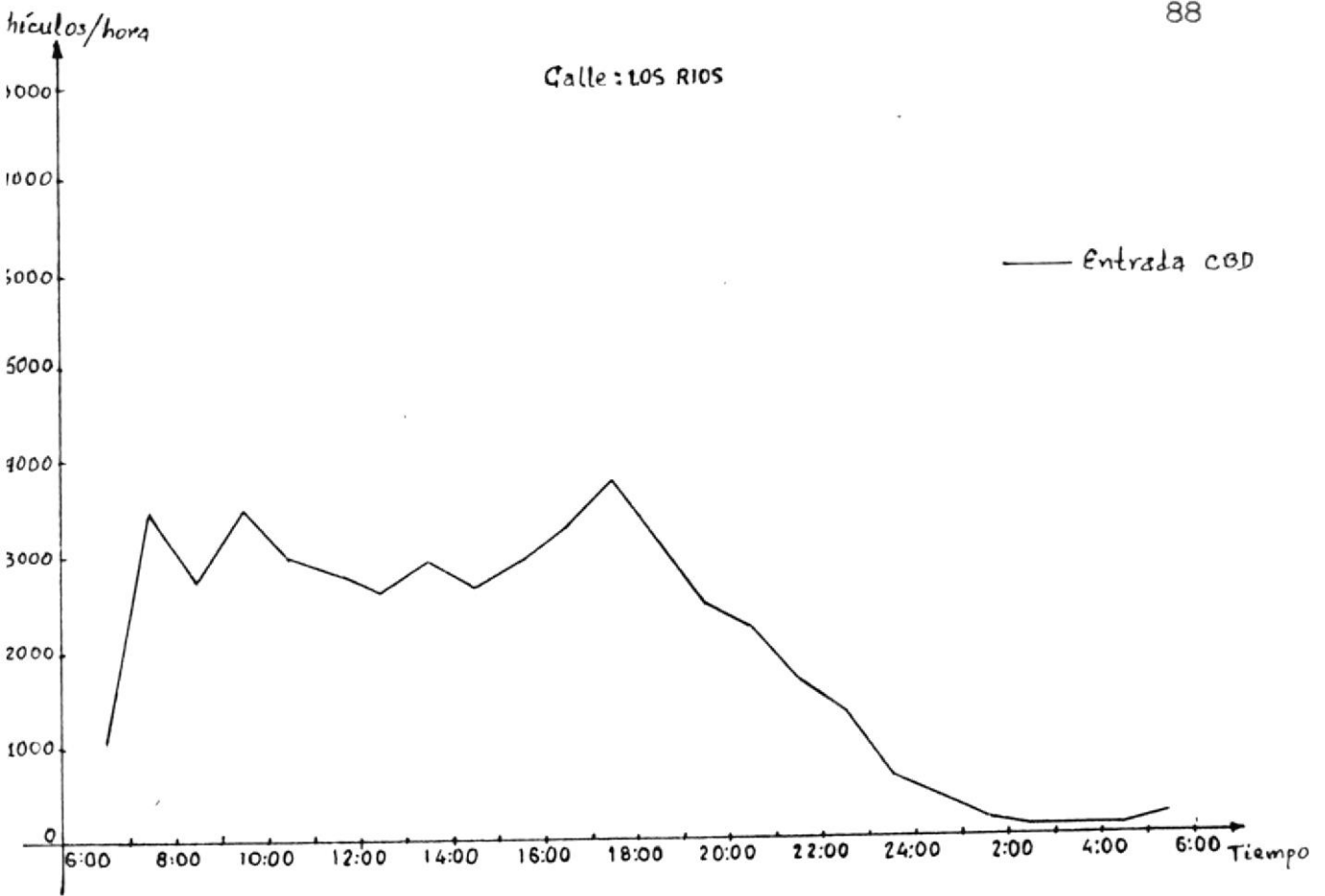


FIGURA N° 2.7. FLUCTUACIONES DE TRAFICO POR HORA.

La red de carreteras (vías) que existe actualmente y que está causando serios problemas de tráfico se la puede observar en la figura N° 2.8.

Considerando el volumen de tráfico para el 2,000 la nueva red de carreteras tendría las siguientes características:

En el área urbana:

- Calles de dos vías dentro del Distrito Central - de Comercio (CBD).
- Conexión de Malecón con el área Norte através de un túnel bajo el Cerro EL CARMEN.
- Calle funcional a lo largo del Estero Salado para unir el tráfico de las áreas Este y Oeste.
- Mejoramiento de calles existentes.

En el área suburbana:

- Planear y completar las calles suburbanas incluyendo Durán.
- Utilizar los planos de calles existentes propuestos por el Municipio de Guayaquil.

El mejoramiento del plan existente consiste principalmente en la conexión de las calles actuales con las vías perimetrales de la ciudad.

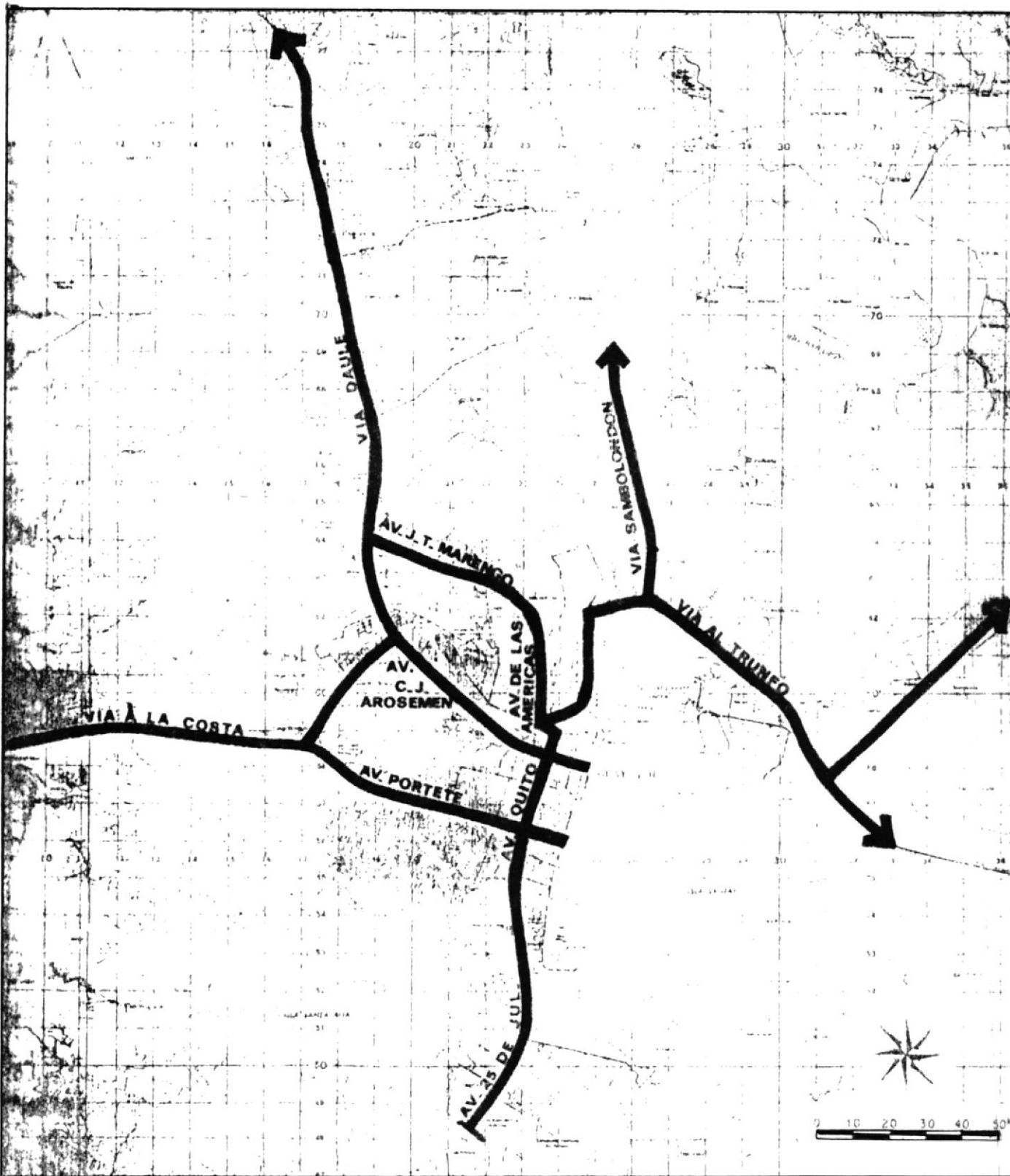


FIGURA N° 2.8.

RED DE CARRETERAS DE MAYOR TRAFICO
EXISTENTE.

PLAN DE TRANSPORTACION
URBANA EN GUAYAQUIL.

En el proyecto propuesto, varias intersecciones alrededor de la CBD serán mejoradas por el grado de separación, principalmente en los puntos de cruces entre las calles que conectan la CBD con el área Norte.

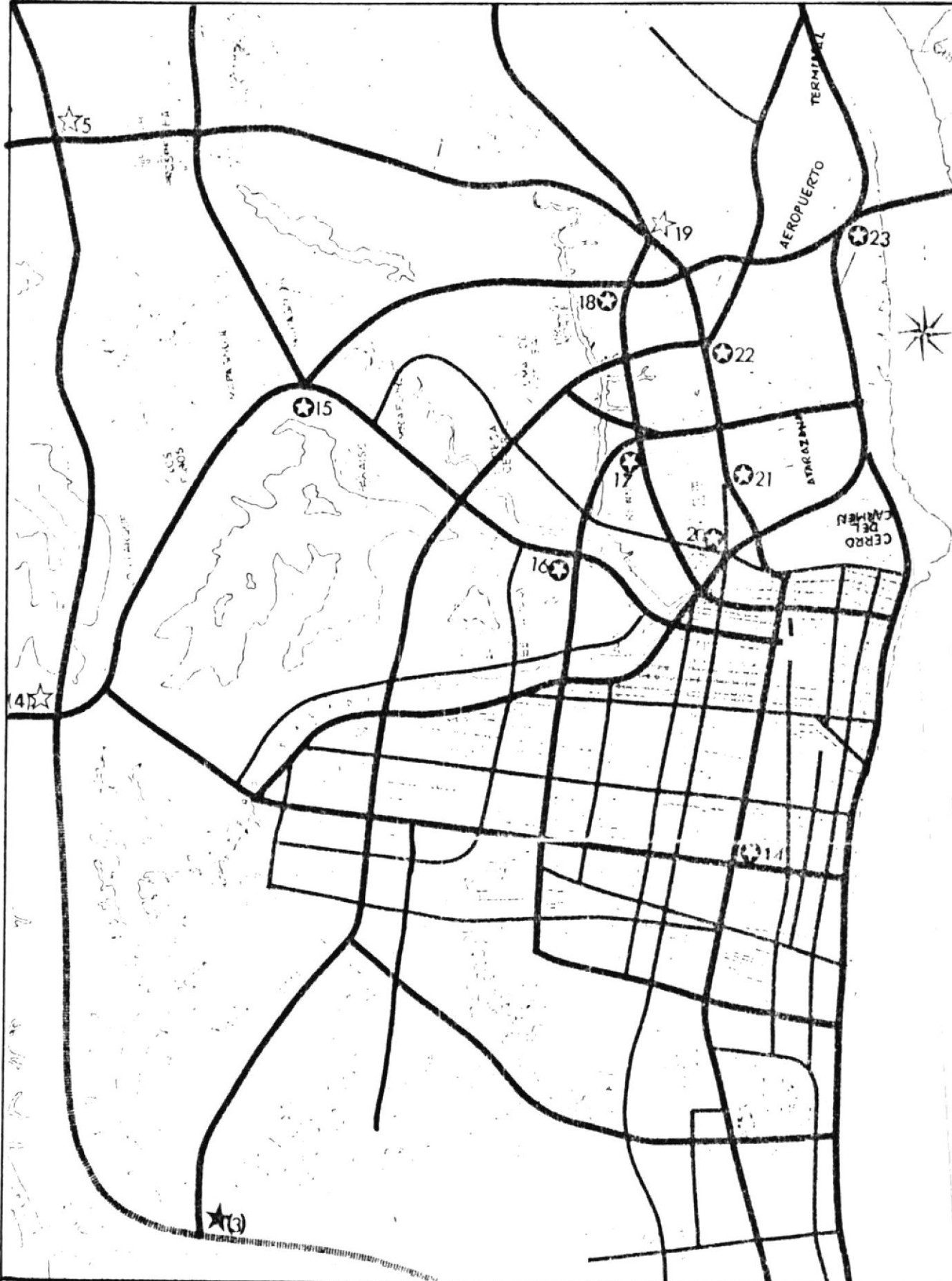
Este plan sobre el grado de separación de intersecciones ayudarán a mejorar la capacidad de tráfico, tal como se indican en las figuras N° 2.9. y N° 2.10.

El orden a seguir La Ruta Principal de Tráfico, será máxima tanto en la capacidad de transporte de masas como en la utilización efectiva de los espacios urbanos.

La ruta principal de tráfico que servirá en el futuro para unir ésta con otras de menor importancia en el tráfico se la muestra en la figura N° 2.11. .

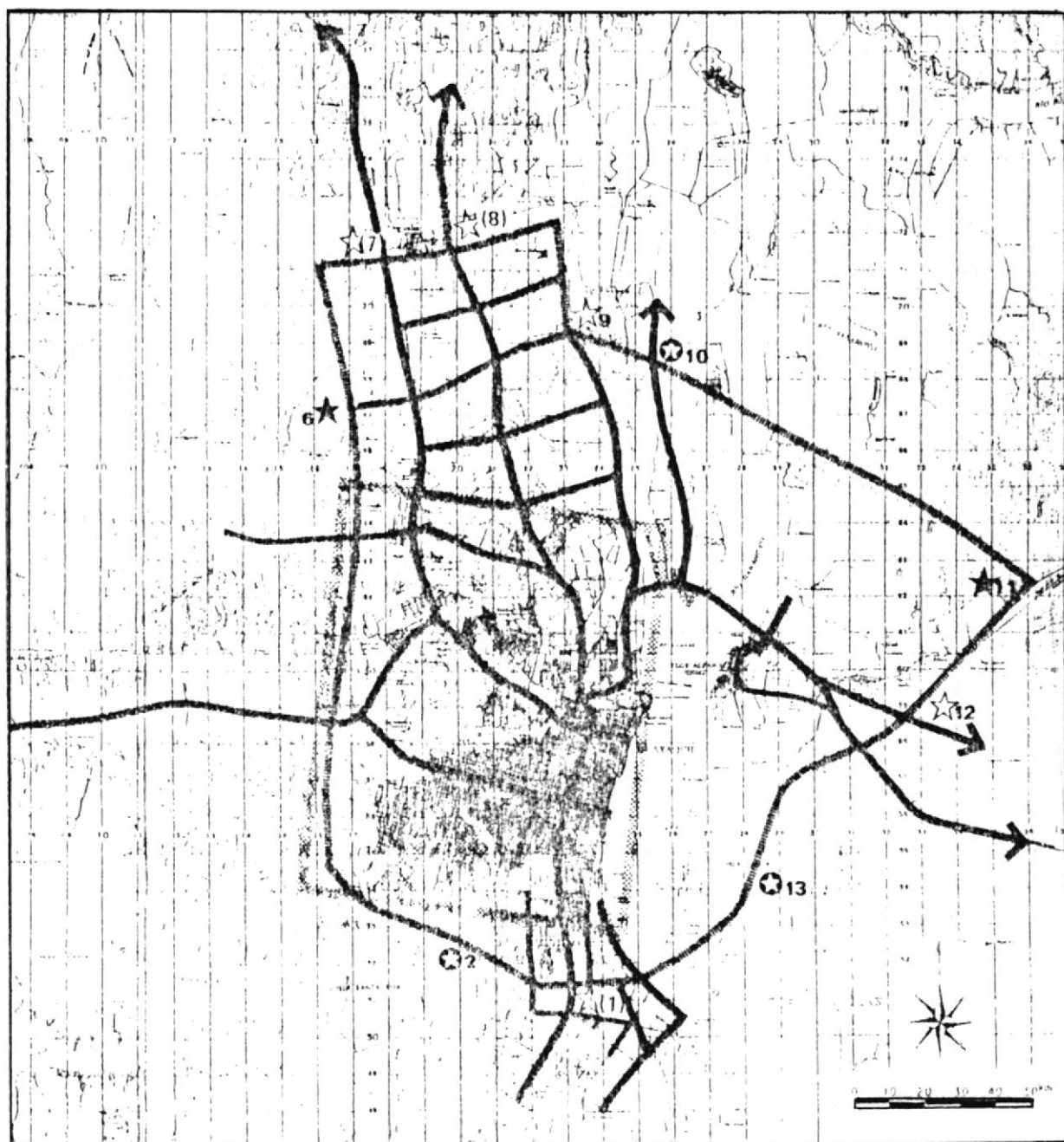
Esta ruta será extendida alrededor del área comercial CBD y funcionará en 4 direcciones :

1. Ruta que una al Aeropuerto y Terminal Terrestre hacia el norte.
2. Ruta que se extienda hacia el área industrial a lo largo de la vía a Daule.
3. Ruta que se extienda hacia el Suburbio Oeste.
4. Ruta que se extienda hacia Puerto Marítimo, Guasmo, alrededores, etc.



-  Distribuidor Local
-  Distribuidor del Distrito
-  Distribuidor Primario
-  Intercambiador Trebol
-  Intercambiador Trompeta
-  Intercambiador Diamante

FIGURA N° 2.9. LOCALIZACION Y TIPO DE INTERSECCIONES MEJORADAS (1).

FIGURA N^o 2.10.

LOCALIZACION Y TIPO DE INTERSECCIONES MEJORADAS (2).

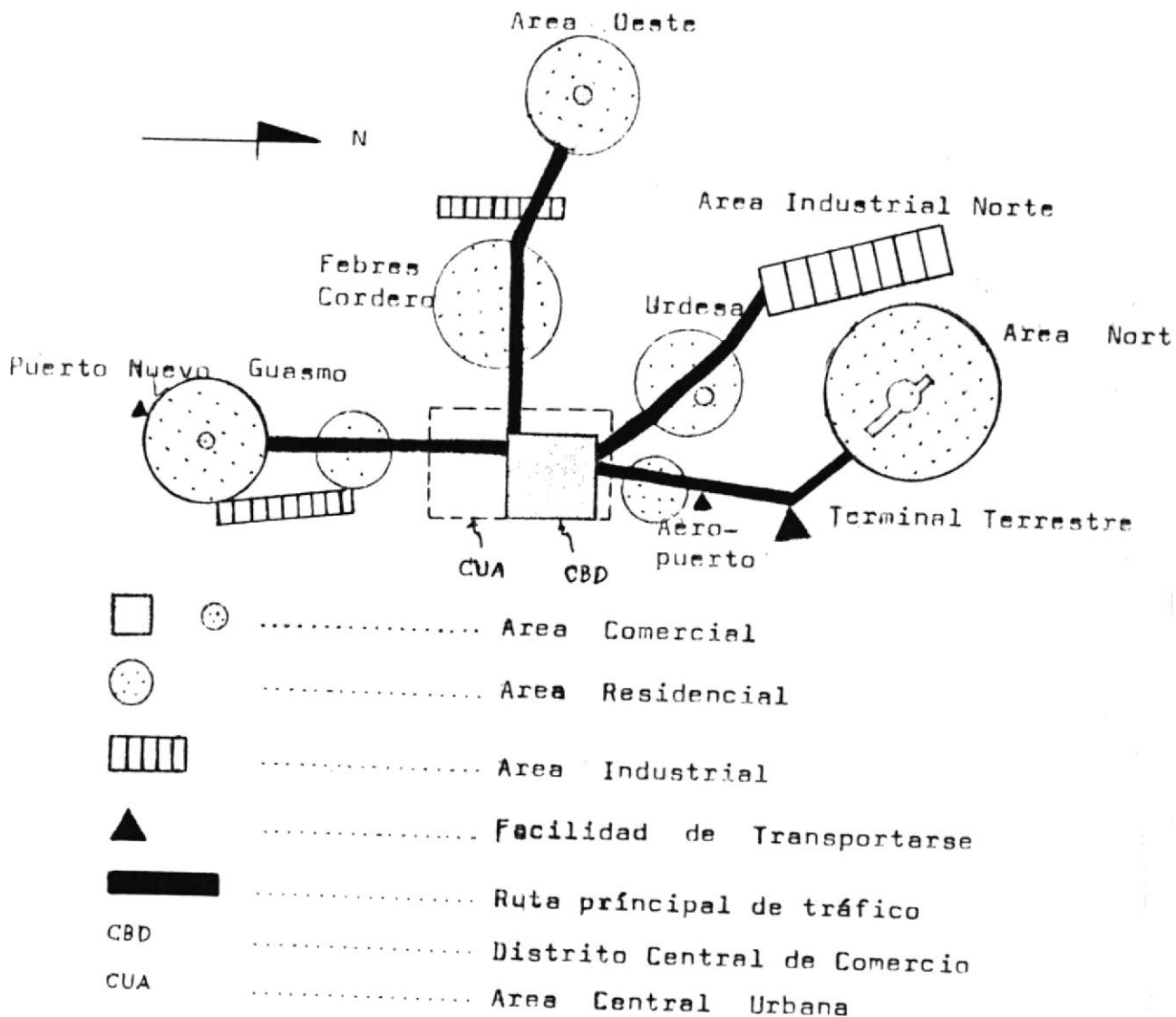


FIGURA N° 2.11.

RUTA PRINCIPAL DE TRAFICO EN EL FUTURO.

Para una ciudad grande como la nuestra, con 2 millones o más de habitantes en el futuro es apropiado adoptar la vía férrea urbana como la línea MRT, ya que tiene la capacidad de transportar 50,000 personas por hora y además por que su costo de construcción es generalmente bajo.

En la figura N^o 2.12., se muestra la ruta MRT que seguirá la vía férrea de llegar a construirse para facilitar el transporte público.

Entonces, paralelo al mejoramiento del servicio del sistema de transporte público se pueden aplicar medidas prácticas para realizar el control de vehículos.

Concretamente :

- Acelerar la conversión de vehículos usando la línea MRT con un parqueo providencial en una estación MRT suburbana.
- Mejorar el servicio facilitando el acceso a la estación final a pie, haciendo uso de parqueo alrededor del área comercial CBD.

El diseño del desarrollo urbano en el plan maestro consiste en hacer una concepción básica acerca del

presente, tomando un punto de concentración hacia el área comercial formando una zona.

La existencia del área comercial CBD ayudará a crecer la densidad vehicular en el futuro. El volumen de tráfico anticipado para el futuro sería como se indica en la tabla VIII.

TABLA VIII

VOLUMEN DE TRAFICO ANTICIPADO PARA EL FUTURO

| AÑO | AUTOMOVILES | | | AUTOBUSES | | |
|----------------------------|-------------------|-------|-------|-----------|-------------------|-------|
| | Parti- culares | Taxis | Total | Urbanos | Inter- Region. | Total |
| 1,982 | 775 | 360 | 1,136 | 565 | 85 | 650 |
| 2,000 | 993 | 598 | 1,591 | 1,128 | 50 | 1,178 |
| Tasa de Crecimien to | 1.28 | 1.66 | 1.40 | 2.00 | 0.56 | 1.81 |

Unidad: 1,000 viajes.

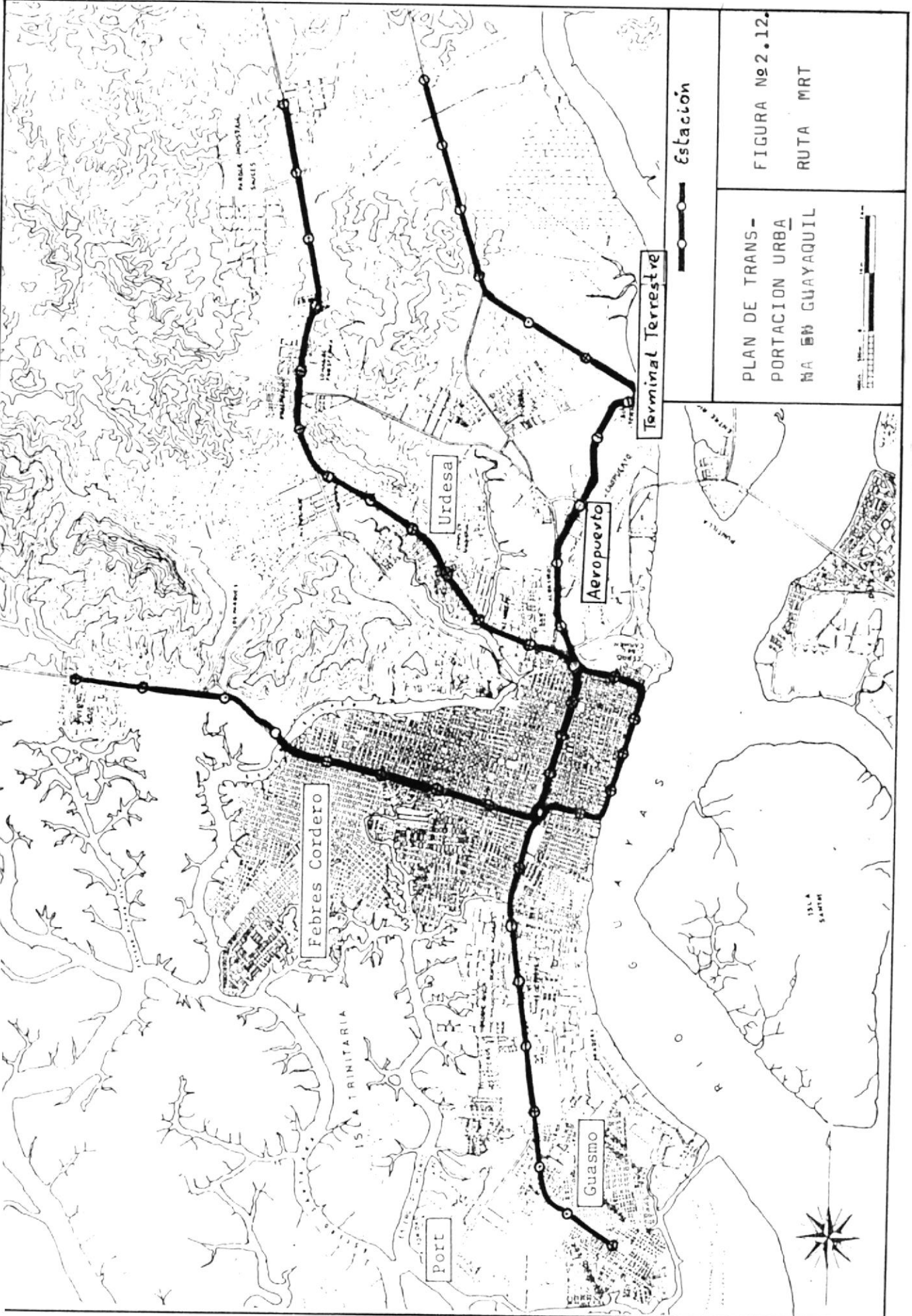


FIGURA Nº 2.12.
RUTA MRT

PLAN DE TRANSPORTACION URBANA EN GUAYAQUIL

El volumen de tráfico mencionado es estimado sobre la premisa que restringe el estacionamiento provisional.

El volumen de pasajeros por cada estación MRT se lo observa en la figura N° 2.13., y los puntos de unión entre la ruta MRT y los autobuses se lo muestra en la figura N° 2.14. .

El pronóstico de tráfico en el plan de transportación a largo plazo, es basado en el análisis actual sobre la demanda de estacionamiento de vehículos generada por el área comercial urbana (CBD) , que está relacionada con el transporte público.

En la tabla IX se compara el resultado de la estimación con el caso básico actual, pudiéndose notar que el porcentaje de viajes de vehículos decrece - el 1.0% en el "caso de control de estacionamiento" y el 1.0% más en el "caso MRT".

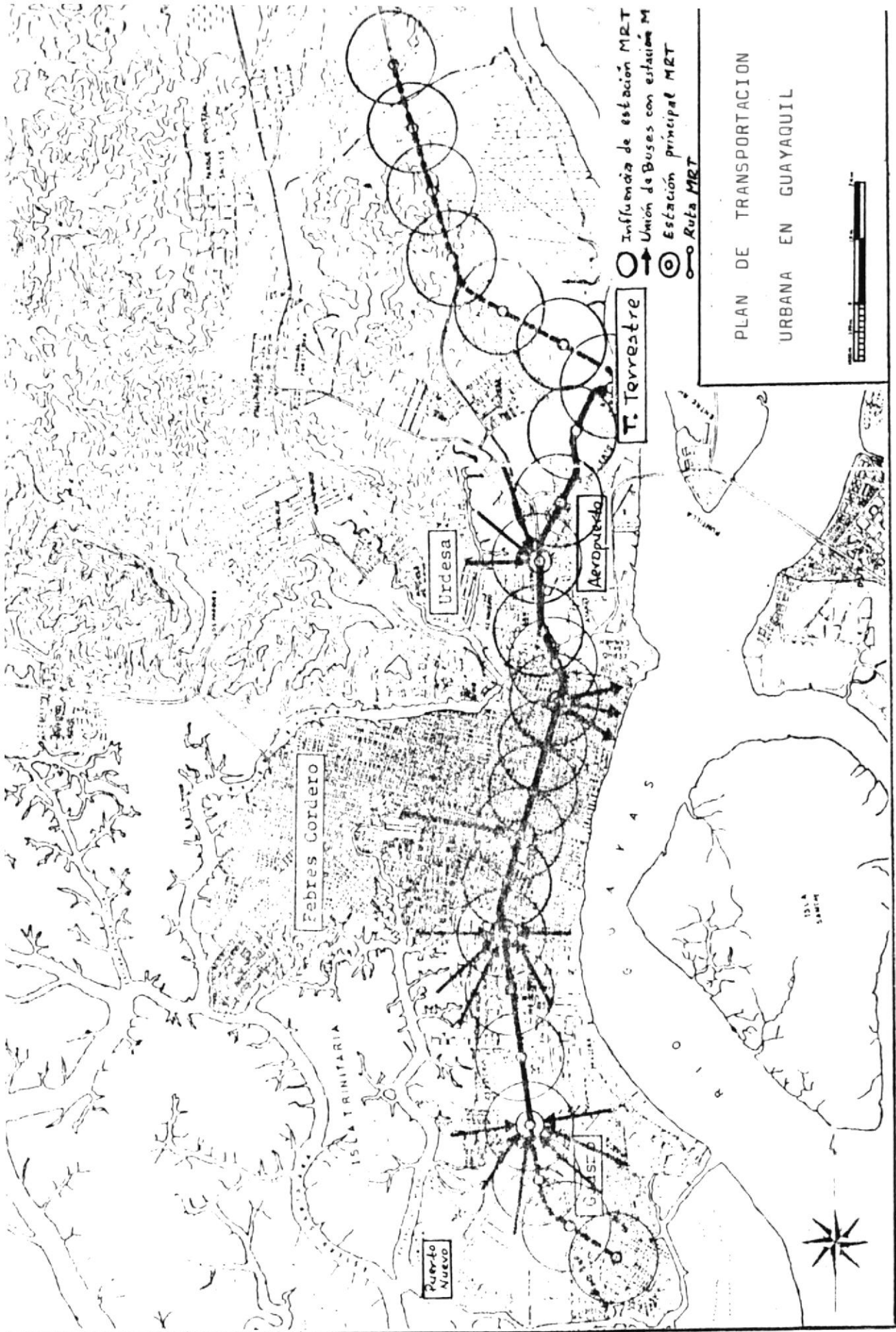


FIGURA N° 2.14.

LOCALIZACION DE PUNTOS DE UNION ENTRE LA RUTA MRT Y LOS AUTOBUSES.

TABLA IX

VOLUMEN DE TRAFICO ESTIMADO PARA EL AÑO 2,000

| CASO | Partícu- lares. | Taxis | Transporte Público. | % |
|--------------------|--------------------|---------|------------------------|------|
| Básico | 1'996,000 | 906,300 | 2'076,500 | 0.58 |
| Control Estima. | 1'917,000 | 906,300 | 2'156,300 | 0.57 |
| MRT | 1'863,900 | 906,300 | 2'209,400 | 0.56 |

Unidad: viajes/día .

Una forma de estimar el tiempo de costo y viaje en transporte es utilizando la curva de desviación.

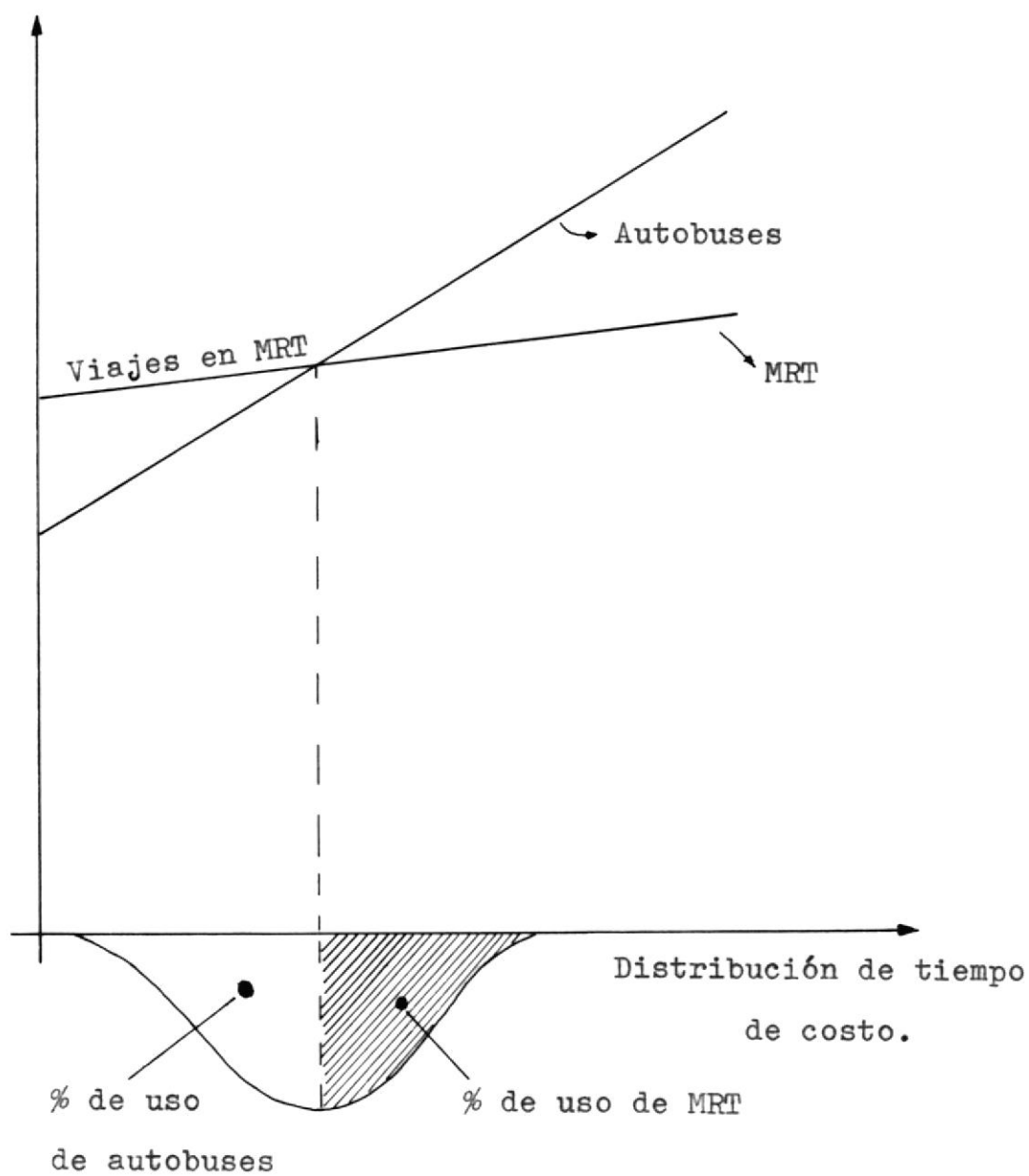
La curva de desviación es formulada por la combinación - del tiempo promedio de distribución y la diferencia de tiempo entre viajes en autobuses y la línea MRT.

Para el viaje en la línea MRT se ha asumido el valor de 10.0 sucres por tiempo de recorrido.

La distribución de tiempo de costo está relacionado con la producción de viajes.

En la figura N° 2.15., se muestra la curva de desviación y en la figura N° 2.16., la relación entre la velocidad de recorrido y el costo de operación en sucres.

Costo General

FIGURA N^o 2.15.

CURVA DE DESVIACION CONCEPTUAL

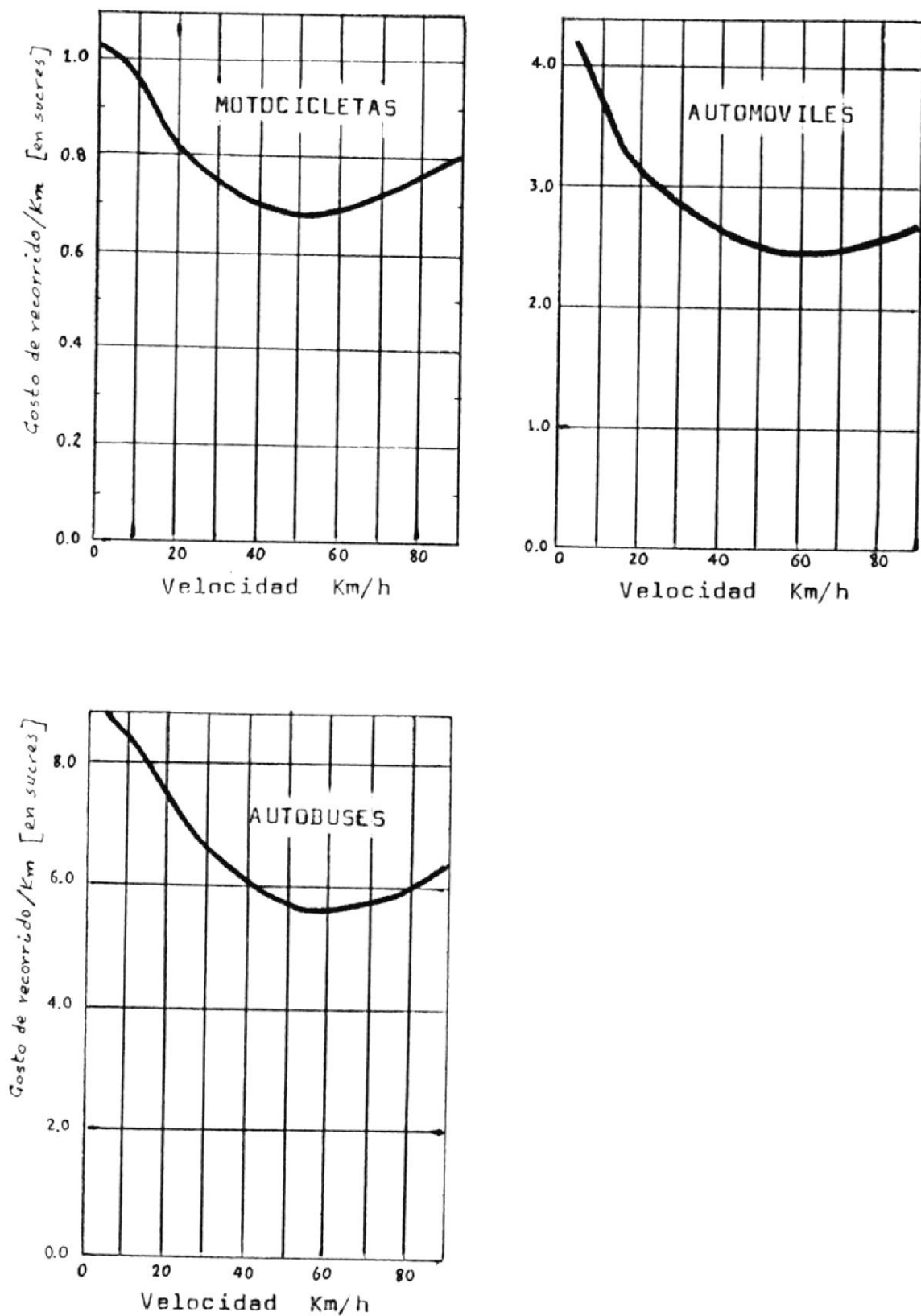


FIGURA N^o 2.16.

RELACION ENTRE VELOCIDAD DE RECORRIDO Y COSTO DE OPERACION

(Precio en sucres en 1,982)

Haciendo una evaluación sobre el estudio realizado, la red de carreteras propuesta en el plan maestro - consistirá en la combinación de tres vías principales con varias calles diagonales.

La demanda de transporte será satisfecha suficiente mente con el funcionamiento de esta red.

En la figura N° 2.17., se muestra el grado de congestión para cada sección. La efectividad de la red propuesta es muy clara, donde la tasa de congestión puede ser calculada por:

$$\text{Tasa de Congestión} = \frac{\text{Volumen de tráfico proyectado/día}}{\text{Capacidad práctica asignada/día}}$$

La tasa de congestión se la puede interpretar así:

- Menos de 1.0: Asegura condiciones normales de recorrido.
- De 1.0 a 1.2: Condiciones de recorrido insegura, los vehículos deben moverse a bajas velocidades.
- De 1.2 a 2.0: Recorrido a muy bajas velocidades.
- Más de 2.0: Casi imposible movilizarse.

En la figura N° 2.18., se puede observar las condiciones de tráfico posible para el año 1,990 .

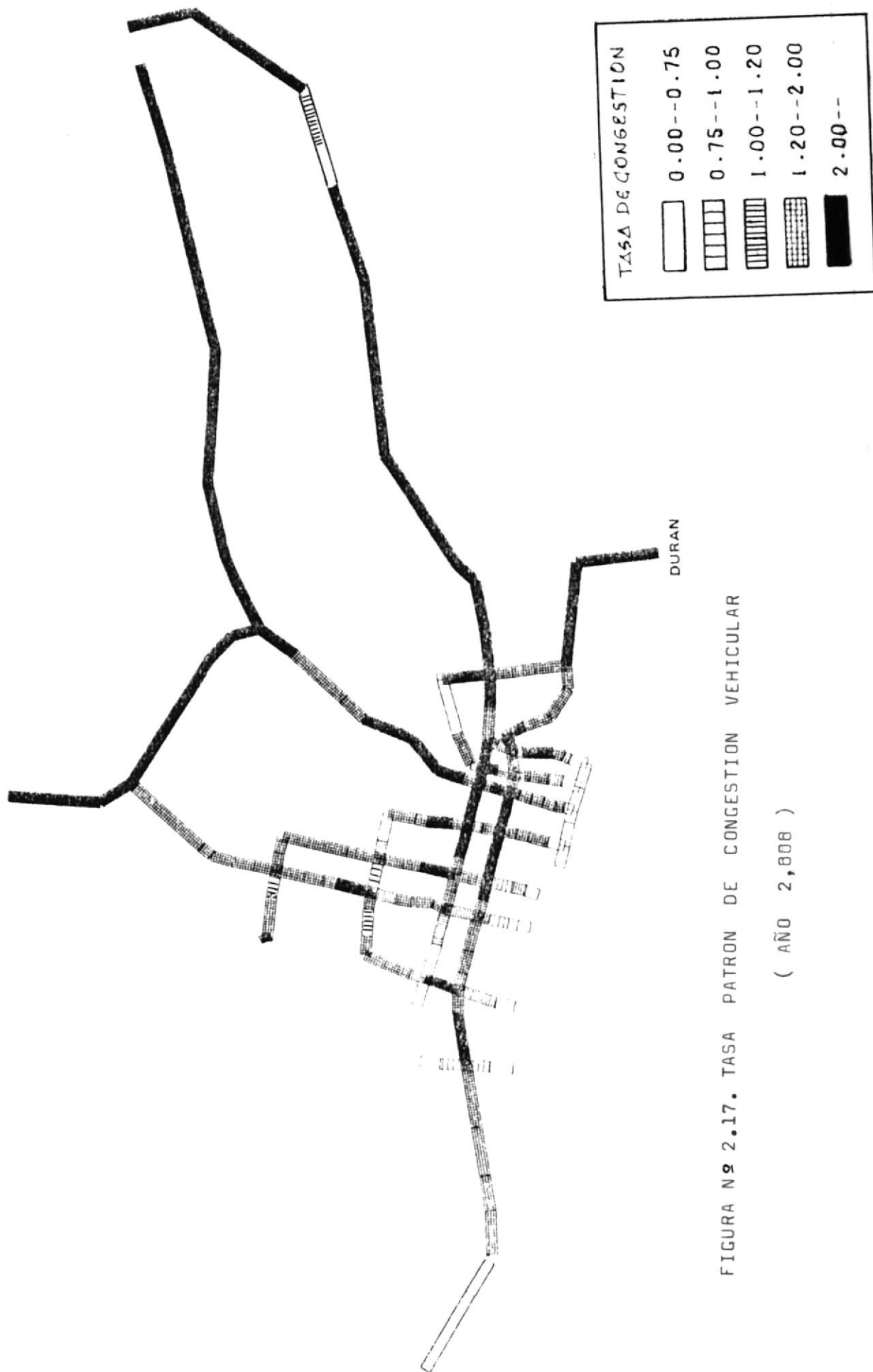


FIGURA N° 2.17. TASA PATRON DE CONGESTION VEHICULAR

(AÑO 2,808)

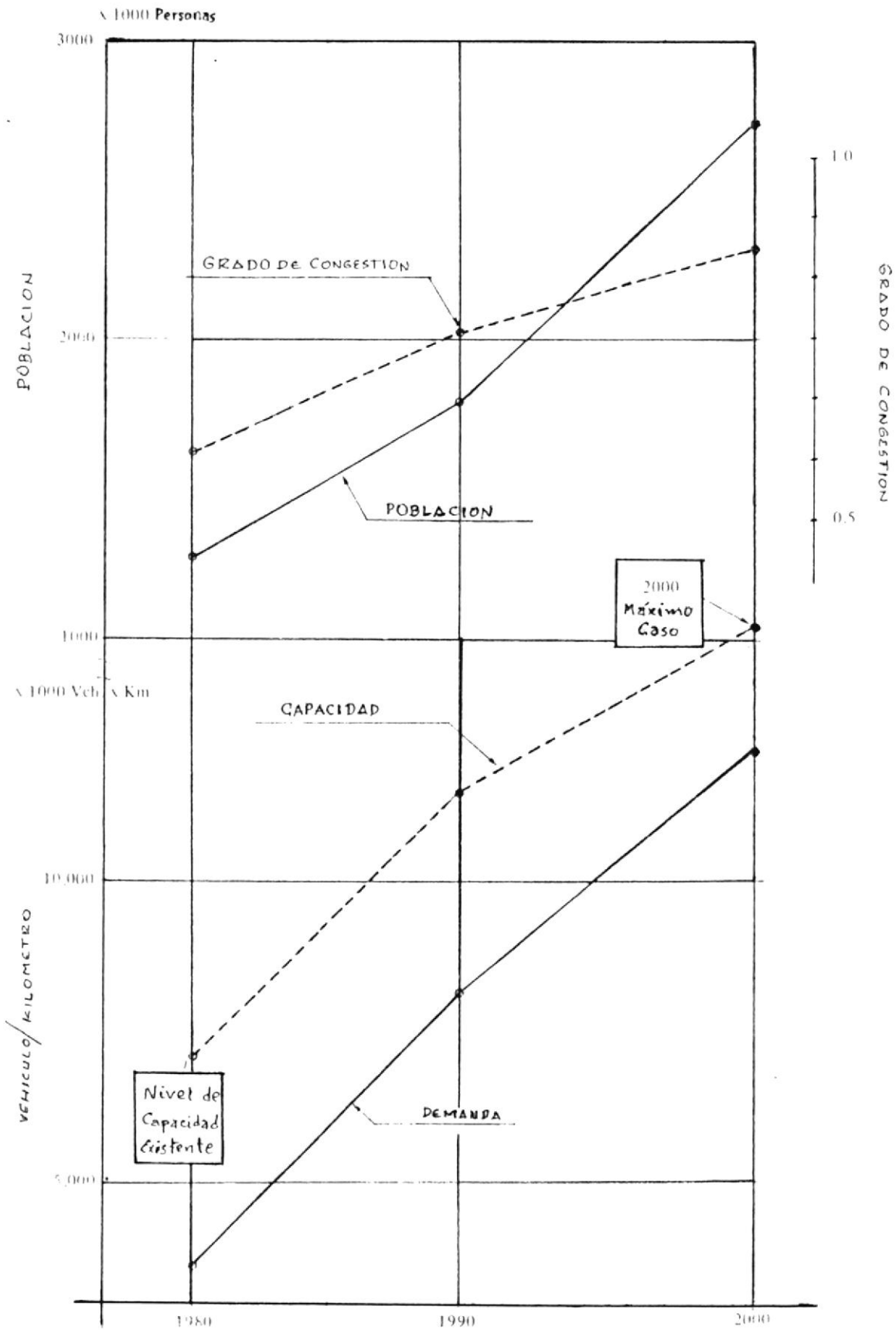


FIGURA N° 2.18.

CONDICIONES DE TRAFICO PARA EL AÑO 1,990

Las condiciones de tráfico existentes hace que se presenten dificultades en lo que se refiere a la ingeniería de tráfico.

Se deben utilizar señales de tráfico en la dirección Norte-Sur en el área comercial urbana (CBD), ya que el número de vehículos que circulan por día está alrededor de 20,000.

En la dirección Este-Oeste el número está entre los 10,000 y 14,000 vehículos por día.

En la figura N° 2.19., se muestra el volumen de tráfico actual alrededor de zona comercial urbana, donde la tasa de congestión de vehículos está en el 2.4 % aproximadamente en relación a otras calles de la ciudad.

Finalmente, el impacto que causa el servicio de transporte, es sobre contaminación de ruido y aire de la ciudad.

Para evitar esto se propone tomar medidas como:

- Regular bien los motores de los vehículos.
- Realizar mantenimiento superficial de las calles.
- Instalar absorbedores de ruido, etc .

El plan propuesto contribuye a la prevención de la contaminación del aire en el futuro, aplicando medidas de dispersión sobre la concentración de vehículos en el área comercial urbana (CBD) principalmente.

Como los problemas del proyecto a construirse son de ruido, vibración, aire, etc; sin embargo, es posible reducirlos empleando métodos de construcción apropiados.

En la tabla X se muestra la comparación de los sistemas alternativos que ha planteado La Japan International Cooperation Agency, siendo el de ferrocarril urbano el más factible.

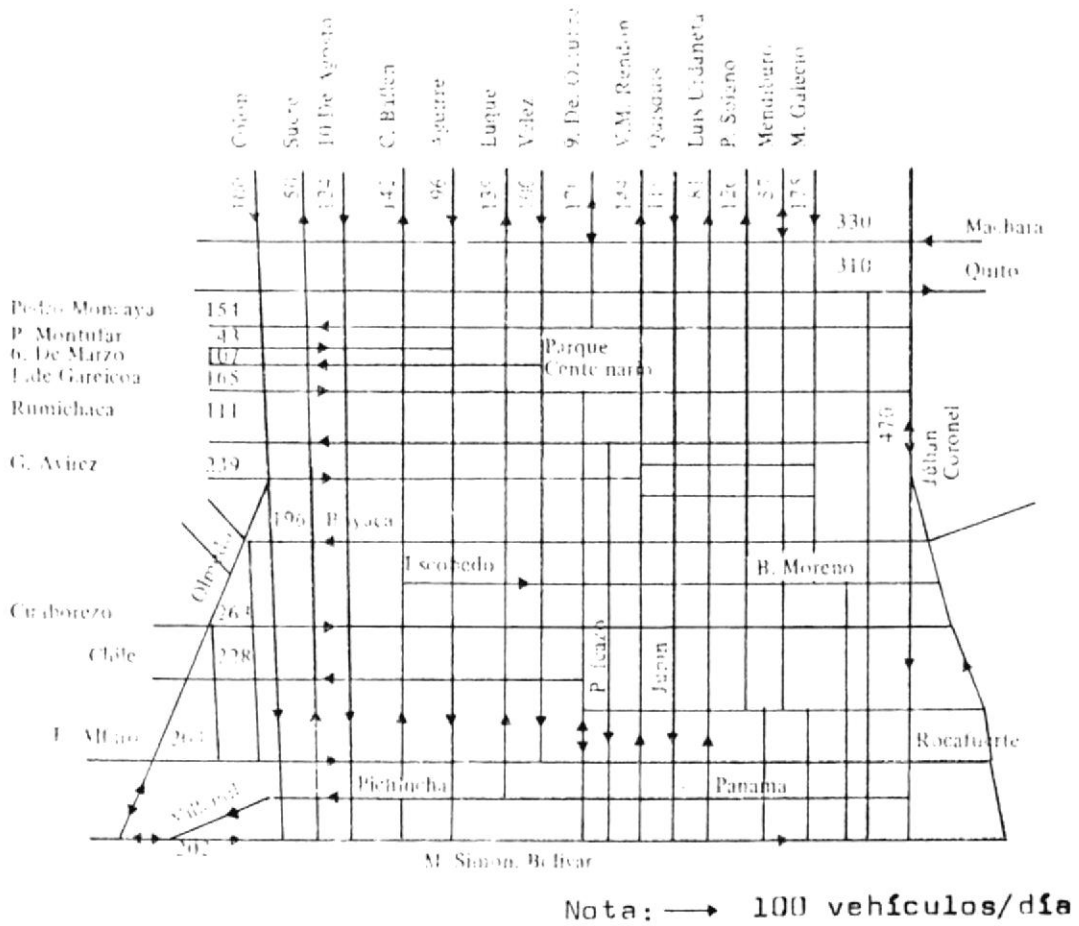


FIGURA N° 2.19.

VOLUMEN DE TRAFICO ACTUAL

| | Ferrocarril Urbano | Transito Sicarril ligero | Mono rail | Ferrocarril Tipo llanta de goma |
|---|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Capacidad de Transporte (persona/hora/una vía) Intervalos = 150 Segundos | 1 train = 4 cars 80 m 35,000 | 1 train = 3 units 87 m 25,000 | 1 train = 6 cars 84 m 32,000 | 1 train = 4 cars 72 m 29,000 |
| longitud/ancho (m) capacidad máxima (persona/vagon) Máxima velocidad (km/h) Potencia (Eléctrico) | 20/2.9 360 120 1,500 V.DC | 29/2.5 350 80 750 V.DC | 14/3.0 220 80 1,500 V.DC | 18/3.1 300 70 1,500 V.DC |
| Ancho de la vía | 9.4 | 8.5 | 4.5 (from beam to beam) | 9.8 |
| Radio de curvatura mínima | 160 (120) | 100 (25) | 100 (50) | 200 (120) |
| Máxima pendiente | 3.5 | 4.0 | 6.0 | 6.0 |
| Cruce a nivel con carreteras | possible | possible | Impossible | Impossible |
| ruido | Δ | Δ | ○ | ○ |
| vibración de aire | Δ | Δ | ○ | ○ |
| contaminación de aire | ○ | ○ | ○ | ○ |
| vista | Δ | Δ | ○ | Δ |
| Seguridad | ○ | ○ | Δ | ○ |
| Confortabilidad | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Operación | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Mantenimiento | ○ | ○ | Δ | Δ |
| Requirió tren largo para el máximo volumen de transporte (34,000 persona/hora/una vía) en este plan | 80 m Δ | 116 m** ○ | 98 m ○ | 90 m Δ |
| Costo de Construcción (millon sucres/km) | 28,250 (554) | 29,520 (579) | 38,930 (763) | 43,410 (851) |

(Nota): 1. Los valores en la Tabla de arriba muestra valores standarizados.
Los valores en parentesis muestra los admisible en caso especial

2. ○ indica bueno y Δ indica comun

* Menor que más o menos 100 metros podría ser deseable en la estación larga, sobre las ruta reducir a mínimo la influencia sobre costado de la vía del itinerario de MRT o trafico de la ruta.

TABLA X

CUADRO COMPARATIVO DE SISTEMAS ALTERNATIVOS

C A P I T U L O III

TECNICAS PARA OBTENER MUESTRAS DE AIRE

3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Generalmente la contaminación del aire presupone una situación en que cantidades muy pequeñas de material se hallan disueltas o en otros casos se encuentran suspendidas en el aire.

Actualmente existen técnicas de muestreo y análisis de gases, que ofrecen una precisión razonable para la determinación de las concentraciones de ciertos contaminantes presentes en la atmósfera.

Para analizar las muestras de aire obtenidas en la zona escogida, vamos a utilizar el método de absorción (Aparato de Orsat) que generalmente supone la medición del cambio de volumen de un reactivo, como consecuencia de la reacción con CO_2 , O_2 , CO y que forman un complejo.

En consecuencia sólo podemos determinar con cier-

to grado de confiabilidad concentraciones moderadas y altas, ya que especialmente el monóxido de carbono y el bióxido de carbono deben ser medidos por métodos continuos y automáticos.

Una ventaja que ofrece el método de analizar muestras de aire por absorción consiste en la facilidad con que se hace pasar la muestra que contenga CO_2 , O_2 , CO , através del aparato y la rapidez con que se puede medir la diferencia de volumen de la disolución absorbente.

Debemos considerar que se ha utilizado este método por cuanto en nuestro medio no existen organismos que se dediquen a controlar la contaminación del aire que producen los automotores y por consiguiente no existen equipos de muestreo y análisis gases más precisos.

Por otra parte se debe considerar que por medio de éste estudio realizado, no se pretende dar soluciones concretas al problema de contaminación de aire que se nos avecina con el paso del tiempo, sino que más bien tratamos de recomendar la iniciación de programas de prevención y control que conlleven eso sí a dar prontas soluciones al problema en mención.

3.2. DURACION Y FRECUENCIAS DE MUESTRAS

La mayoría de los procedimientos de toma de muestras de aire están diseñados para medir los niveles de contaminantes que suelen encontrarse en aire "normalmente" contaminado.

Por ejemplo una regla general para los gases contaminantes consiste en probar a tomar una muestra durante 1 a 3 horas y luego analizar los contaminantes por el método escogido.

Las muestras de aire recogidas con velocidades de flujo normales de $0.5 \text{ ft}^3/\text{min.}$, determinarán la extracción de unos 2.5 m^3 de aire en el período aconsejado de 1 a 3 horas de recolección.

La frecuencia con que se realizan las tomas de muestras de aire van de acuerdo con la forma en las que se deseen obtener resultados, sean éstos, a corto o largo plazo para poder determinar los efectos que producen los contaminantes.

Se puede demostrar con estadísticas que la intensidad y duración de los efectos a corto plazo son más profundos e instantáneos que los valores promedio a largo plazo.

Así tenemos que para varios períodos cortos de tomas de muestras de aire de 1 hora cada uno, tienden a producir niveles de concentración completamente diferentes del valor promedio de 24 horas.

Por lo que es necesario expresar el nivel de concentración observado precisamente para el tiempo de muestreo que se haya empleado.

El peligro que encierran éstos casos es que cuando las tomas de muestras se las hacen en corto tiempo y en períodos en que los niveles de contaminación son extremadamente altos, la persona u organismo que realiza el estudio, expresan sus resultados en que los niveles de contaminantes no aparezcan referidos al tiempo empleado, y el lector los tome como que representan valores a largo plazo e incluso que signifiquen valores promedios anuales.

Para la elaboración de esta tesis se ha muestreado por el período de 18 días laborables con una frecuencia de toma de muestra de las 10:h00 hasta las 18:h00 con intervalos de dos horas entre cada toma.

3.3. OBTENCION DE LAS MUESTRAS DE AIRE

Para que de una muestra de aire se pueda obtener información segura, reveladora y útil, es necesario que se la tome en el punto de exposición y durante el tiempo suficiente, para que sea representativa del aire que se respira como también de sus contaminantes.

El punto donde se realiza una toma de muestra de aire, muchas veces limita la interpretación de los resultados en términos de contaminantes respirados.

Después de esto, vamos a indicar cómo y por qué se escogió la zona donde realizamos el muestreo de aire.

En la figura N^o 3.1., se muestra el esquema de esta zona, en la cual se señalan los nueve puntos escogidos de forma simétrica para realizar el muestreo. Consideramos esta zona, ya que a más del intenso tránsito vehicular que se produce a determinadas horas del día, presenta también grandes edificios en su estructura, haciendo con ésto que los gases que expulsan los vehículos no se dispersen rápidamente, ayudados también por la baja velocidad del viento - que existe en esta zona con relación a otras.

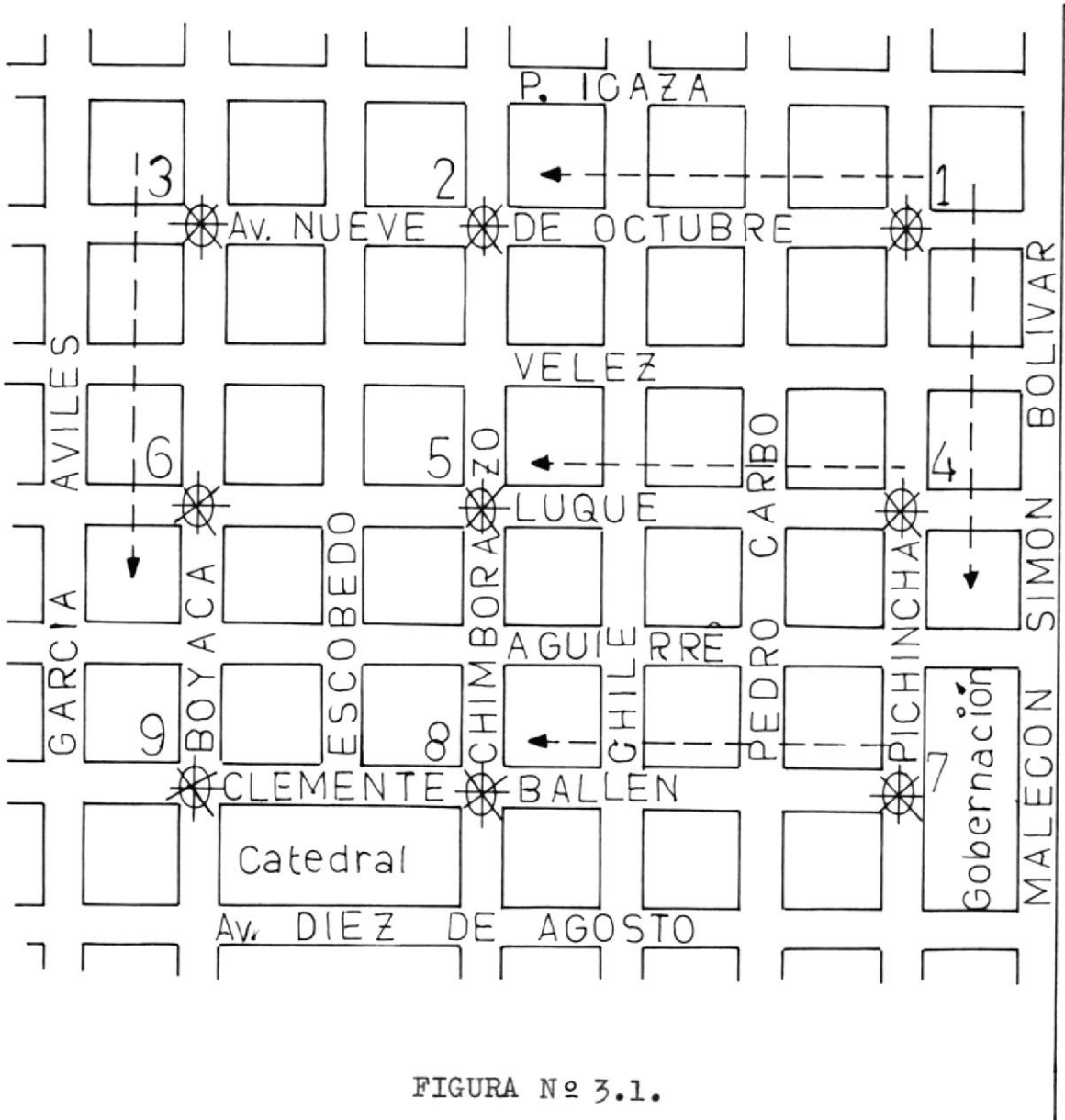


FIGURA N° 3.1.

ZONA ESCOGIDA PARA REALIZAR MUESTREO DE AIRE

La velocidad promedio del viento en la ciudad de -
Guayaquil es aproximadamente de 10 Km/Hr .

Las tomas de muestra de aire las hicimos en las di
recciones de Norte a Sur y de Este a Oeste tal co-
mo se indica en el esquema anterior. Las realiza -
mos en ese sentido tomando en cuenta la dirección
que normalmente tiene el viento, y que es de Sur a
Oeste por las mañanas y de Norte a Este por las
tardes; es decir, que las tomamos en sentido con -
trario para obtener muestras representativas.

Tomando en cuenta que nuestro equipo de toma de -
muestra no es completo como para recolectar la -
muestra por lo menos durante 1 hora tal como lo a-
consejan algunos investigadores, las tomas de mues-
tras realizadas las vamos a considerar como instan-
táneas.

Entonces, cogiendo el equipo manual hemos succiona
do un poco de aire de cada una de las cuatro inter
secciones de cada punto de muestreo, tal como se-
muestra en las fotografías de la figura N° 3.2. .



FIGURA N^o 3.2.

FORMA COMO TOMAMOS LA MUESTRA DE AIRE

Con el objeto de que la muestra de aire recogida - sea homogénea hemos succionado a diferentes alturas, comenzando de 0.5 metros hasta 2.0 metros aproximadamente.

El tiempo que empleamos en recoger la muestra completa fue alrededor de diez minutos, por esta razón la consideramos como instantánea.

Es importante anotar de que en cada punto hemos - muestreado por espacio de dos días laborables con el propósito de sacar un promedio por cada punto y así analizar sus resultados.

3.4. ANALISIS DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS

Una vez recogida la muestra de aire tal como se detalló anteriormente se la llevó al laboratorio donde, utilizando el Aparato de Orsat realizamos el análisis a cada una de ellas respectivamente, tal como se observa en la figura N° 3.3.

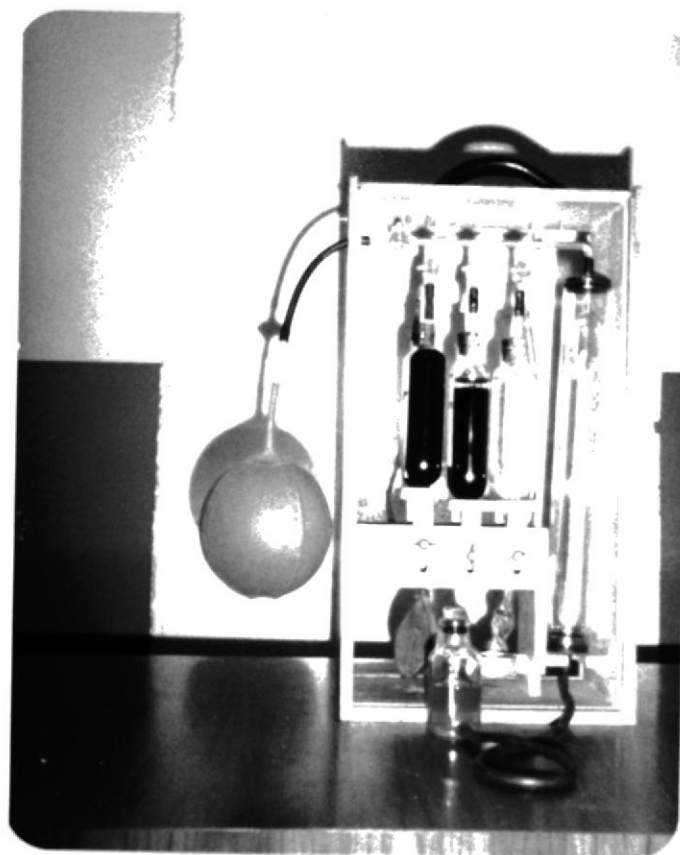


FIGURA N° 3.3.

EQUIPO COMPLETO PARA ANALISIS DE GASES

De los tres componentes que analiza el Aparato de Orsat, el monóxido de carbono (CO) es el más importante por ser un contaminante altamente perjudicial para la salud.

Por esta razón graficaremos solamente las concentraciones de este contaminante junto a las del bióxido de carbono (CO_2) para observar como se comportan en la atmósfera urbana con respecto al movimiento vehicular que se produce durante el día.

Las unidades de concentración que vamos a utilizar son las de partes por millón (p.p.m.) .

Ahora bien, las condiciones standard para un gas ideal se definen como 0°C de temperatura ($T_s = 0^\circ\text{C}$) y una atmósfera de presión ($P_s = 1 \text{ atm.}$). Por lo tanto, para estas condiciones un mol de gas ocupa un volumen de 22.41 litros ($V_s = 22.41 \text{ litros}$).

Además, en la práctica común, se suele asumir que para una muestra de aire que está a $T = 25^\circ\text{C}$ y $P = 1 \text{ atm.}$; un peso molecular en gramos de esa muestra ocupa un $V = 24.45 \text{ litros}$ bajo esas condiciones.

Esto lo podemos demostrar a partir de la ecuación - general de los gases ideales en la cual :

$$\frac{P_s \cdot V_s}{T_s} = \frac{P \cdot V}{T} = R \quad (2)$$

De donde :

$$V = \frac{P_s \cdot T}{P \cdot T_s} \cdot V_s \quad (3)$$

Luego :

$$V = \frac{1 \text{ atm. } (273 + 25)^\circ\text{K}}{1 \text{ atm. } (273 + 0)^\circ\text{K}} \cdot (22.41 \text{ litros})$$

$$V = 24.45 \text{ litros.}$$

Por lo tanto las p.p.m., para una muestra de aire pueden ser calculadas por la siguiente ecuación - simplificada.

$$\text{p.p.m.} = \frac{24.45 \times \text{mg/litros}}{M} \times 10^3 \quad (4)$$

Donde :

mg/litros = masa del contaminante en mg. en un litro de muestra de aire recogido.

M = peso molecular del contaminante.

Para hallar los mg/litros, de la ecuación general - de los gases tenemos :

$$P_m \cdot V_m = n \cdot R \cdot T_m \quad (5)$$

Donde :

P_m = presión media a la que se recogió la muestra - y que la hemos tomado como 1 atmósfera para - la ciudad.

T_m = temperatura media del día en que se recogió - la muestra.

V_m = volumen aproximado que se obtuvo en el análi- sis de gases.

R = constante universal de los gases.

n = número de moles.

El número de moles n viene expresado por :

$$n = \frac{m}{M} \quad (6)$$

En la que :

m = masa del contaminante.

M = peso molecular del contaminante.

Reemplazando la ecuación (6) en la (5) tenemos :

$$P_m \cdot V_m = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T_m \quad (7)$$

Por último :

$$m = \frac{P_m \cdot V_m \cdot M}{R \cdot T_m} \quad (8)$$

que es la masa del contaminante expresada en grs.

Ahora bien, a más de hallar las concentraciones de las muestras vamos a realizar una evaluación estadística para interpretar los resultados que se obtengan, requiriéndose lo siguiente :

- Condiciones medias (media aritmética, μ).
- La varianza entre los resultados (desviación normal, σ).
- Y el grado de confianza (varianza del error, σ_x).

Media Aritmética.- La media de un conjunto de datos

viene expresada por :

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (9)$$

Donde :

X_i = valor de cada dato.

n = número de datos.

Desviación Normal.- Es la raíz cuadrada del valor medio de todas las desviaciones elevadas al cuadrado tomadas con referencia a la media. Matemáticamente se la expresa por :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - \mu)^2}{n}} \quad (10)$$

Varianza del Error.- Llamado también error normal de la media. Se la expresa por :

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (11)$$

Entonces, en las tablas de la XI hasta la XXXVIII se muestran las concentraciones obtenidas; y en -

las figuras de la N^o 3.4. hasta la N^o 3.33., las -
curvas de concentraciones e histogramas respectivos.

Con un sólo cálculo vamos a demostrar que los demás
fueron realizados bajo el mismo procedimiento.

Así tenemos para el PUNTO UNO :

Fecha : Diciembre 3 de 1,984

Pm = 1 atm.

Tm = 26.75 °C

HRm = 63%

Vm = 0.8 ml para el CO (muestra tomada a las 12 :h00)

M = 28 grs/mol para el CO

vm = 10 Km/Hr (velocidad media del viento en ése -
día)

R = 0.0821 $\frac{\text{atm-lit.}}{\text{K-mol}}$

Reemplazando éstos valores en la ecuación (8) :

$$m = \frac{1 \cancel{\text{atm}} \times 0.8 \cancel{\text{ml}} \times 28 \text{ grs/mol}}{0.0821 \frac{\cancel{\text{atm-lit}}}{\cancel{\text{K-mol}}} \times (273 + 26.75) \cancel{\text{K}}} \times \frac{\cancel{\text{lit}}}{10^3 \cancel{\text{ml}}}$$

$$m = 0.910 \times 10^{-3} \text{ grs.}$$

$$m = 0.910 \times 10^{-3} \cancel{\text{grs}} \times 10^3 \frac{\text{mg}}{\cancel{\text{gr}}}$$

$$m = 0.910 \text{ mg.}$$

Como en la pipeta del aparato de orsat sólo entran 100 ml de aire contaminado, entonces :

$$m = \frac{0.910 \text{ mg}}{100 \text{ ml}} \times \frac{10^3 \text{ ml}}{\text{lit}}$$

$$m = 9.10 \text{ mg/lit.}$$

Luego reemplazando en la ecuación (4) tenemos :

$$\text{p.p.m.} = \frac{24.45 \times 9.10}{28} \times 10^3$$

$$\text{p.p.m.} = 7.94 \times 10^3$$

Finalmente, para realizar los cálculos estadísticos y poder graficar los histogramas hemos tomado los valores promedios de cada punto muestreado, así como el promedio general de toda la zona.

Aplicando las fórmulas (9), (10) y (11):

PUNTO UNO :

$$\mu = \frac{(2.94 + 7.85 + 1.98 + 3.44 + 6.41)}{5} \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

$$\mu = 4.52 \times 10^3 \text{ p.p.m.} \quad (\text{Media Aritmética}).$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\{(2.94 - 4.52)^2 + \dots + (6.41 - 4.52)^2\} \times (10^3)^2}{5}}$$

$$\sigma = 2.23 \times 10^3 \text{ p.p.m.} \quad (\text{Desviación Normal}).$$

$$\sigma_x = \frac{2.23 \times 10^3}{\sqrt{5}} \text{ p.p.m.}$$

$$\sigma_x = 0.97 \times 10^3 \text{ p.p.m.} \quad (\text{Error Normal}).$$

TABLA XI

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N° 1

Fecha: 3 de Diciembre de 1,984 (primer día)

T_{mín.} = 22 °C HR_{mín.} = 38 % P_m = 1 atm.T_{máx.} = 31.5 °C HR_{máx.} = 88 % v_m = 10 Km/HT_m = 26.75 °C HR_m = 63 %

Estado general del día: Casi brumoso

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 4.00 | 194.71 | 1.98 |
| 12:h00 | 2.00 | 180.80 | 7.94 |
| 14:h00 | 6.00 | 202.66 | 1.98 |
| 16:h00 | 4.00 | 196.70 | 2.97 |
| 18:h00 | 2.00 | 190.74 | 6.95 |



TABLA XII

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N° 1

Fecha: 4 de Diciembre de 1,984 (segundo día)

Tmín. = 25 °C

HRmín. = 28 %

Pm = 1 atm.

Tmáx. = 35.5 °C

HRmáx. = 86 %

vm = 10.5 Km/H

Tm = 30.25 °C

HRm = 57 %

Estado general del día: Casi despejado

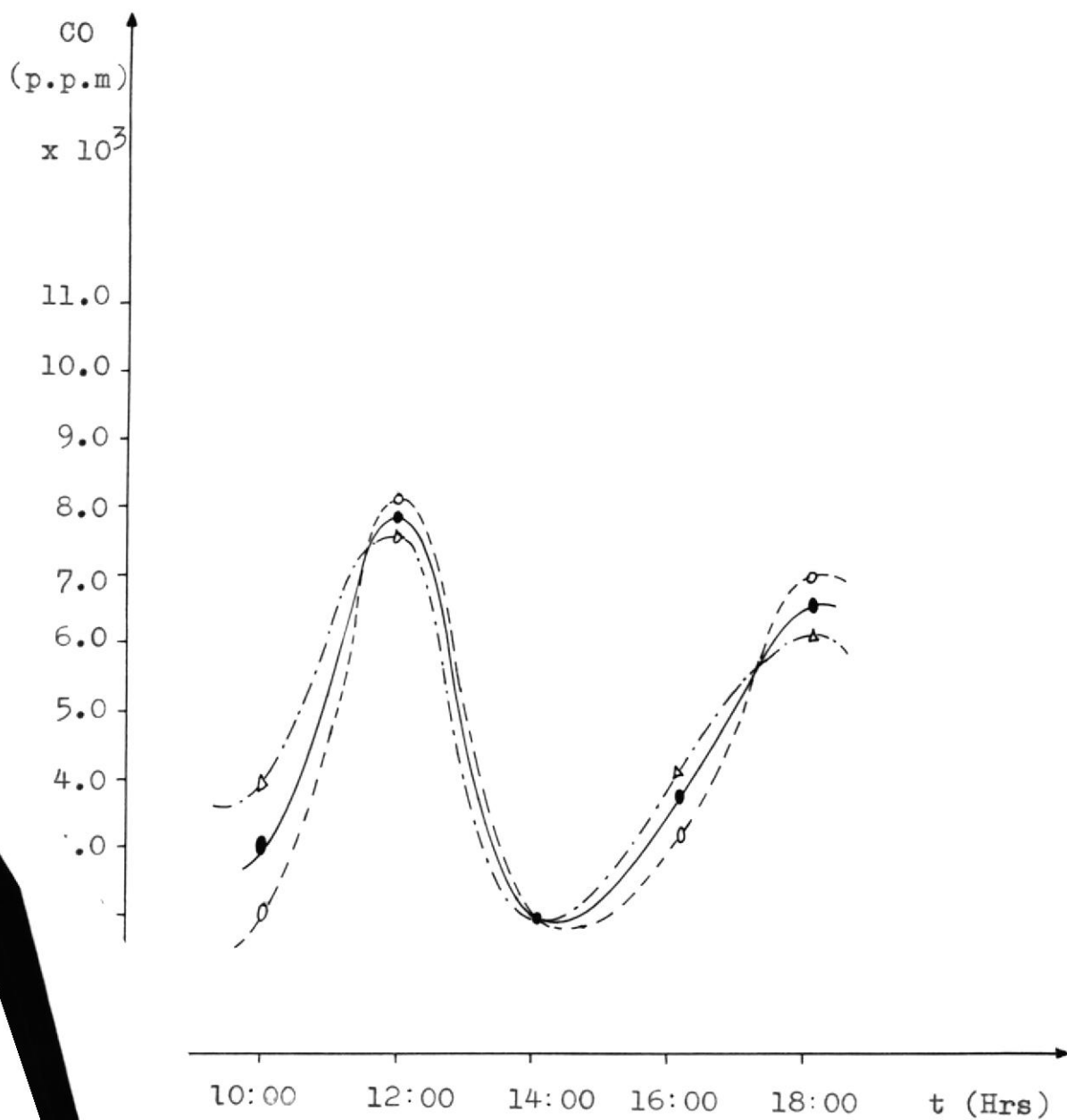
| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 3.95 | 196.39 | 3.91 |
| 12:h00 | 0.00 | 192.47 | 7.76 |
| 14:h00 | 3.95 | 198.36 | 1.98 |
| 16:h00 | 2.97 | 196.39 | 3.91 |
| h00 | 1.98 | 194.43 | 5.88 |



TABLA XIII

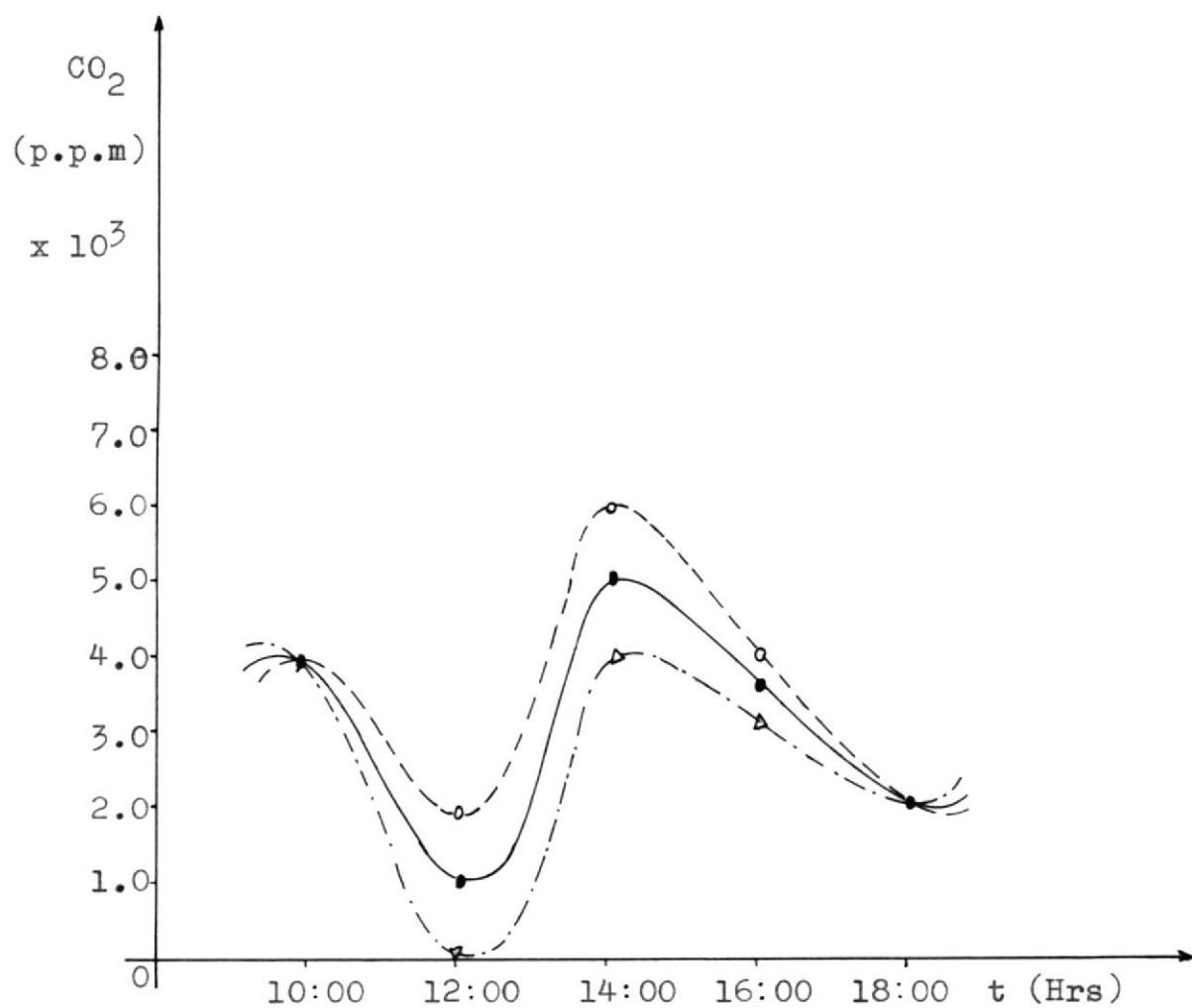
PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N° 1

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 3.98 | 195.55 | 2.94 |
| 12:h00 | 1.00 | 186.63 | 7.85 |
| 14:h00 | 4.98 | 200.51 | 1.98 |
| 16:h00 | 3.47 | 196.54 | 3.44 |
| 18:h00 | 1.99 | 192.58 | 6.41 |

FIGURA N^o 3.4.GRAFICA DE CO PARA EL PUNTO N^o 1

día

'fa

FIGURA N^o 3.5.REPRESENTACION GRAFICA DEL CO₂ PARA EL PUNTO N^o 1

----- primer día

- · - · - · - segundo día

———— promedio

Media Aritmética (μ):

$$\mu = 4.52 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Desviación Normal (σ):

$$\sigma = 2.23 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Error Normal ($\sigma_{\bar{x}}$):

$$\sigma_{\bar{x}} = 0.97 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

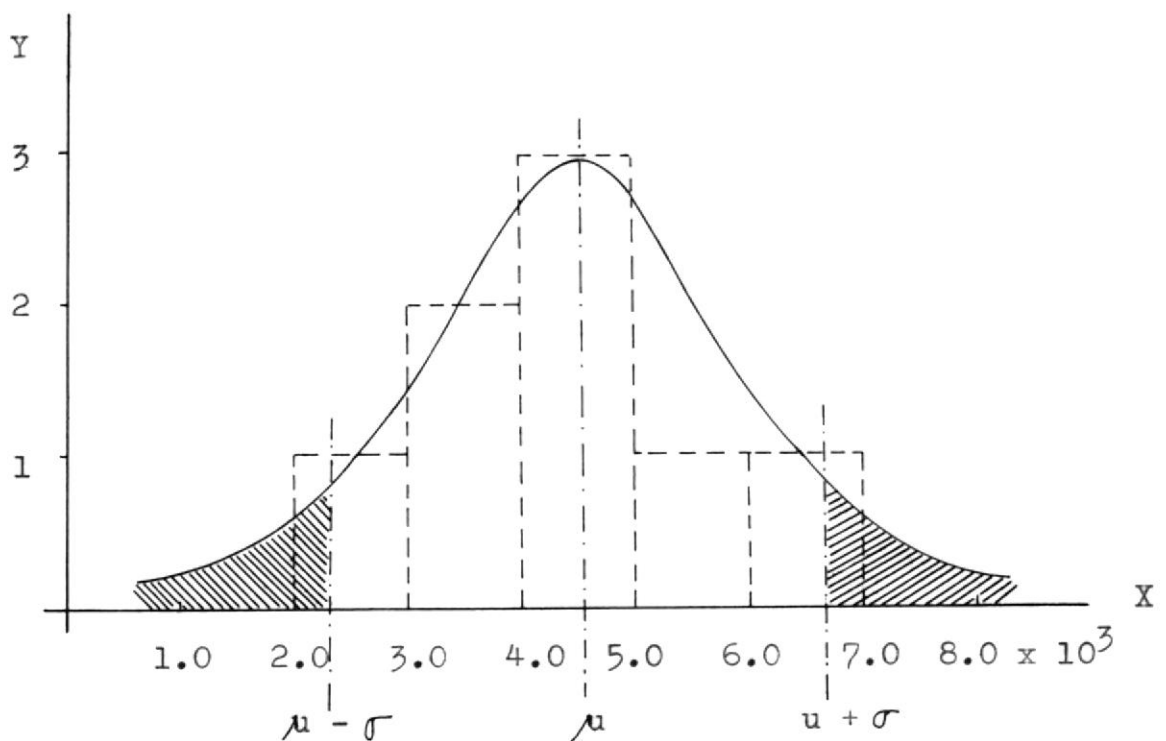


FIGURA N^o 3.6.

HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO
PARA EL PUNTO N^o 1

TABLA XIV

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N 2:

Fecha: 5 de Diciembre de 1,984 (primer día)

Tmín. = 22 °C HRmín. = 49 % Pm = 1 atm.

Tmáx. = 30 °C HRmáx. = 98 % vm = 9.5 Km/H

Tm = 26 °C HRm = 73 %

Estado general del día: Cubierto a parcial cubierto

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 4.01 | 197.19 | 5.97 |
| 12:h00 | 2.00 | 197.19 | 11.94 |
| 14:h00 | 8.03 | 201.18 | 1.99 |
| 16:h00 | 4.01 | 199.18 | 3.98 |
| 18:h00 | 2.00 | 197.19 | 7.96 |

TABLA XV

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N 2

Fecha: 6 de Diciembre de 1,984 (segundo día)

T_{mín.} = 22.5 °C HR_{mín.} = 32 % P_m = 1 atm.T_{máx.} = 34.5 °C HR_{máx.} = 94 % v_m = 8.5 Km/HT_m = 28.5 °C HR_m = 63 %

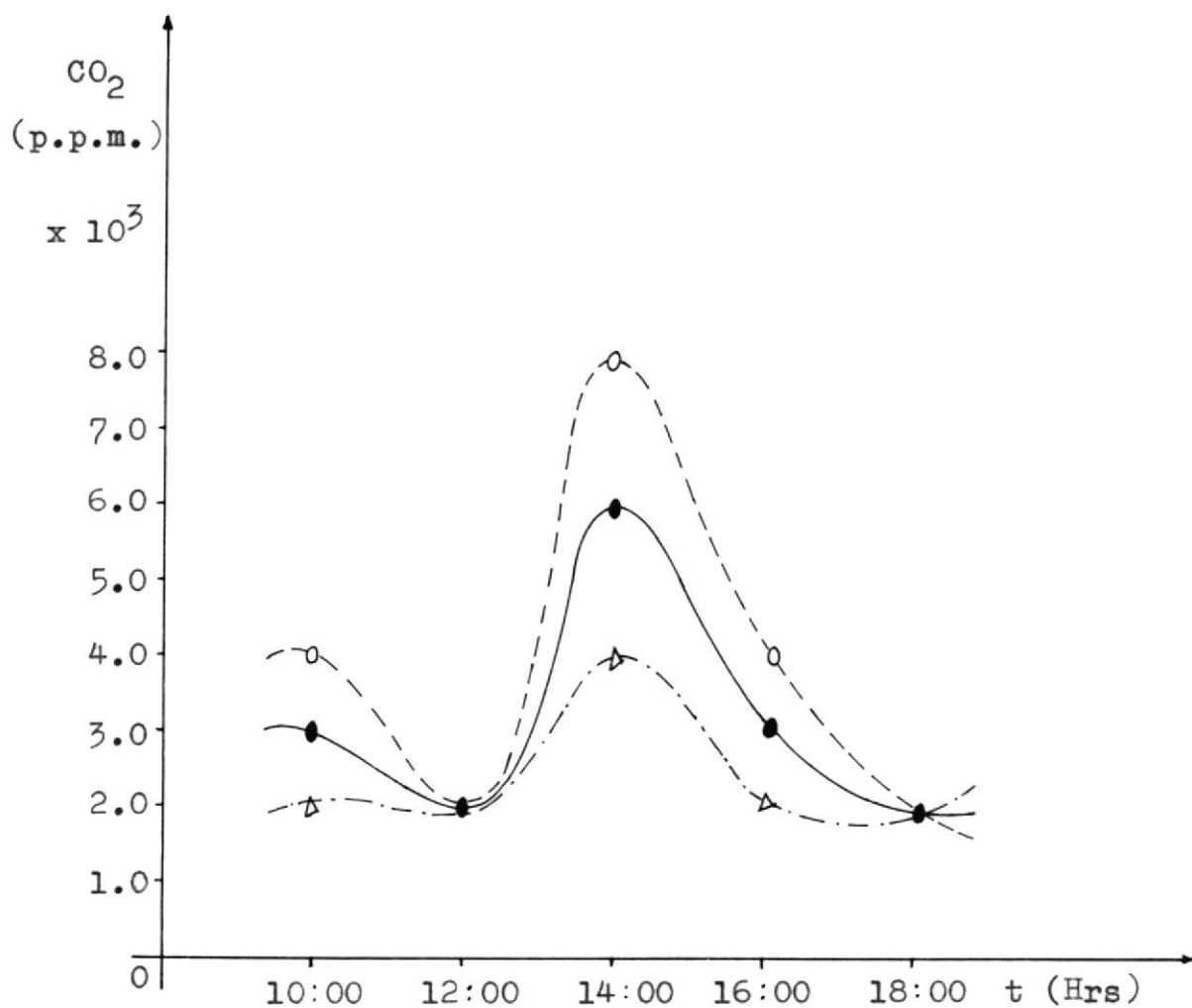
Estado general del día: Parcial cubierto

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 1.99 | 193.58 | 1.97 |
| 12:h00 | 1.99 | 191.61 | 5.92 |
| 14:h00 | 3.98 | 195.56 | 3.94 |
| 16:h00 | 1.99 | 201.48 | 1.97 |
| 18:h00 | 1.99 | 195.56 | 5.92 |

TABLA XVI

PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N^o 2

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10 h00 | 3.00 | 195.38 | 2.98 |
| 12 h00 | 1.99 | 194.40 | 8.93 |
| 14 h00 | 6.00 | 198.37 | 2.96 |
| 16 h00 | 3.00 | 200.33 | 2.97 |
| 18 h00 | 1.99 | 196.37 | 6.94 |

FIGURA N^o 3.8.

REPRESENTACION GRAFICA DEL CO₂ PARA EL PUNTO N^o 2

----- primer día

- · - · - · segundo día

———— promedio

Media Aritmética (μ):

$$\mu = 4.96 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Desviación Normal (σ):

$$\sigma = 2.51 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Error Normal ($\sigma_{\bar{x}}$):

$$\sigma_{\bar{x}} = 1.09 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

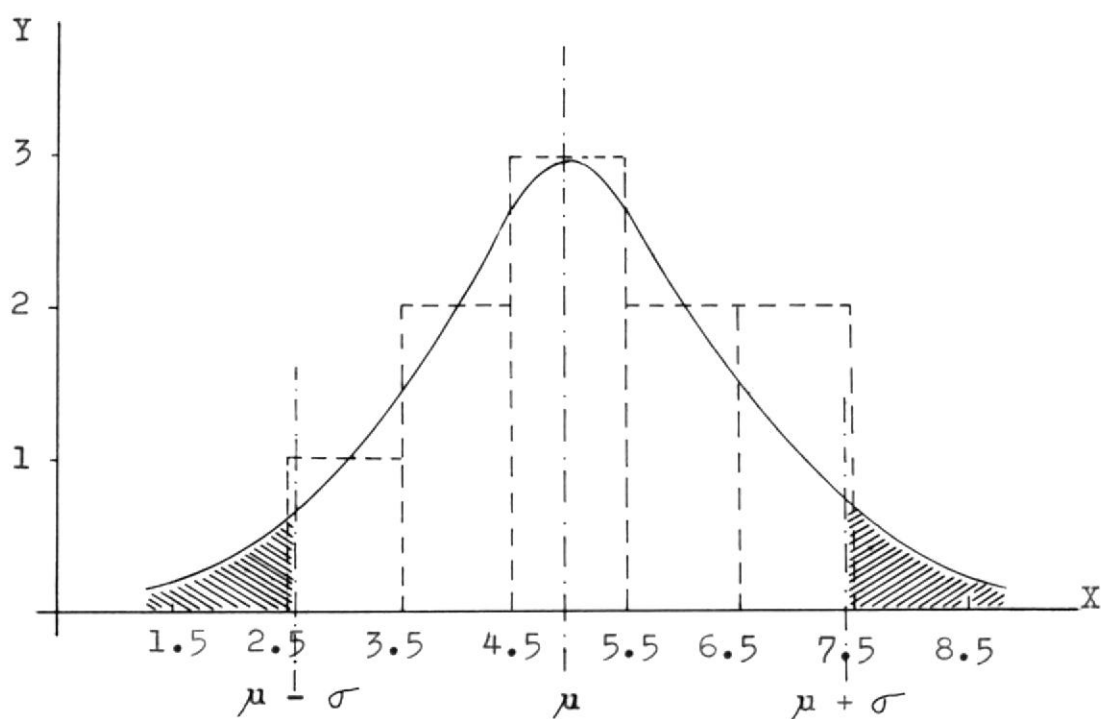


FIGURA N° 3.9.

HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO
PARA EL PUNTO N° 2

TABLA XVII

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N^o 3

Fecha: 7 de Diciembre de 1,984 (primer día)

T_{mín.} = 23 °C HR_{mín.} = 25 % P_m = 1 atm.T_{máx.} = 36 °C HR_{máx.} = 88 % v_m = 10 Km/HT_m = 29.5 °C HR_m = 56.5 %

Estado general del día: Casi despejado

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 1.98 | 194.91 | 3.94 |
| 12:h00 | 1.98 | 189.00 | 11.81 |
| 14:h00 | 3.96 | 198.85 | 3.94 |
| 16:h00 | 1.98 | 187.04 | 5.90 |
| 18:h00 | 0.00 | 194.91 | 7.87 |

TABLA XVIII

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N^o 3

Fecha: 10 de Diciembre de 1,984 (segundo día)

T_{mín.} = 25 °C HR_{mín.} = 32 % P_m = 1 atm.T_{máx.} = 35 °C HR_{máx.} = 83 % v_m = 10 Km/HT_m = 30 °C HR_m = 57.5 %

Estado general del día: Casi despejado

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 3.96 | 200.49 | 3.93 |
| 12:h00 | 1.98 | 194.59 | 7.86 |
| 14:h00 | 3.96 | 196.56 | 3.93 |
| 16:h00 | 1.98 | 192.62 | 5.89 |
| 18:h00 | 0.00 | 192.62 | 7.86 |

TABLA XIX

PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N 3

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 2.97 | 197.70 | 3.93 |
| 12:h00 | 1.98 | 191.79 | 9.83 |
| 14:h00 | 3.96 | 197.70 | 3.93 |
| 16:h00 | 1.98 | 189.83 | 5.90 |
| 18:h00 | 0.00 | 193.76 | 7.86 |

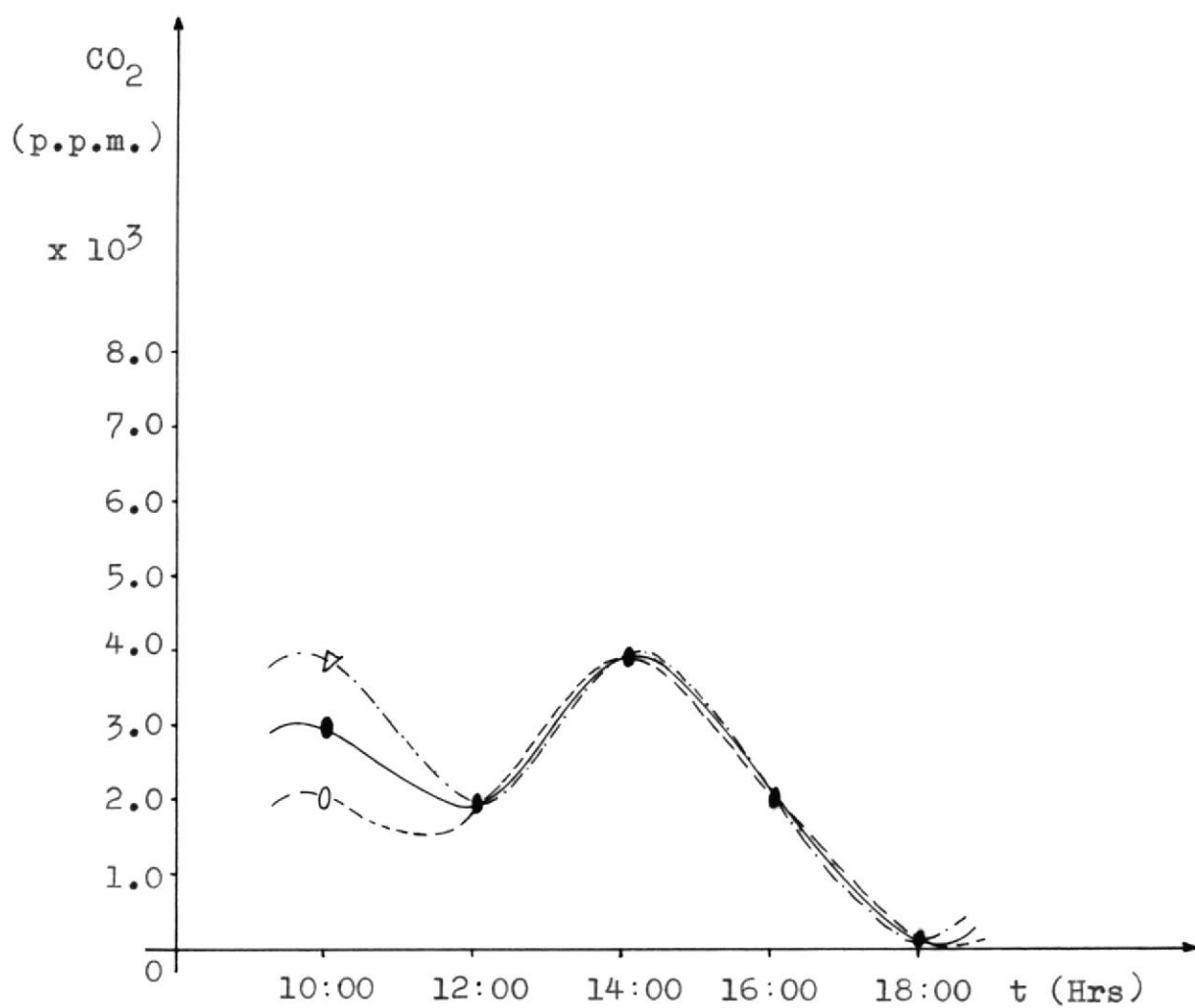


FIGURA N^o 3.11.

REPRESENTACION GRAFICA DEL CO₂ PARA EL PUNTO N^o3

----- primer día

-.-.-.-.- segundo día

———— promedio

Media Aritmética (μ):

$$\mu = 6.20 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Desviación Normal (σ):

$$\sigma = 2.30 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Error Normal (σ_x):

$$\sigma_x = 1.02 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

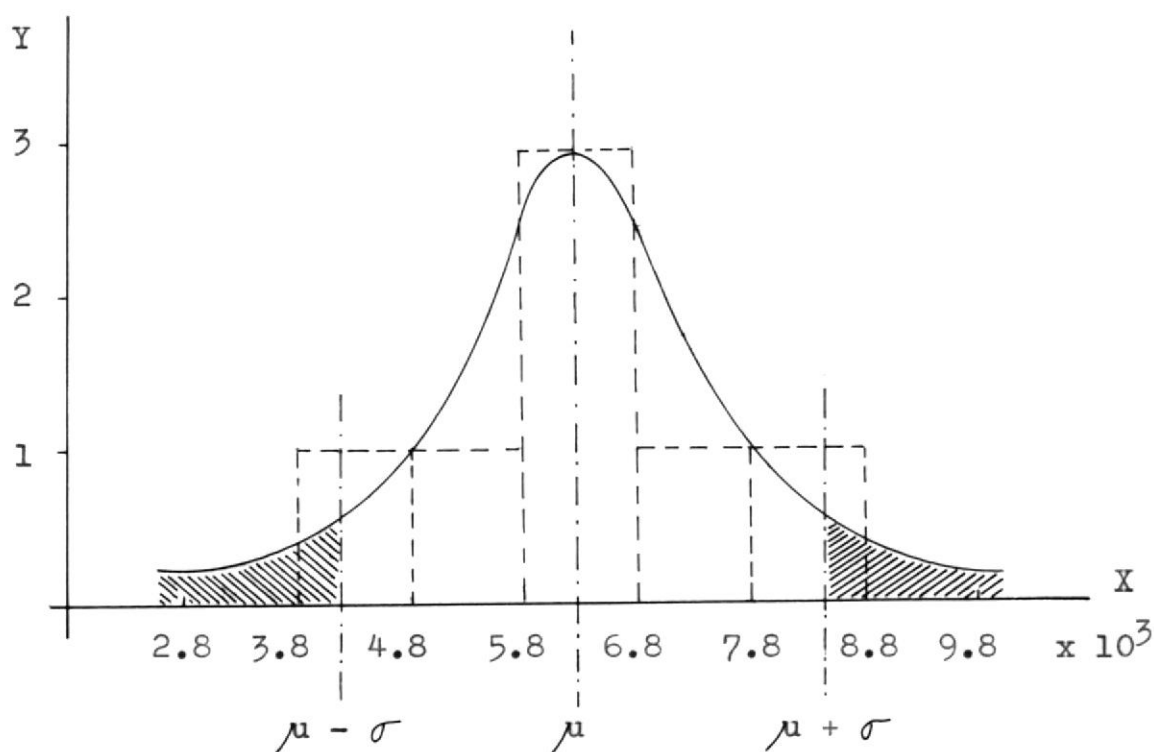


FIGURA N^o 3.12.

HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DE CO
PARA EL PUNTO N^o 3

TABLA XX

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N 24

Fecha: 11 de Diciembre de 1,984 (primer día)

T_{mín.} = 24 °C HR_{mín.} = 32 % P_m = 1 atm.

T_{máx.} = 36 °C HR_{máx.} = 90 % v_m = 9.5 Km/H

T_m = 30 °C HR_m 61 %

Estado general del día: Casi despejado

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 3.96 | 194.59 | 5.89 |
| 12:h00 | 1.98 | 194.59 | 7.86 |
| 14:h00 | 5.94 | 198.52 | 1.96 |
| 16:h00 | 3.96 | 196.56 | 3.93 |
| 18:h00 | 1.98 | 192.62 | 5.89 |

TABLA XXI

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N ° 4

Fecha: 12 de Diciembre de 1,984 (segundo día)

T_{mín.} = 25 °C HR_{mín.} = 36 % P_m = 1 atm.T_{máx.} = 33 °C HR_{máx.} = 95 % v_m = 9 Km/HT_m = 29 °C HR_m = 65.5 %

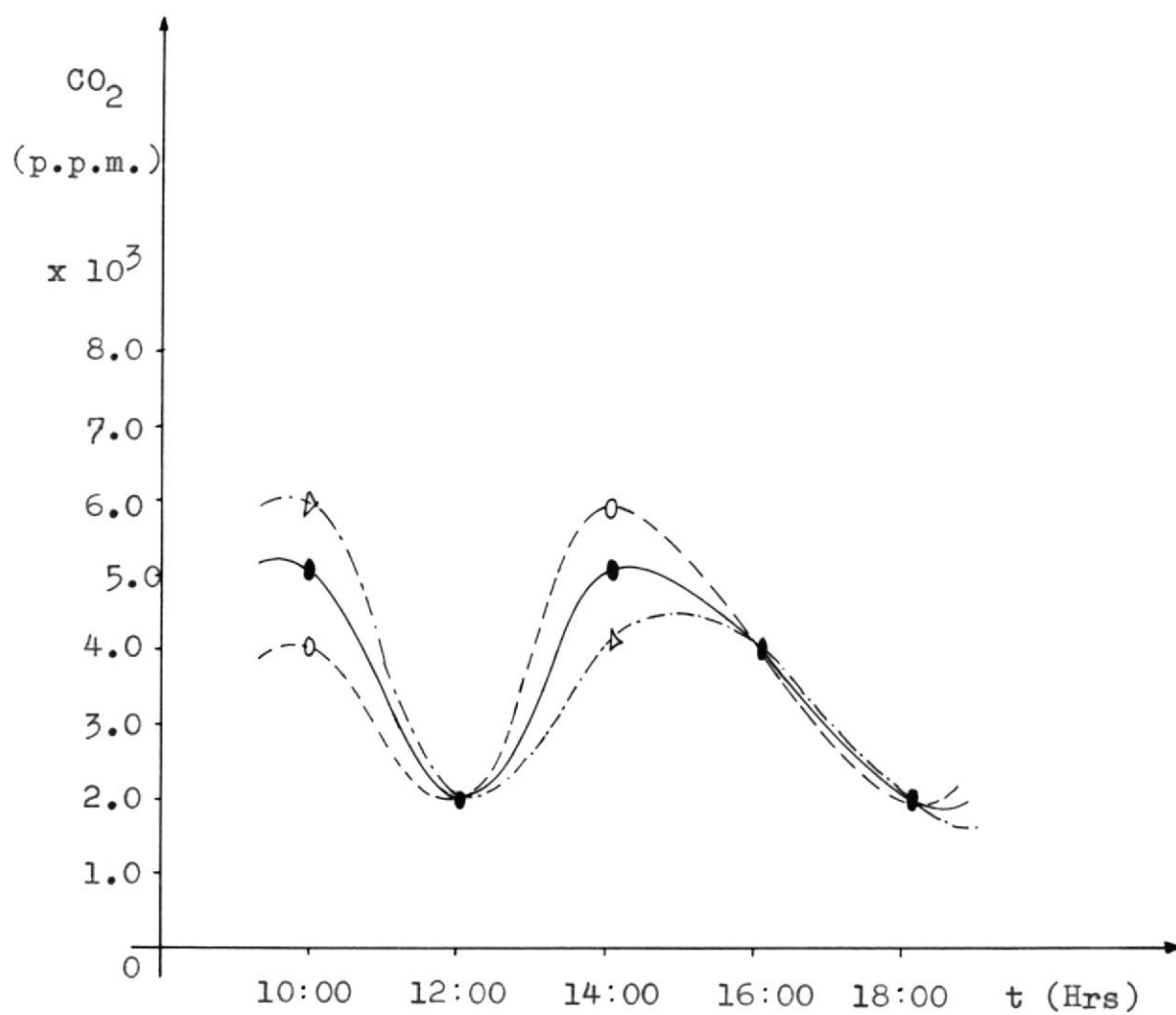
Estado general del día: Brumoso a parcial nublado

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 5.96 | 195.23 | 3.94 |
| 12:h00 | 1.99 | 193.26 | 7.88 |
| 14:h00 | 3.97 | 203.12 | 1.97 |
| 16:h00 | 3.97 | 195.23 | 1.97 |
| 18:h00 | 1.99 | 191.29 | 5.91 |

TABLA XXII

PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N ° 4

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 4.96 | 194.91 | 4.92 |
| 12:h00 | 1.98 | 193.92 | 7.87 |
| 14:h00 | 4.95 | 200.82 | 1.96 |
| 16:h00 | 3.97 | 195.89 | 2.94 |
| 18:h00 | 1.98 | 191.95 | 5.90 |

FIGURA N^o 3.14.REPRESENTACION GRAFICA DEL CO₂ PARA EL PUNTO N^o 4

----- primer día

-.-.-.-.- segundo día

———— promedio

Media Aritmética (μ):

$$\mu = 4.72 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Desviación Normal (σ):

$$\sigma = 2.12 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Error Normal ($\sigma_{\bar{x}}$):

$$\sigma_{\bar{x}} = 0.94 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

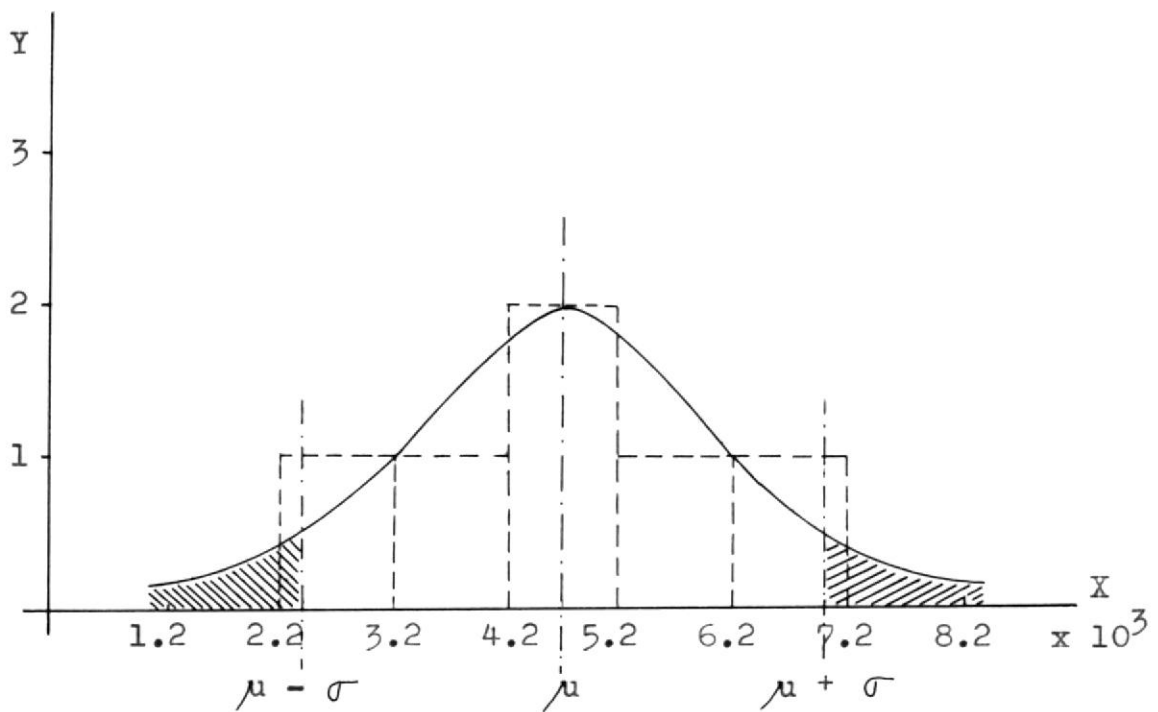


FIGURA N° 3.15.

HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO
PARA EL PUNTO N° 4

TABLA XXIII

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N° 5

Fecha: 13 de Diciembre de 1,984 (primer día)

$T_{\text{mín.}} = 25^{\circ}\text{C}$ $HR_{\text{mín.}} = 28\%$ $P_m = 1 \text{ atm.}$
 $T_{\text{máx.}} = 35^{\circ}\text{C}$ $HR_{\text{máx.}} = 95\%$ $v_m = 10 \text{ Km/H}$
 $T_m = 30^{\circ}\text{C}$ $HR_m = 61.5\%$

Estado general del día: Nublado

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) $\times 10^3$ | O ₂ (p.p.m.) $\times 10^3$ | CO (p.p.m.) $\times 10^3$ |
|-------------------|--|---|---------------------------------|
| 10:h00 | 3.96 | 196.56 | 1.96 |
| 12:h00 | 1.98 | 192.62 | 5.89 |
| 14:h00 | 3.96 | 197.54 | 0.00 |
| 16:h00 | 3.96 | 194.59 | 3.93 |
| 18:h00 | 1.98 | 196.56 | 5.89 |

TABLA XXIV

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N° 5

Fecha: 17 de Diciembre de 1,984 (segundo día)

T_{mín.} = 20.5 °C HR_{mín.} = 58 % P_m = 1 atm.

T_{máx.} = 28 °C HR_{máx.} = 96 % v_m = 10.5 Km/H

T_m = 24.25 °C HR_m = 77 %

Estado general del día: Parcialmente cubierto

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) | O ₂ (p.p.m.) | CO (p.p.m.) |
|-------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------|
| 10:h00 | 1.98 | 204.36 | 2.00 |
| 12:h00 | 2.02 | 198.35 | 4.01 |
| 14:h00 | 3.03 | 204.36 | 2.00 |
| 16:h00 | 2.02 | 200.36 | 0.00 |
| 18:h00 | 0.00 | 198.35 | 6.00 |

TABLA XXV

PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N° 5

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 2.97 | 200.46 | 1.98 |
| 12:h00 | 2.00 | 195.48 | 4.95 |
| 14:h00 | 3.49 | 200.95 | 1.00 |
| 16:h00 | 2.99 | 197.47 | 1.96 |
| 18:h00 | 0.99 | 197.47 | 5.94 |

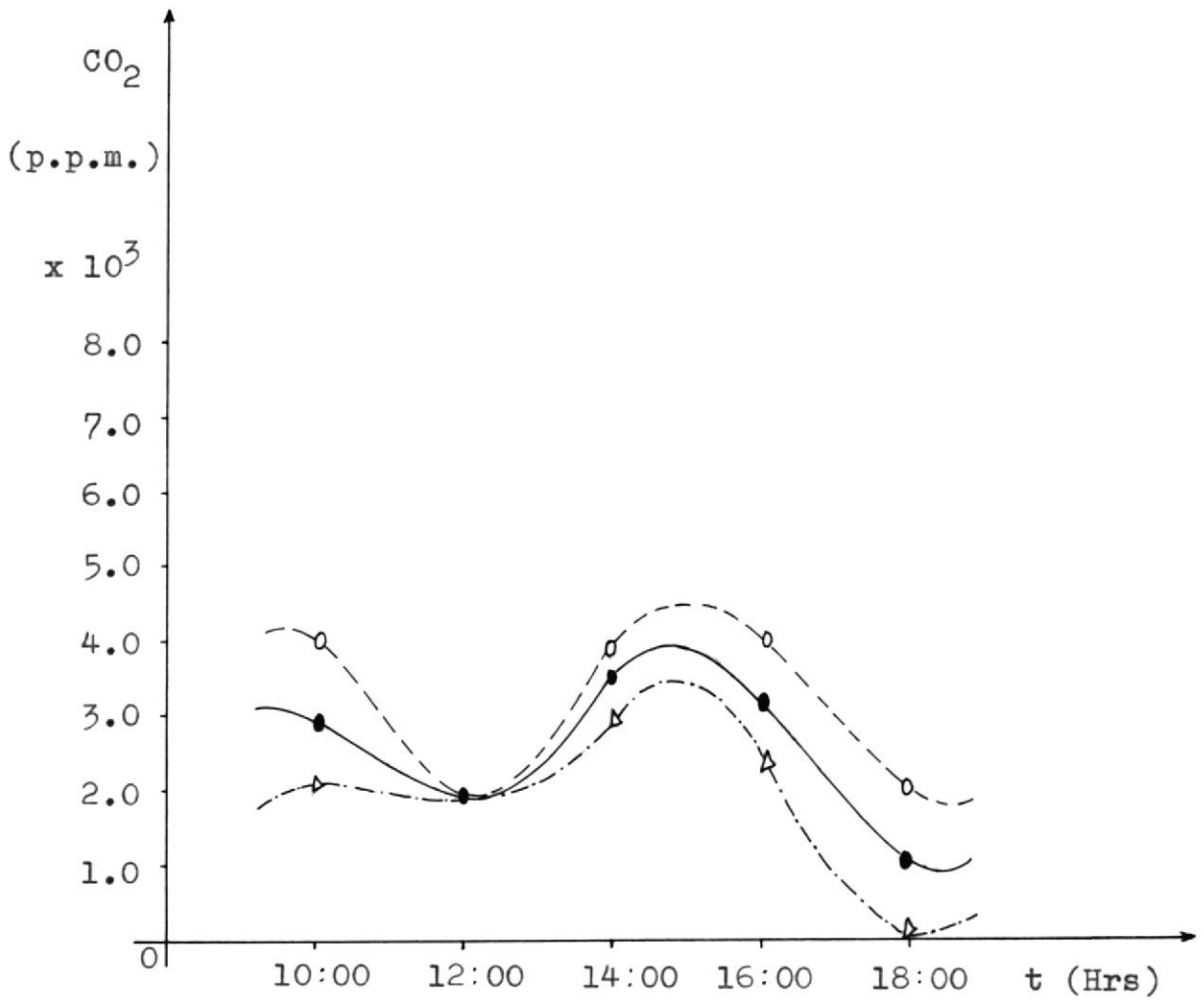


FIGURA N^o 3.17.

REPRESENTACION GRAFICA DEL CO₂ PARA EL PUNTO N^o 5

- primer día
- · - · - · - segundo día
- promedio

Media Aritmética (μ):

$$\mu = 3.15 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Desviación Normal (σ):

$$\sigma = 1.92 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Error Normal (σ_x):

$$\sigma_x = 0.85 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

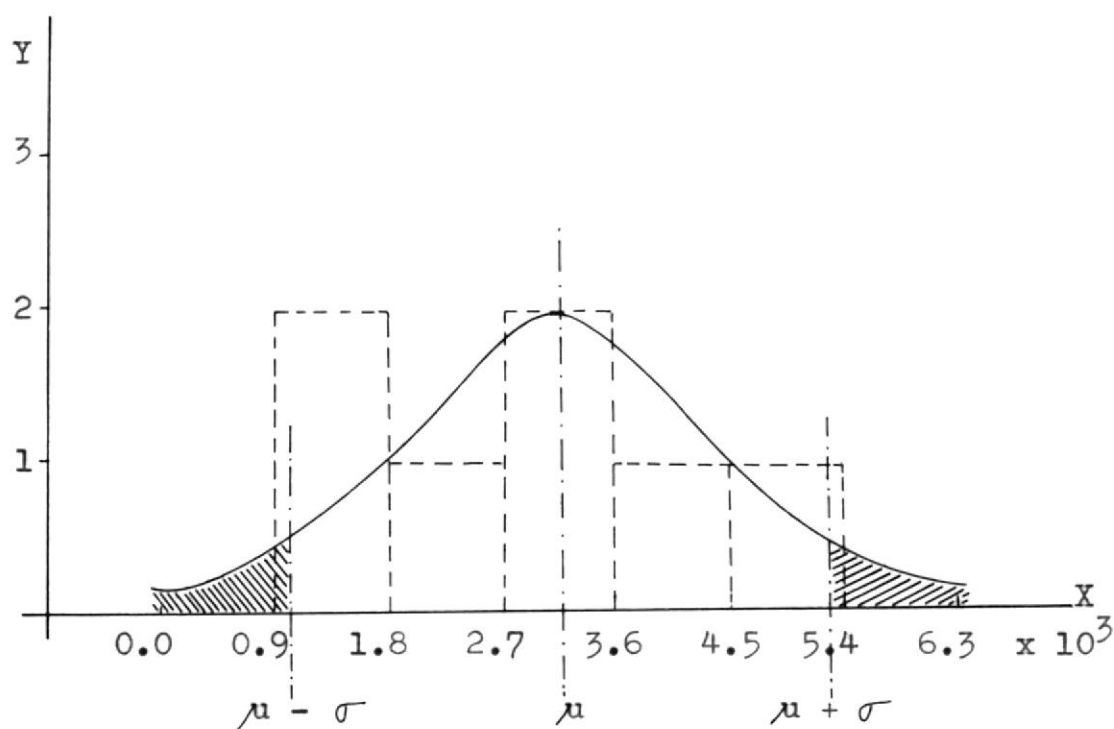


FIGURA N^o 3.18.

HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO
PARA EL PUNTO N^o 5

TABLA XXVI

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N° 6

Fecha: 18 de Diciembre de 1,984 (primer día)

T_{mín.} = 23 °C HR_{mín.} = 52 % P_m = 1 atm.T_{máx.} = 29.5 °C HR_{máx.} = 84 % v_m = 10 Km/HT_m = 26.25 °C HR_m = 68 %

Estado general del día: Parcial cubierto a cubierto

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) | O ₂ (p.p.m.) | CO (p.p.m.) |
|-------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------|
| 10:h00 | 2.00 | 197.02 | 1.99 |
| 12:h00 | 2.00 | 199.01 | 4.97 |
| 14:h00 | 0.00 | 203.00 | 0.00 |
| 16:h00 | 2.00 | 199.01 | 1.99 |
| 18:h00 | 2.00 | 199.01 | 3.98 |

TABLA XXVII

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N° 6

Fecha: 19 de Diciembre de 1,984 (segundo día)

T_{mín.} = 22.5 °C HR_{mín.} = 60 % P_m = 1 atm.

T_{máx.} = 28.5 °C HR_{máx.} = 90 % v_m = 9.5 Km/H

T_m = 25.5 °C HR_m = 75 %

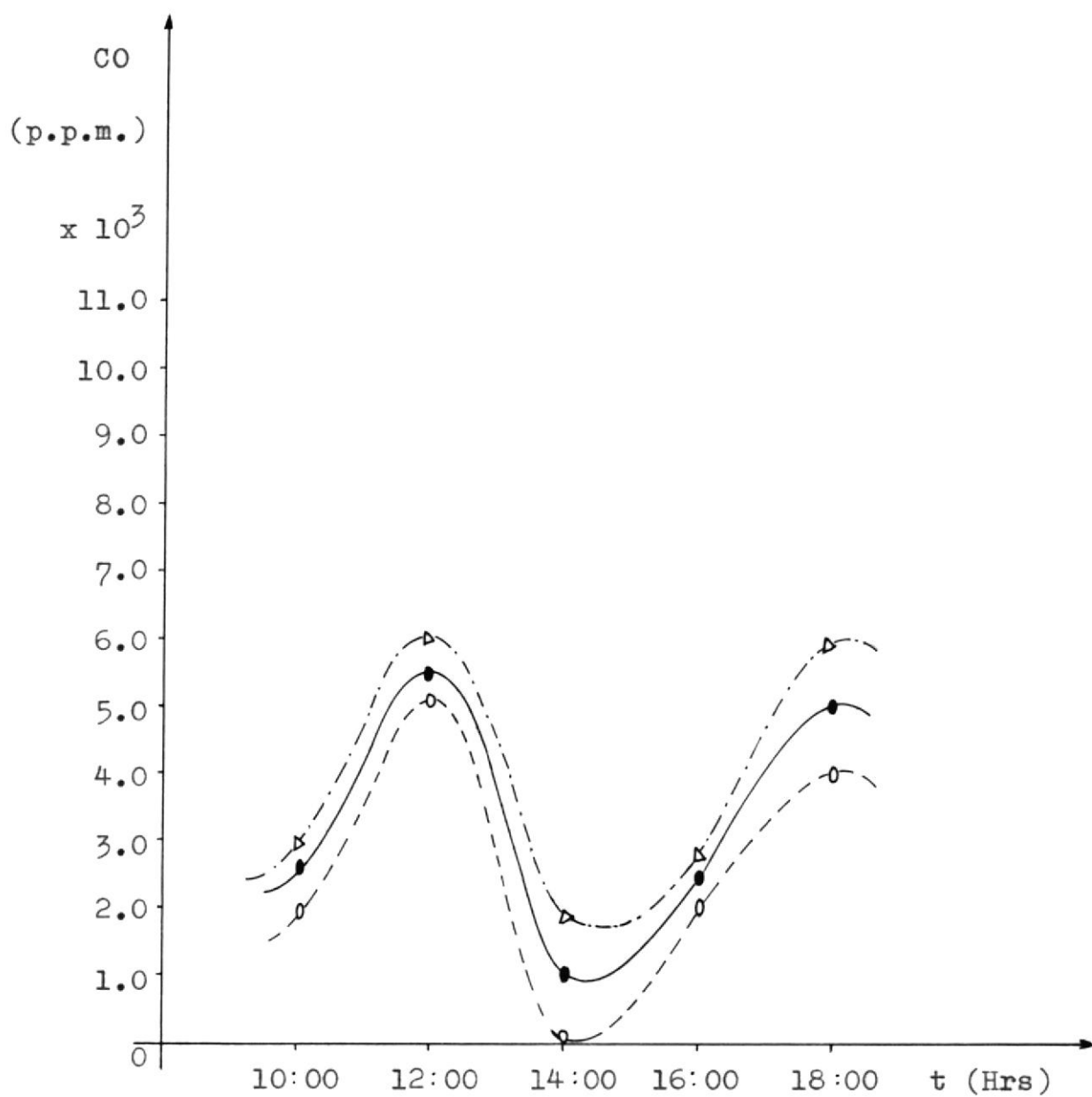
Estado general del día: Parcialmente cubierto

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 2.01 | 203.51 | 2.99 |
| 12:h00 | 0.00 | 199.52 | 5.98 |
| 14:h00 | 2.01 | 202.51 | 1.99 |
| 16:h00 | 2.01 | 197.52 | 2.99 |
| 18:h00 | 0.00 | 197.52 | 5.98 |

TABLA XXVIII

PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N 6

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 2.01 | 200.26 | 2.49 |
| 12:h00 | 1.00 | 199.26 | 5.47 |
| 14:h00 | 1.00 | 202.75 | 0.99 |
| 16:h00 | 2.01 | 198.26 | 2.49 |
| 18:h00 | 1.00 | 198.26 | 4.98 |

FIGURA N^o 3.19.REPRESENTACION GRAFICA DEL CO PARA EL PUNTO N^o 6

- primer día
- · - · - · - segundo día
- promedio

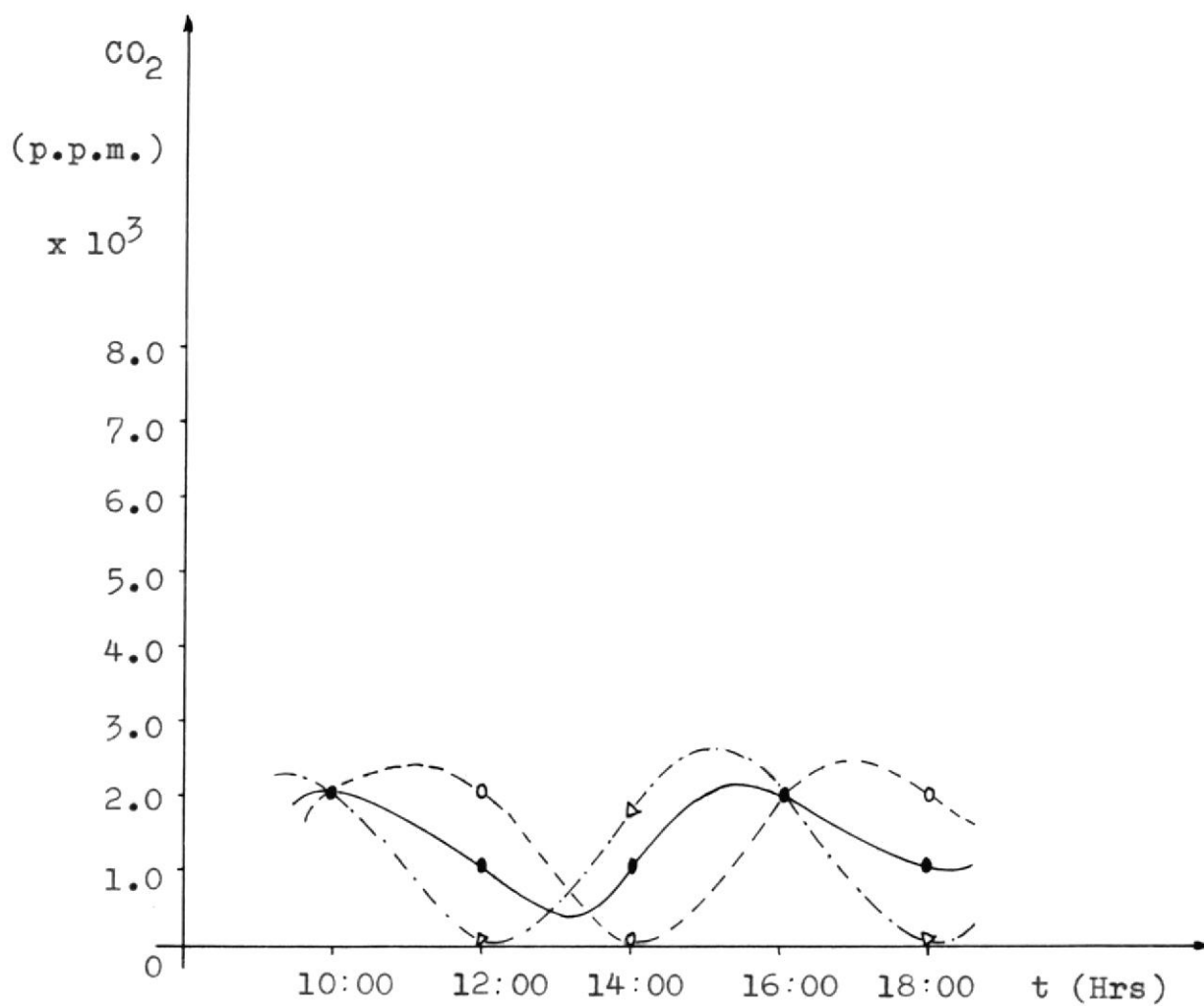


FIGURA N^o 3.20.

REPRESENTACION GRAFICA DEL CO₂ PARA EL PUNTO N^o 6

----- primer día

-.-.-.-.- segundo día

———— promedio

Media Aritmética (μ):

$$\mu = 3.25 \times 10^3 \quad \text{p.p.m.}$$

Desviación Normal (σ):

$$\sigma = 1.65 \times 10^3 \quad \text{p.p.m.}$$

Error Normal ($\sigma_{\bar{x}}$):

$$\sigma_{\bar{x}} = 0.75 \times 10^3 \quad \text{p.p.m.}$$

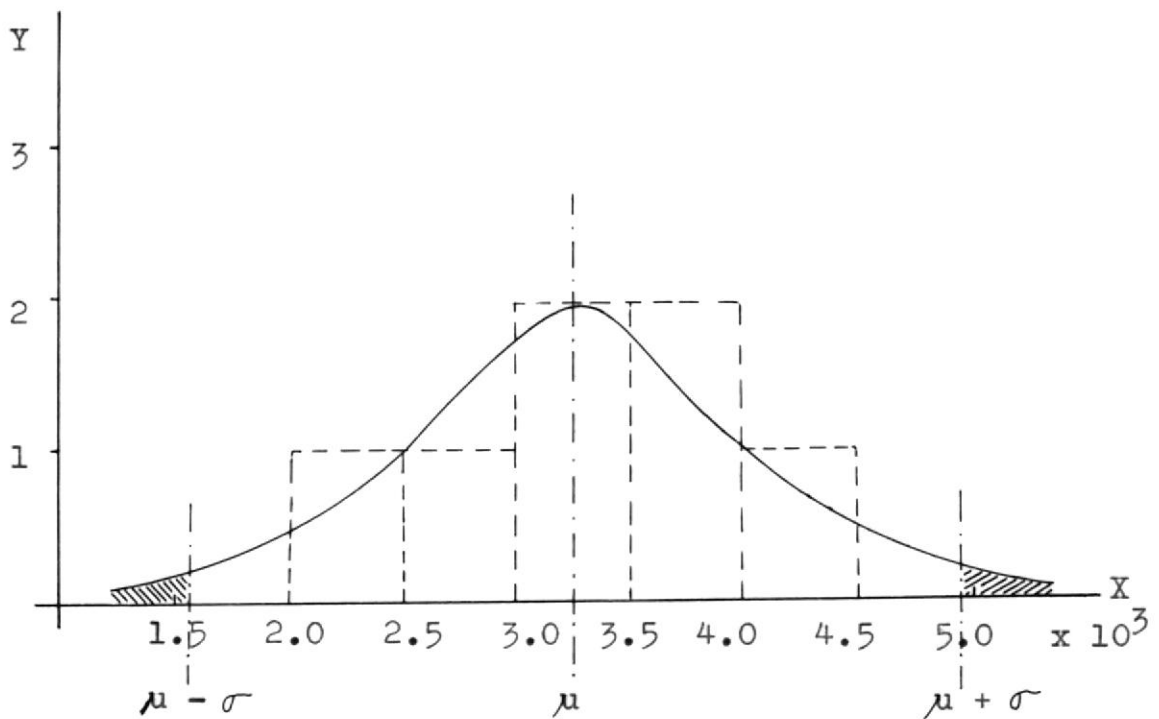


FIGURA N^o 3.21.

HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO
PARA EL PUNTO N^o 6

TABLA XXIX

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N o 7

Fecha: 20 de Diciembre de 1,984 (primer día)

T_{mín.} = 23 °C HR_{mín.} = 42 % P_m = 1 atm.

T_{máx.} = 31 °C HR_{máx.} = 90 % v_m = 9.5 Km/H

T_m = 27 °C HR_m = 66 %

Estado general del día: Parcialmente cubierto

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 2.00 | 196.53 | 1.98 |
| 12:h00 | 0.00 | 198.52 | 5.95 |
| 14:h00 | 4.00 | 202.49 | 0.00 |
| 16:h00 | 3.00 | 200.50 | 2.98 |
| 18:h00 | 2.00 | 194.55 | 4.96 |

TABLA XXX

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N o 7

Fecha: 21 de Diciembre de 1,984 (segundo día)

T_{mín.} = 22.5 °C HR_{mín.} = 50 % P_m = 1 atm.

T_{máx.} = 32 °C HR_{máx.} = 90 % v_m = 8.5 Km/H

T_m = 27.25 °C HR_m = 70 %

Estado general del día: Parcialmente nublado

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 2.00 | 201.33 | 1.98 |
| 12:h00 | 0.00 | 196.37 | 7.93 |
| 14:h00 | 2.99 | 202.32 | 1.98 |
| 16:h00 | 2.00 | 200.34 | 2.97 |
| 18:h00 | 2.00 | 196.37 | 5.95 |

TABLA XXXI

PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N ° 7

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) $\times 10^3$ | O ₂ (p.p.m.) $\times 10^3$ | CO (p.p.m.) $\times 10^3$ |
|-------------------|--|---|---------------------------------|
| 10:h00 | 2.00 | 198.93 | 1.98 |
| 12:h00 | 0.00 | 197.44 | 6.94 |
| 14:h00 | 3.49 | 202.40 | 0.99 |
| 16:h00 | 2.50 | 200.42 | 2.98 |
| 18:h00 | 2.00 | 195.46 | 5.45 |

Media Aritmética (μ):

$$\mu = 3.65 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Desviación Normal (σ):

$$\sigma = 2.20 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Error Normal ($\sigma_{\bar{x}}$):

$$\sigma_{\bar{x}} = 0.96 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

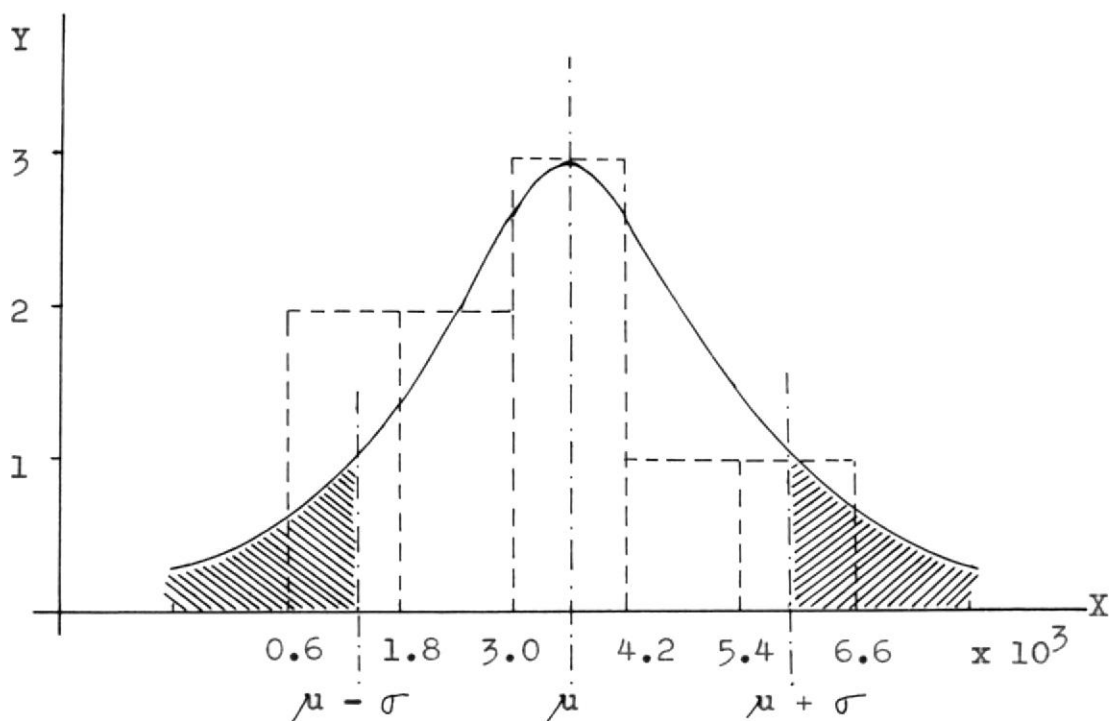


FIGURA N^o 3.24.

HISTOGRAMA Y CURVA DE DESVIACION NORMAL DEL CO
PARA EL PUNTO N^o 7

TABLA XXXII

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N° 8

Fecha: 7 de Enero de 1,985 (primer día)

Tmín. = 24 °C HRmín. = 45 % Pm = 1 atm.

Tmáx. = 32 °C HRmáx. = 95 % vm = 9.5 Km/H

Tm = 28 °C HRm = 75 %

Estado genera del día: De cubierto a nublado

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 2.99 | 199.84 | 1.98 |
| 12:h00 | 0.00 | 195.88 | 6.92 |
| 14:h00 | 3.99 | 197.86 | 1.98 |
| 16:h00 | 1.99 | 197.86 | 2.97 |
| 18:h00 | 0.00 | 195.88 | 5.93 |

TABLA XXXIII

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N ° 8

Fecha: 8 de Enero de 1,985 (segundo día)

Tmín. = 24 °C HRmín. = 40 % Pm = 1 atm.

Tmáx. = 30 °C HRmáx. = 94 % vm = 10 Km/H

Tm = 27 °C HRm = 72 %

Estado general del día: Nublado

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 3.00 | 202.49 | 2.98 |
| 12:h00 | 0.00 | 198.52 | 5.95 |
| 14:h00 | 3.00 | 204.48 | 1.98 |
| 16:h00 | 2.00 | 200.51 | 3.97 |
| 18:h00 | 0.00 | 196.54 | 5.95 |

TABLA XXXIV

PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N 8

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 2.99 | 201.16 | 2.48 |
| 12:h00 | 0.00 | 197.20 | 6.43 |
| 14:h00 | 3.49 | 201.17 | 1.98 |
| 16:h00 | 2.00 | 199.18 | 3.47 |
| 18:h00 | 0.00 | 196.21 | 5.94 |

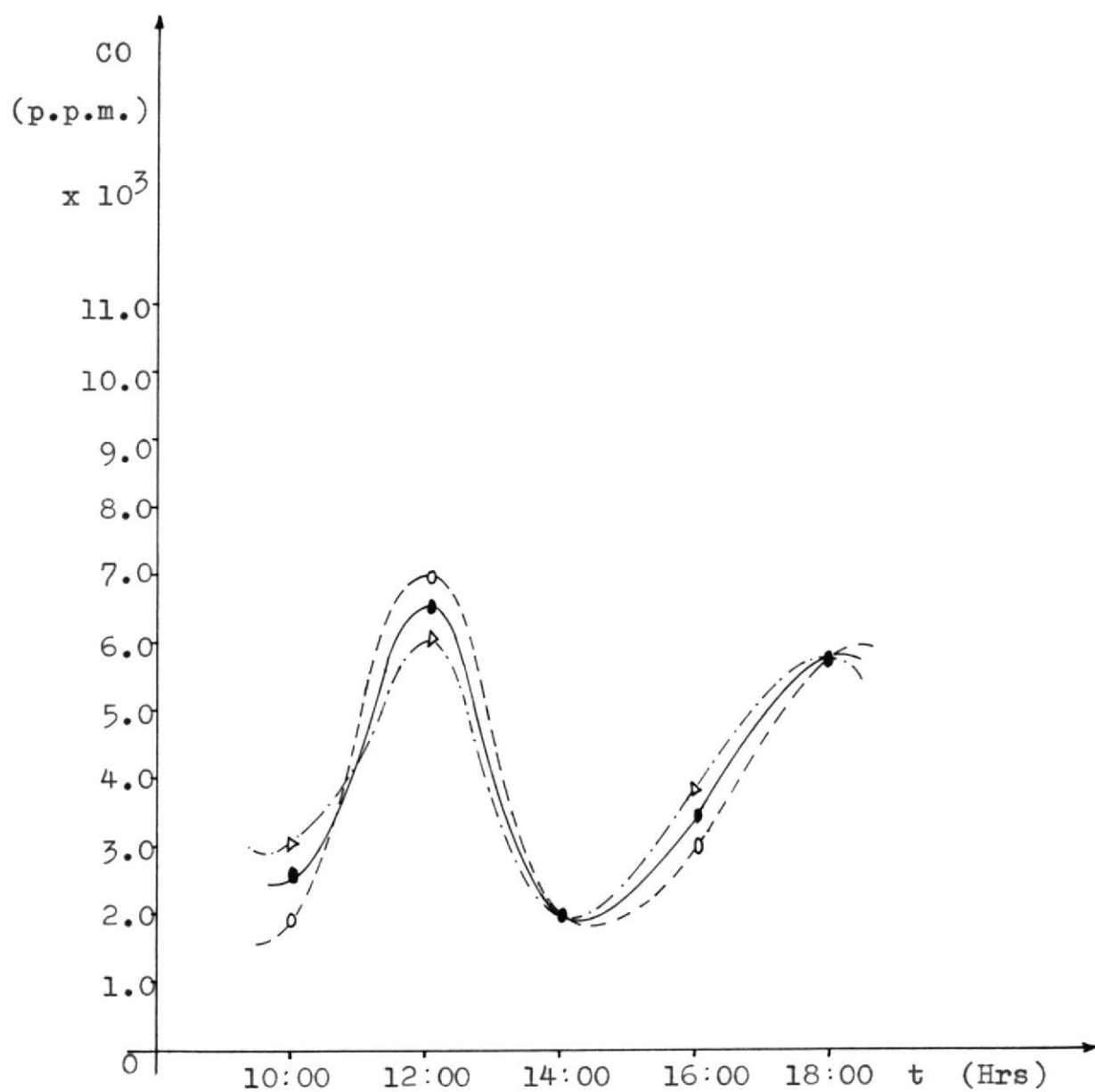


FIGURA N° 3.25.

REPRESENTACION GRAFICA DEL CO PARA EL PUNTO N° 8

- primer día
- segundo día
- promedio

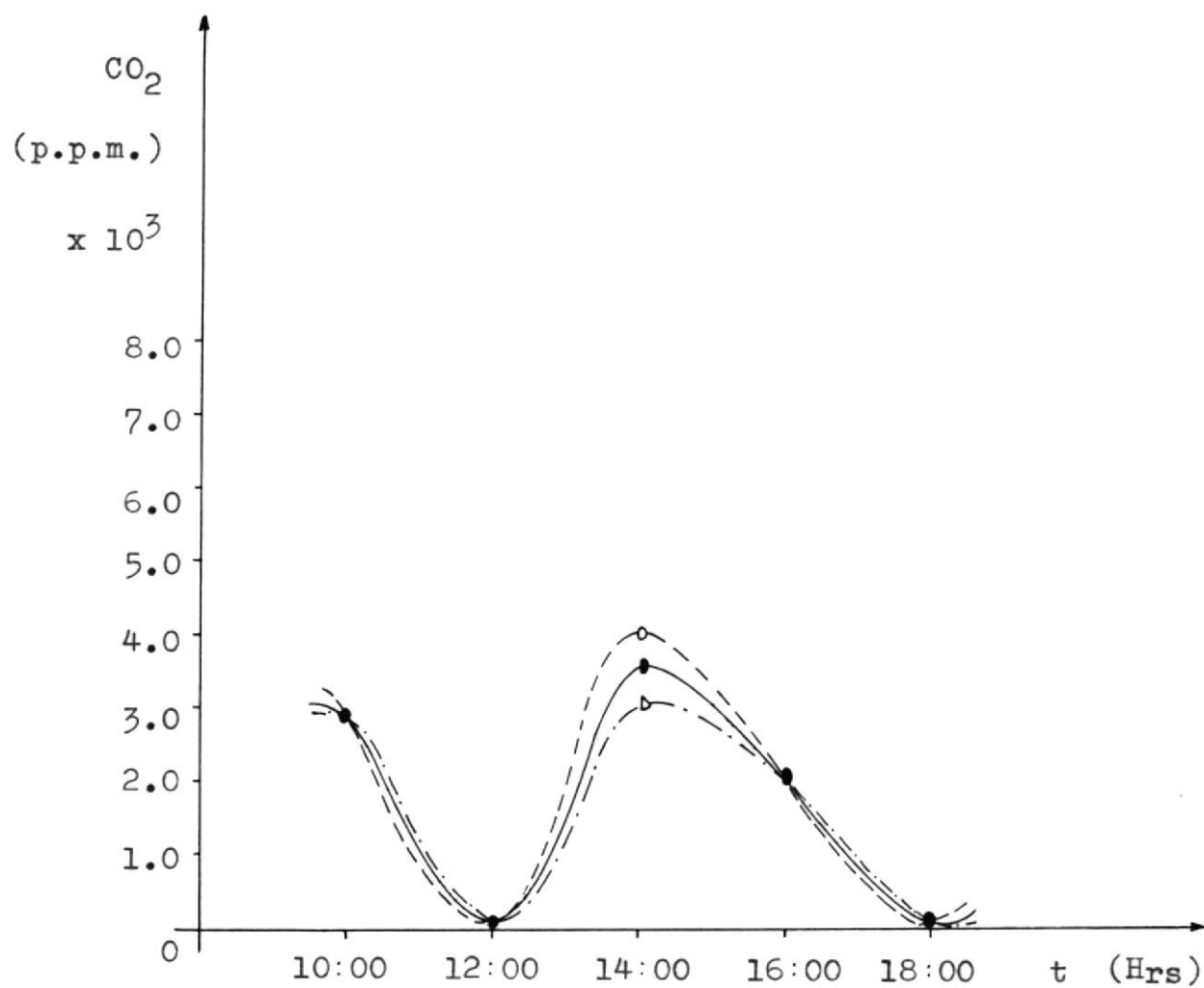


FIGURA N^o 3.26.

REPRESENTACION GRAFICA DEL CO₂ PARA EL PUNTO N^o 8

- primer día
- · - · - · - segundo día
- promedio

Media Aritmética (μ):

$$\mu = 4.06 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Desviación Normal (σ):

$$\sigma = 1.80 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Error Normal ($\sigma_{\bar{x}}$):

$$\sigma_{\bar{x}} = 0.80 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

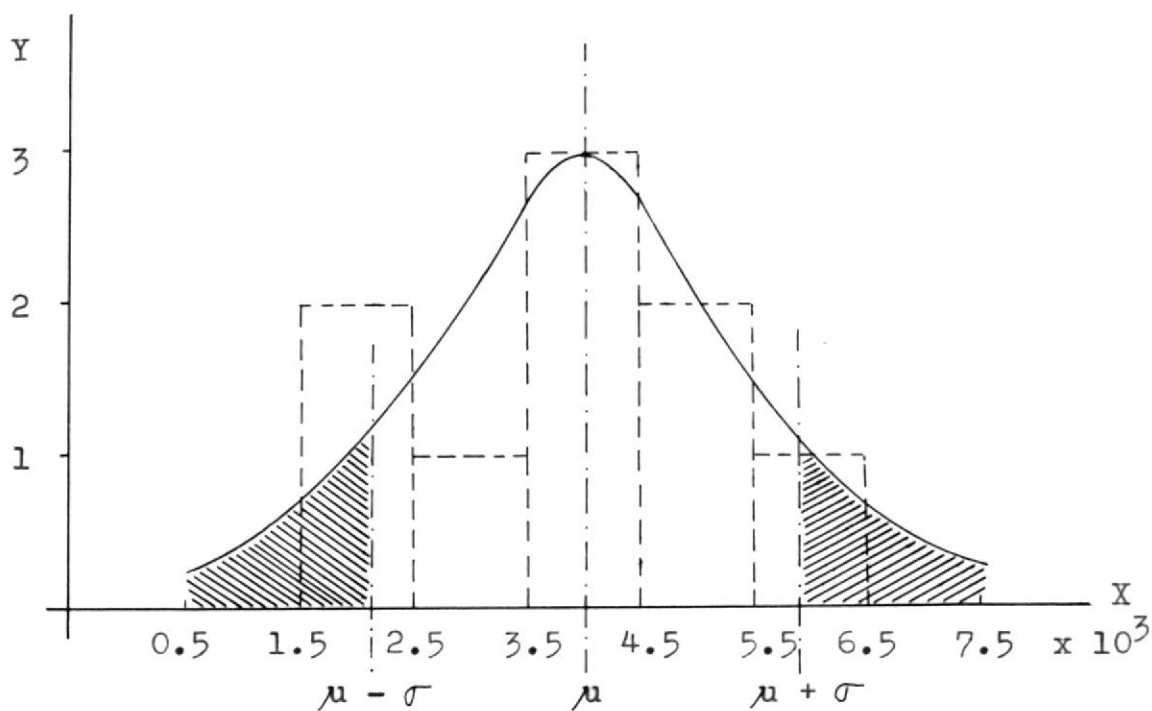


FIGURA N° 3.27.

HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO
PARA EL PUNTO N° 8

TABLA XXXV

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N o 9

Fecha: 14 de Enero de 1,985 (primer día)

T_{mín.} = 23.5 °C HR_{mín.} = 60 % P_m = 1 atm.T_{máx.} = 32.5 °C HR_{máx.} = 96 % v_m = 9 Km/HT_m = 28 °C HR_m = 78 %

Estado general del día: Cubierto a parcial cubierto

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 1.99 | 196.88 | 1.98 |
| 12:h00 | 0.00 | 197.86 | 5.93 |
| 14:h00 | 2.99 | 195.88 | 1.98 |
| 16:h00 | 1.99 | 197.86 | 2.97 |
| 18:h00 | 0.00 | 193.90 | 5.93 |

TABLA XXXVI

RESULTADOS DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N 9

Fecha: 15 de Enero de 1,985 (segundo día)

T_{mín.} = 23 °C HR_{mín.} = 46 % Pm = 1 atm.

T_{máx.} = 32 °C HR_{máx.} = 90 % vm = 9.5 Km/H

T_m = 27.5 °C HR_m = 68 %

Estado general del día: Cubierto

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 1.99 | 198.19 | 2.97 |
| 12:h00 | 0.00 | 188.28 | 6.93 |
| 14:h00 | 2.99 | 205.13 | 1.98 |
| 16:h00 | 1.99 | 200.17 | 2.97 |
| 18:h00 | 0.00 | 196.21 | 5.94 |

TABLA XXXVII

PROMEDIO DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS DEL PUNTO N 9

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 1.99 | 197.03 | 2.47 |
| 12:h00 | 0.00 | 193.07 | 6.43 |
| 14:h00 | 2.99 | 200.50 | 1.98 |
| 16:h00 | 1.99 | 199.01 | 2.97 |
| 18:h00 | 0.00 | 195.05 | 5.94 |

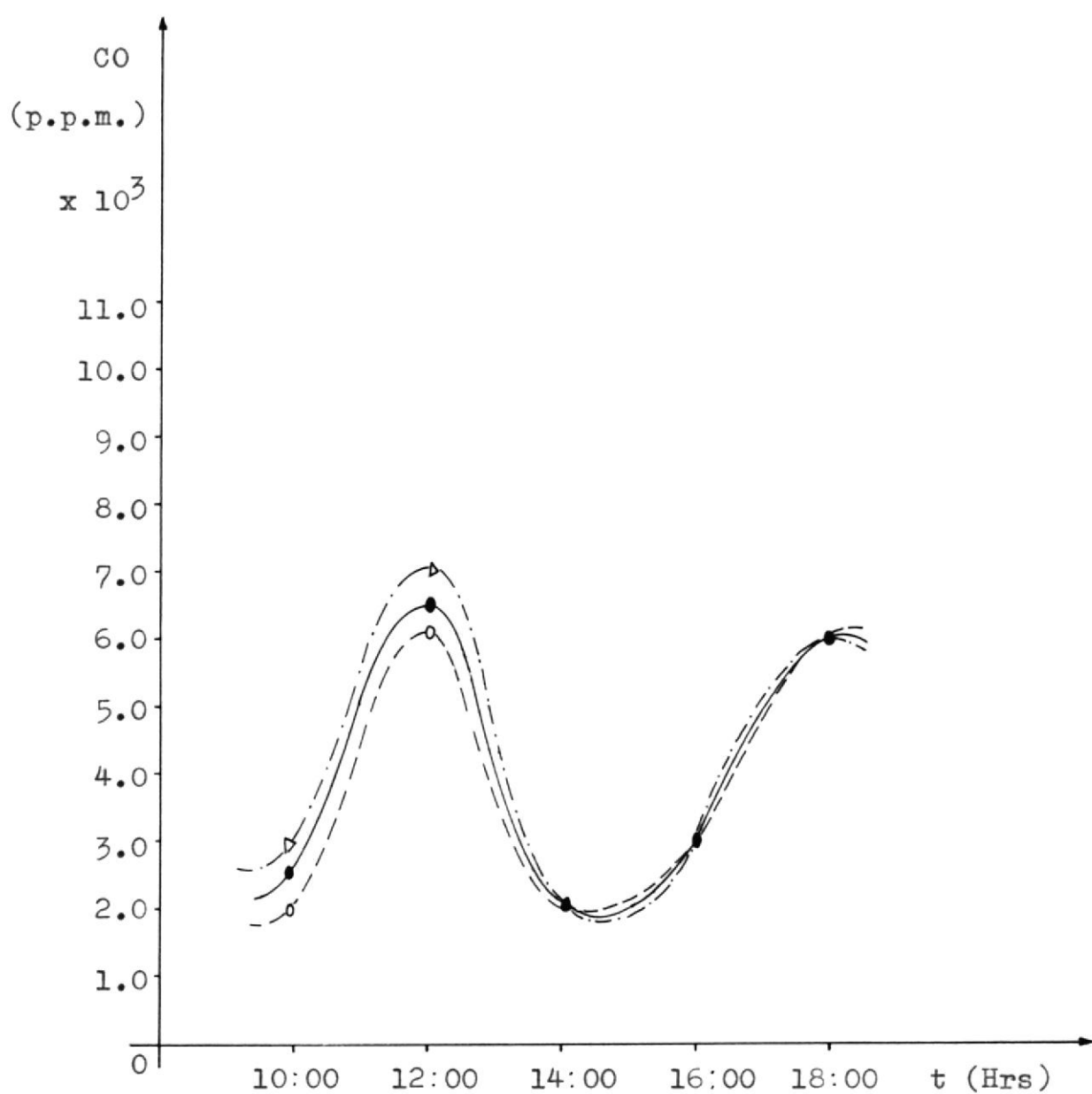


FIGURA N^o 3.28.

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CO PARA EL PUNTO N^o 9

----- primer día

- · - · - · - segundo día

———— promedio

Media Aritmética (μ):

$$\mu = 4.15 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Desviación Normal (σ):

$$\sigma = 1.85 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Error Normal (σ_x):

$$\sigma_x = 0.83 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

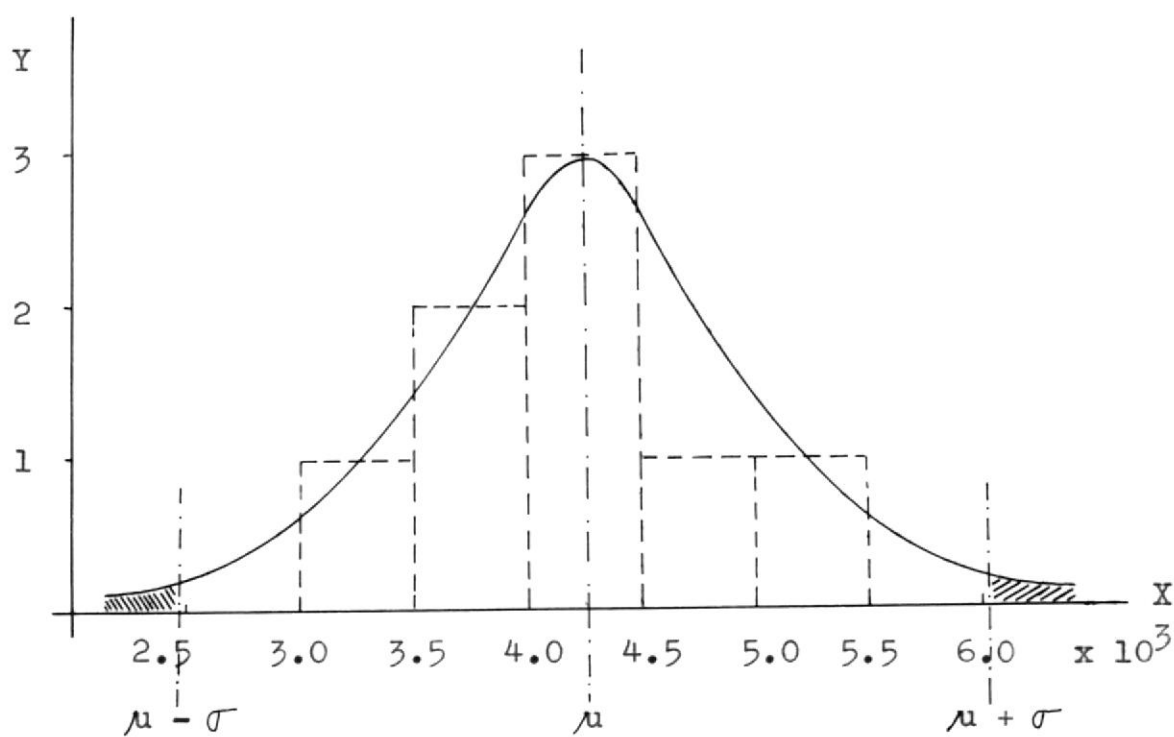


FIGURA N^o 3.30.

HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO
PARA EL PUNTO N^o 9

TABLA XXXVIII

PROMEDIO GENERAL DE TODA LA ZONA DONDE SE REALIZO
EL MUESTREO DURANTE 18 DIAS LABORABLES

| TIEMPO (Horas) | CO ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | O ₂ (p.p.m.) x 10 ³ | CO (p.p.m.) x 10 ³ |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|
| 10:h00 | 2.80 | 197.93 | 2.90 |
| 12:h00 | 1.10 | 194.35 | 7.40 |
| 14:h00 | 3.82 | 200.57 | 1.97 |
| 16:h00 | 2.66 | 197.44 | 3.23 |
| 18:h00 | 0.99 | 195.23 | 6.15 |



1951

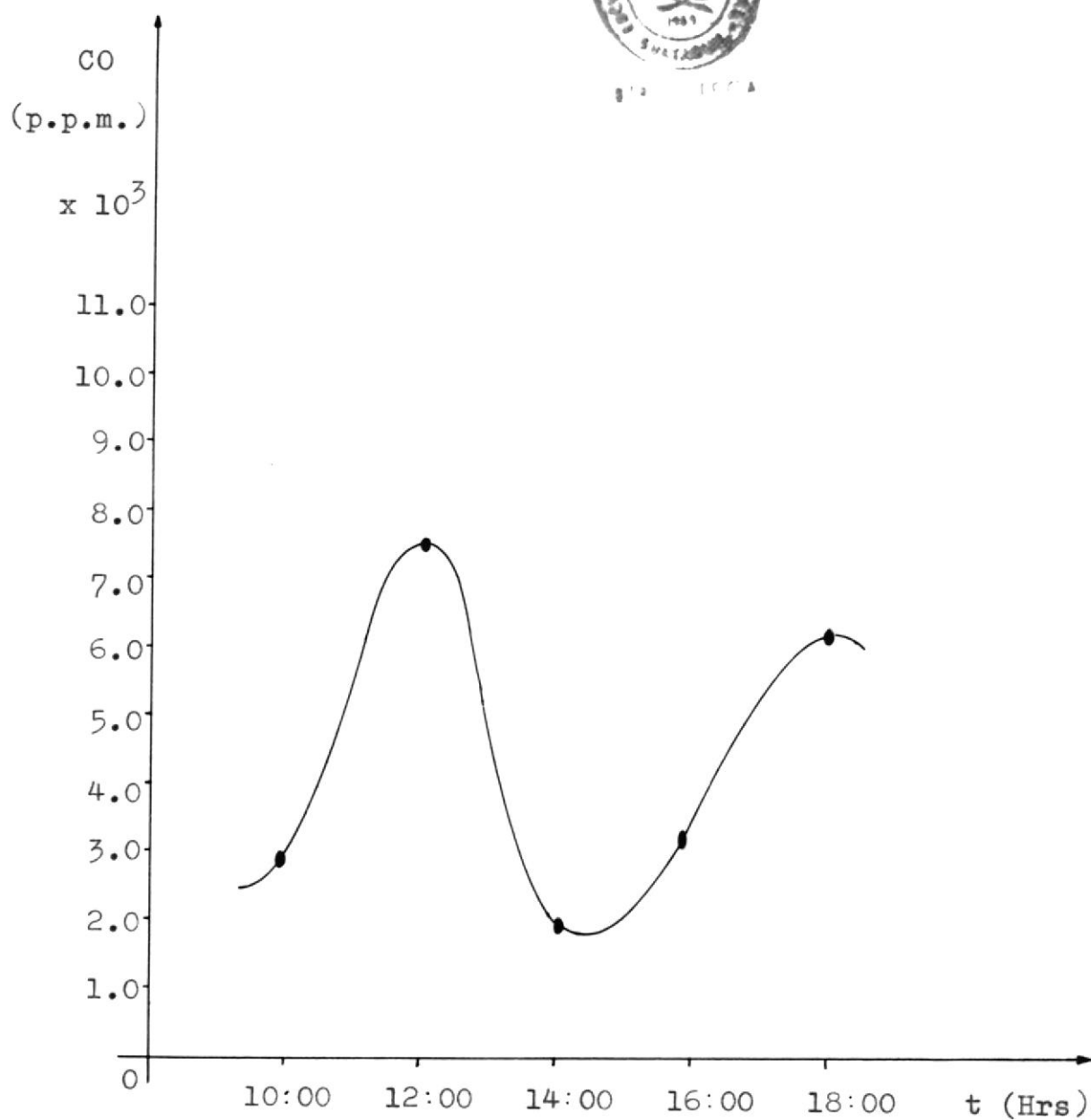
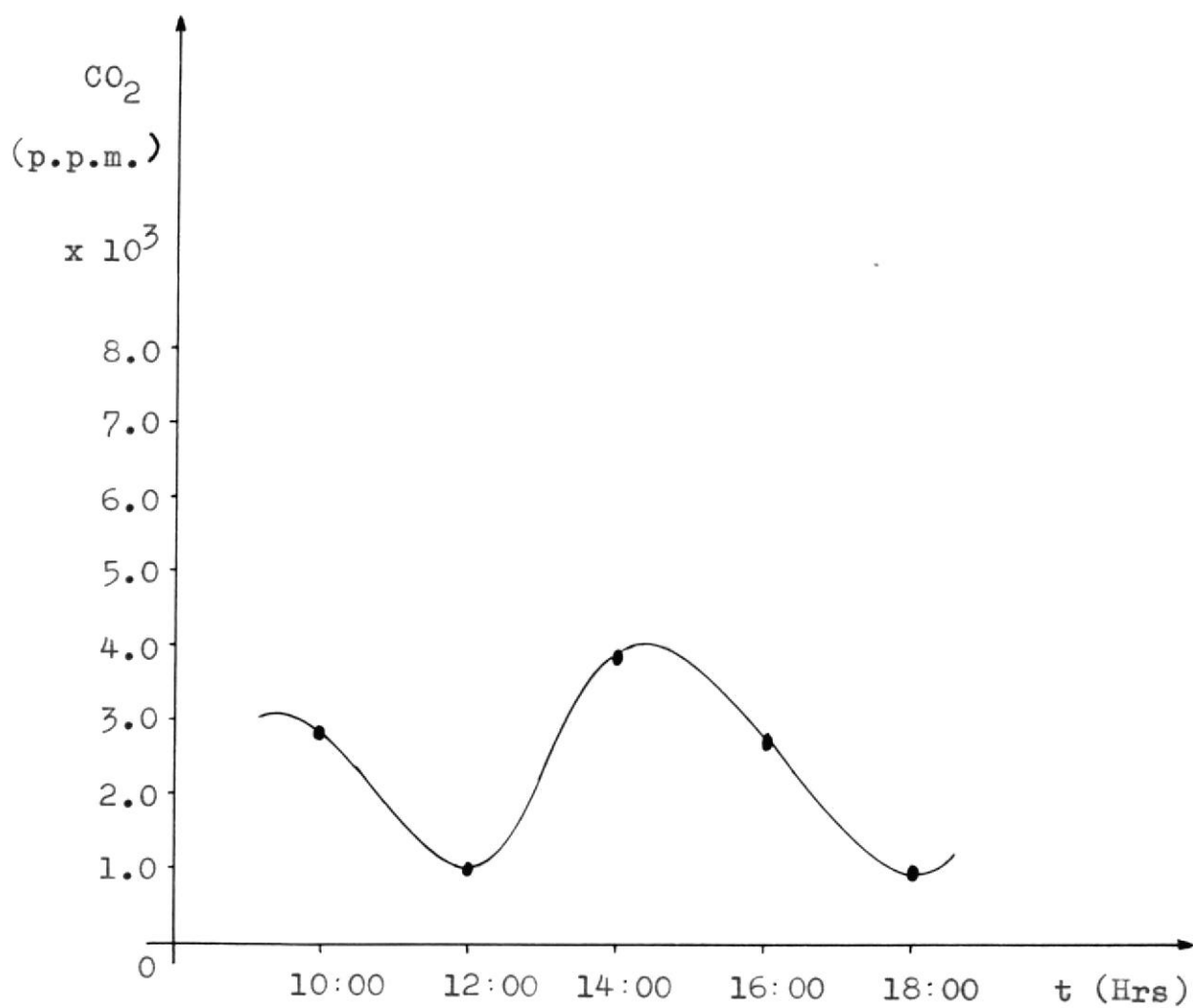


FIGURA N^o 3.31.

REPRESENTACION GRAFICA DEL CO DEL PROMEDIO
GENERAL DE TODA LA ZONA DE MUESTREO



1951

FIGURA N^o 3.32.

REPRESENTACION GRAFICA DEL CO₂ DEL PROMEDIO
GENERAL DE TODA LA ZONA DE MUESTREO

Media Aritmética (μ):

$$\mu = 4.60 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Desviación Normal (σ):

$$\sigma = 2.09 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

Error Normal ($\sigma_{\bar{x}}$):

$$\sigma_{\bar{x}} = 0.93 \times 10^3 \text{ p.p.m.}$$

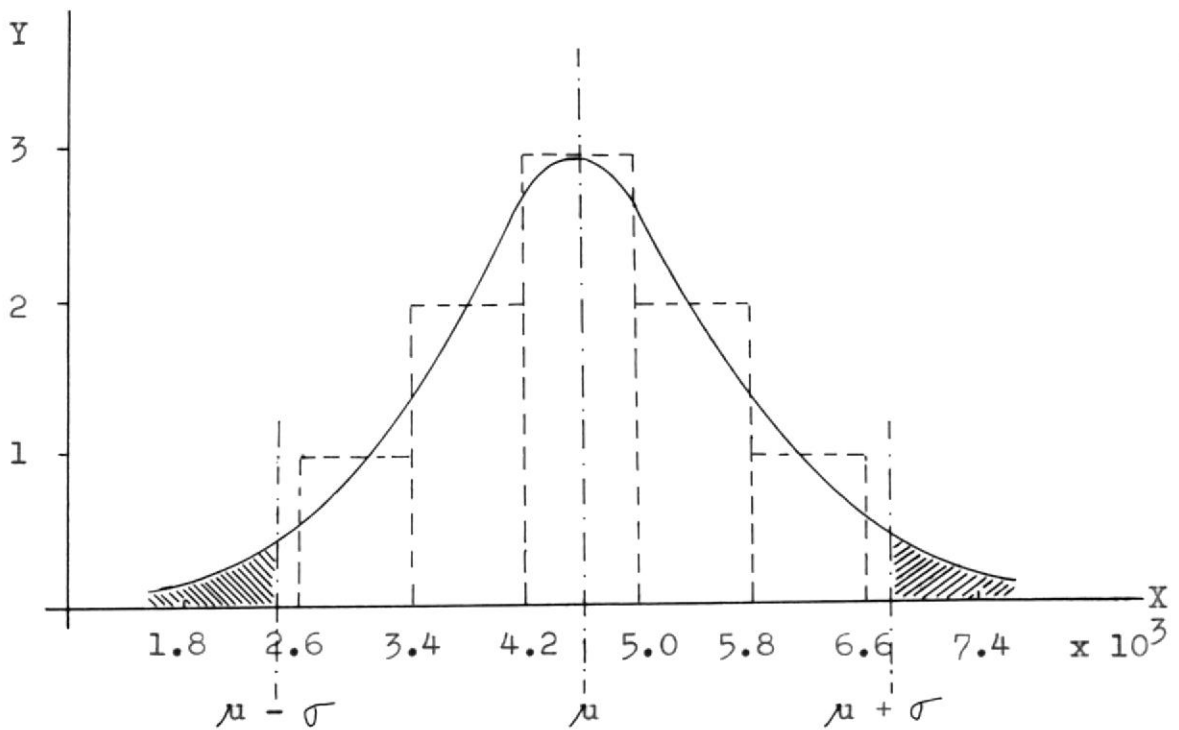


FIGURA N^o 3.33.

HISTOGRAMA Y CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL DEL CO
PARA TODA LA ZONA MUESTREADA

3.5. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Antes de analizar los resultados obtenidos, debemos recordar que las emisiones de contaminantes que se producen en los motores de los diferentes tipos de transporte urbano no siempre ocurren a velocidad constante, ya que estas emisiones pueden ser alteradas debido al carácter aleatorio de los vientos en la atmósfera urbana de la ciudad, lo que hace - que no se produzcan concentraciones medias en el aire.

Los contaminantes más importantes que son producto de las emisiones producidas por los motores que trabajan a gasolina son: el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos (HC) y los compuestos nitrogenados (NOx); pero debido a la falta de equipos más completos y precisos de análisis de gases, solamente hemos medido concentraciones para el CO y por lo tanto será el contaminante objeto de este análisis.

Si observamos los resultados de concentraciones obtenidas nos daremos cuenta que son valores altos y que tienen su explicación en lo siguiente:

Que ha determinadas horas del día, el monóxido de

carbono (CO) experimenta un notable aumento en razón del intenso tránsito motorizado que tiene lugar en la zona muestreada, así como también ocurre en otras zonas de la ciudad.

A estas horas de intenso tráfico, los motores que trabajan a gasolina, que son los que circulan mayormente por la ciudad, debido a la combustión incompleta que se produce dentro de los mismos expulsan grandes cantidades de gases contaminantes a través de sus tubos de escape, reduciendo con ésto la presencia de oxígeno (O_2) en la atmósfera urbana.

Pero lo más fundamental para explicar los valores extremadamente altos de concentraciones halladas para el CO es que las tomas de muestras realizadas fueron instantáneas y comenzadas a tomar desde una altura de 0.5 mts., es decir, desde aproximadamente donde los gases salen al ambiente de los tubos de escape de los vehículos, no permitiendo talvez que las emisiones se difundan rapidamente en la atmósfera.

Además podemos afirmar que las muestras instantáneas fueron tomadas en un período en que los niveles de contaminantes son extremadamente altos (mes de Diciembre, donde existe gran movimiento vehícu-

lar), por lo que no podemos tomar dichos valores como que representen valores a largo plazo o incluso que representen valores promedios anuales.

Por esta razón, debido a los diferentes ciclos de tráfico vehicular que se producen durante todos los días, los valores de concentraciones hallados para el CO con tomas de muestras instantáneas no nos va a reflejar el verdadero valor promedio de nivel de CO al que se encuentran expuestos los habitantes de la ciudad, ya que para esto se necesita realizar tomas de muestras de por lo menos 8 horas continuas y durante 24 meses de muestreo.

En consecuencia, no podemos comparar estos valores con las normas de calidad de aire, pero debido a los valores instantáneos detectados y a la gran cantidad de vehículos con motores a gasolina que existen y circulan en la ciudad de Guayaquil, es lógico afirmar que nuestra atmósfera urbana está siendo contaminada por éste contaminante (CO) y de otros que son producto de otros factores (industrias, quema de basura, etc.) en mayor o menor escala y si no se toman las medidas preventivas necesarias para controlar estas emisiones, dentro de poco tiempo estarán perjudicando seriamente a la salud de las personas, vegetales, materiales, etc.

Además, por estudios realizados se conoce que las emisiones de grandes o pequeñas cantidades de monóxido de carbono (CO) que se puedan formar dependen de la clase de mezcla aire-combustible, así como también de las condiciones de marcha que llevan los vehículos.

Se ha comprobado que para que existan bajas emisiones de gases contaminantes los vehículos deben rodar a bajas velocidades (RPM), ya que se produce una mejor combustión; pero hoy en día en la ciudad circulan vehículos a grandes velocidades (RPM) deduciéndose la gran cantidad de gases que dejan a su paso, contaminando con esto el medio ambiente atmosférico.

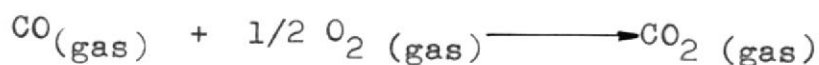
Por otro lado la clase de mezcla aire-combustible que se utilice también influye en las emisiones de gases, así por ejemplo se conoce que si se utiliza una mezcla "rica", es decir, si contiene mucho combustible y poco aire, la cantidad de CO que se forme será enorme.

Entonces, una forma de que los niveles de concentraciones de contaminantes presentes en la atmósfera puedan reducirse, sería mejorando la combus-

ción, esto es, que la mezcla aire-combustible deberá ser algo más rica en aire que la mezcla "estequiométrica".

En lo que se refiere al bióxido de carbono (CO_2), que no es un contaminante de importancia, podría causar efectos negativos en los seres humanos si llegase a determinados niveles; diremos que los valores instantáneos de concentraciones hallados varían de forma inversa a los niveles de CO tal como podemos observar en las diferentes curvas obtenidas.

Por lo que se puede afirmar que a medida que pasan las horas de mayor tránsito motorizado, el CO se va convirtiendo en CO_2 por la presencia del oxígeno (O_2) en la atmósfera urbana, y que se lo puede demostrar mediante la reacción química siguiente:



Finalmente, este estudio nos ha dado la pauta necesaria para conocer que nuestra atmósfera urbana está siendo contaminada por los gases emitidos por los transportes urbanos, por lo que recomienda

mos a instituciones como la ESPOL u otras, que hagan inversiones económicas, en la compra de equipos de toma de muestras y análisis de gases lo suficientemente completos para llevar a cabo lo más pronto posible un estudio detallado sobre "contaminación del aire" de por lo menos 12 meses de muestreo continuo, sacar valores promedios de concentraciones y luego comparar éstos con las normas de calidad vigentes para así afirmar con cierto grado de exactitud la calidad de aire que estamos respirando en la ciudad de Guayaquil.

Ahora bien, para realizar la evaluación estadística hemos graficado los histogramas para cada punto promedio, así como para el promedio general de toda la zona muestreada con su respectiva campana de gauss, considerando que los valores de las muestras de aire siguen una distribución normal.

La evaluación estadística la vamos a hacer para el promedio general de toda la zona mencionada.

La media aritmética es la que más nos ayuda a describir el significado aproximado de una serie de muestras de aire obtenidas experimentalmente.

Así tenemos que los valores de $\mu = 4.60 \times 10^3$ p.p.m., de $\sigma = 2.09 \times 10^3$ p.p.m. de toda la zona promedio y analizando la curva de distribución normal, podemos decir que pocos valores de concentraciones serán mayores que el valor de $\mu + \sigma$, así como pocos serán menores que el valor de $\mu - \sigma$ y que en promedio tendrán la misma media μ , siempre y cuando las muestras de aire que se tomen sean instantáneas.

Por lo tanto, los valores de μ y σ obtenidos de muestras de aire experimentales nos permite afirmar que los valores de concentraciones hallados en todos los puntos de muestreo son reales si tomamos en cuenta que la cantidad de CO en el instante que sale de los tubos de escape de los vehículos a la atmósfera está alrededor del 3.12 %, lo que equivale a 3.12×10^4 p.p.m. aproximadamente.

Es por esta razón que la media μ obtenida de toda la zona muestreada no puede ser comparada con ningún patrón de calidad de aire ambiente.

Por otra parte es importante señalar que la desviación normal σ , está influenciada por el valor -

de cada varianza individual. Como la varianza es igual a la desviación normal elevada al cuadrado - (σ^2) , entonces los valores más extremos a la desviación normal σ tendrán una influencia mayor, que aquellos valores cercanos a la media μ .

Por lo tanto, un valor pequeño de σ significa que los valores de concentraciones de cada muestra están estrechamente agrupados; mientras que valores altos de σ significa que los valores de concentraciones están bastante dispersos entre sí.

La manera más cuantitativa de expresar el grado de dispersión o varianza es calculando el error normal $\sigma_{\bar{x}}$.

El error normal $\sigma_{\bar{x}}$ representa el grado en que la dispersión de los datos (concentraciones) alrededor de la media μ se acercan a la curva de distribución normal.

La medida del error normal $\sigma_{\bar{x}}$ en la toma de muestras de aire depende del hecho de que el 99.7 % de los casos en una distribución normal caen dentro de tres unidades de desviación normal de la media $(\mu \pm 3\sigma)$.

Para nuestro caso, $\sigma_{\bar{x}} = 0.93 \times 10^3$ p.p.m., cae dentro del rango de $(\mu \pm 3\sigma)$, por lo tanto los valores de concentraciones obtenidos de las muestras de aire son reales y además siguen una distribución normal.

Por último, se conoce que cuando valores de concentraciones obtenidos de muestras de aire tomadas al azar están errados o no siguen una distribución normal, se aconseja seguir el siguiente teorema: Si una variable (muestras) posee una distribución con una media (\bar{X}) y error normal $\sigma_{\bar{x}}$, la media basada en el número de las muestras n tendrá una distribución aproximadamente normal con una media μ , siendo mejor la aproximación cuanto mayor sea el valor de $\sqrt{\bar{x}}$.

También podemos recomendar la utilización de los llamados "Modelos de Calidad de Aire", como un me dio por el cual se pueden relacionar las emisiones de contaminantes con las concentraciones de los mismos en el aire.

Los modelos pueden ser físicos o matemáticos:

Los modelos físicos tratan de simular los procesos atmosféricos que afectan a los contaminantes, por medio de una representación a escala reducida del verdadero problema planteado por la contaminación atmosférica.

Estos modelos físicos no son capaces de relacionar las emisiones con la calidad de aire bajo la exten sa gama de condiciones meteorológicas y de fuentes existentes en una determinada zona.

Por lo tanto se recurre a los modelos matemáticos, que son los más apropiados para simular cálculos de concentraciones.

La formulación de un modelo matemático puede hacer se suponiendo un comportamiento estacionario de los contaminantes, o por el contrario uno variable

con el tiempo.

Pueden basarse en un sistema de coordenadas fijas o de manera que proporcionen la variación de las concentraciones en un volumen de aire que se mueve según un régimen de viento medio.

También es necesario realizar un inventario de las fuentes de emisión, que pueden ser:

- Estacionarias (industrias, centrales eléctricas, etc.)
- Móviles (vehículos, aviones, etc.)

Por cada fuente estacionaria se requiere información sobre la cantidad de contaminante emitido en función del nivel de actividad, tales como la cantidad de combustible quemado, cantidad de materia prima utilizada, etc.

Para las fuentes móviles, es necesario conocer el volumen de circulación de vehículos en toda la zona escogida a diferentes horas del día, lo que permitirá calcular el flujo total de contaminantes emitidos por estas fuentes.

La información meteorológica necesaria en la for-

mulación del modelo, consta generalmente de la velocidad y dirección del viento, temperatura, etc.

Una vez que el modelo ha quedado formulado correctamente, éste puede ser utilizado para obtener concentraciones previstas de cada uno de los contaminantes en función del tiempo.

Un tipo de modelo matemático que describe la evolución con el tiempo de las concentraciones, es el "dinámico" cuyo fundamento reside en la resolución de las derivadas parciales de la ecuación de continuidad.

Estos modelos simulan el comportamiento real de los contaminantes en la atmósfera urbana en función del tiempo.

En definitiva, se utiliza un modelo matemático cuando se desea determinar si las concentraciones de contaminantes atmosféricos correspondientes a unas condiciones de emisión prefijadas, alcanzarán los niveles standars de calidad de aire ambiente.

Normalmente son necesarios ciertos datos sobre niveles de calidad de aire para verificar la exactitud del modelo.

A continuación vamos a describir dos modelos matemáticos sencillos que pueden ser útiles para simular cálculos de concentraciones de contaminantes, y que son aplicables a urbes como la nuestra afectadas por la contaminación del aire.

1. Para que un modelo matemático sea eficiente en estudios de planificación urbana debe satisfacer lo siguiente:

- Ser capaz de aceptar distribuciones arbitrarias de las fuentes de emisión, así como velocidades de emisión variables en el espacio y en el tiempo.
- Predecir con cierto grado de exactitud las concentraciones de contaminantes a nivel del suelo.

Como se trata de contaminantes presentes en la atmósfera y que tienen concentraciones del orden de partes por millón, se asume perfectamente que la presencia de los contaminantes no afecta la meteorología de manera detectable.

Por lo tanto, para resolver la ecuación de continuidad se parte de la hipótesis de que las condiciones meteorológicas se mantienen constantes.

La ecuación de continuidad válida para simular el cálculo de concentraciones de contaminantes en el aire viene expresada por :

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} + \frac{\partial U_j C_i}{\partial x_j} = D_i \frac{\partial^2 C_i}{\partial x_j \partial x_j} + R_i(C_1, \dots, C_N, T) + S_i(\bar{x}, t)$$

Donde :

$i = 1, 2, 3, \dots, N$

$N =$ Especies en un fluido.

$C_i =$ Concentración de cada especie.

$U_j =$ Velocidad del fluido.

$D_i =$ Difusividad de la especie i en el fluido.

$R_i =$ Ritmo de producción de la especie i por reacción química (es función de la temperatura T del fluido).

$S_i =$ Ritmo de adición de la especie i en el punto $\bar{x} = (x, y, z)$ en el instante t .

Además se supone lo siguiente :

- La difusión molecular es despreciable en comparación con la difusión turbulenta, por lo tanto :

$$D_i \frac{\partial^2 C_i}{\partial x_j \partial x_j} \ll K_{jj} \frac{\partial C_i}{\partial x_j}$$

- La atmósfera es uniforme :

$$\text{Luego } \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = \text{Constante} = 0$$

- La producción de especies por reacciones químicas es despreciable, esto es :

$$R_i(C_1, \dots, C_N, T) \cong 0$$

Entonces la ecuación queda así ;

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} + U_j \frac{\partial C_i}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} (K_{jj} \frac{\partial C_i}{\partial x_j}) + S_i(\bar{x}, t)$$

Esta ecuación es la llamada de "Difusión Atmosférica", la misma que es aplicable a contaminantes del aire emitidos por diversos tipos de fuentes y bajo diversas condiciones.

El caso más simple para resolver la ecuación anterior, es considerando :

- Una sola componente de la velocidad y los coeficientes de difusión K_{jj} constantes.

$$v = 0, w = 0, K_{zz} = K_{yy} = K_{xx} = K = \text{Constante}$$

Entonces :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K(\bar{x}, t) \frac{\partial C}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[K(\bar{x}, t) \frac{\partial C}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\bar{x}, t) \frac{\partial C}{\partial z} \right]$$

Finalmente :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = K_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2}$$

Esta ecuación nos permite predecir el valor de concentración en un punto situado a una distancia cualquiera en un tiempo t .

Suponiendo una fuente puntual, una solución a ésta ecuación es :

$$C(\bar{x}, t) = \frac{1}{(2\pi)^{3/2} [P_x(t) \cdot P_y(t) \cdot P_z(t)]^{1/2}} \cdot \exp \left\{ -\frac{(x-ut)^2}{2P_x(t)} - \frac{y^2}{2P_y(t)} - \frac{z^2}{2P_z(t)} \right\}$$

Donde :

$$P_x(t) = 2K_x \cdot t ; \quad P_y(t) = 2K_y \cdot t ; \quad P_z(t) = 2K_z \cdot t$$

2. Un modelo matemático apropiado para simular cálculos de concentraciones de contaminantes en zonas industriales es el llamado de "Penacho Gaussiano".

Este modelo parte de la hipótesis de un solo foco - puntual, con parámetros meteorológicos constantes.

Generalmente se supone que el efluente de una fuente continua (chimenea) sigue una distribución normal (Gauss) con relación a la línea central, tanto en la dirección vertical z (medida desde el suelo) como en la dirección perpendicular al viento y .

La base de la suposición consiste en que las distribuciones de las componentes de la velocidad también son casi normales.

Sujeta a una condición de continuidad, la distribución de la concentración estacionaria en cualquier punto x, y, z , viene dada por:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot V} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\}$$

Donde :

H = Altura "efectiva" de la fuente, es decir, la altura de la chimenea más la altura del penacho.

V = Velocidad del viento, que se ha supuesto constante.

Q = Cantidad de contaminante emitida por unidad de tiempo.

σ_y y σ_z son las desviaciones normales de la distribución de concentraciones.

Los valores de σ_y y σ_z pueden ser calculados por las siguientes relaciones:

Para aire estable se sugiere:

$$\sigma_y = 0.15 \sigma_\alpha \cdot X^{0.71}$$

$$\sigma_z = 0.15 \sigma_\theta \cdot X^{0.71}$$

Para aire inestable se sugiere:

$$\sigma_y = 0.045 \sigma_\alpha \cdot X^{0.86}$$

$$\sigma_z = 0.045 \sigma_\theta \cdot X^{0.86}$$

Donde σ_α y σ_θ son las desviaciones normales de las direcciones vertical y horizontal del viento expresadas en grados, cuando las longitudes están en metros.

3.6. INFLUENCIA DE LOS CONTAMINANTES OBTENIDOS SOBRE LA CIUDAD

Los contaminantes analizados y otros que no han sido posible analizarlos por falta de equipos apropiados, están influenciando de una forma u otra sobre la ciudad de Guayaquil.

Al no existir prevención y control sobre los contaminantes emitidos por los transportes urbanos y otros que llegan a la atmósfera urbana procedentes de las zonas industriales, hacen que estos puedan llegar a provocar efectos mediatos e inmediatos, tal como se han dado ya en ciudades de otros países en donde los niveles de concentraciones han alcanzado valores significativos.

Así tenemos, que la contaminación del aire puede ocasionar daños en la salud de los habitantes de la ciudad principalmente.

Entre los diferentes daños que pueden causar tenemos los siguientes:

- Pérdidas constantes de la visibilidad;
- Alteración de importantes funciones fisiológicas-

- en el hombre ;
- Irritaciones sensoriales, etc.

Además, a medida que la contaminación atmosférica va en aumento, también puede ayudar al crecimiento de mortalidad general y a la morbilidad por enfermedades cardiovasculares y bronco respiratorias.

Los contaminantes del aire, especialmente los gases - ácidos, compuestos de azufre, compuestos de nitrógeno, etc., también ocasionan daños directos sobre diversos materiales; y entre los más importantes podemos señalar :

- Pérdida del brillo en los metales;
- Decoloración y ablandamiento en las pinturas;
- Fragilidad y abombamiento del papel;
- Reducción de la tensión de ruptura en fibras textiles;
- Cambios de apariencia superficial en objetos cerámicos, etc.

Y por qué no considerar a la vegetación como otro factor sobre el que influye la contaminación del aire ya que a concentraciones altas de contaminantes, ésta - puede sufrir con el tiempo la destrucción de los pro-

cesos fisiológicos de las plantas, afectando al cre
cimiento, productividad y calidad de las mismas.

Por lo tanto, nuestra ciudad puede estar sujeta a
todos estos factores negativos, que la contamina -
ción del aire pueda ocasionar en el futuro, si no
se toman oportunamente las medidas de control nece-
sarias.

C A P I T U L O I V

PROGRAMAS DE REGLAMENTACION PARA MEJORAR EL CONTROL Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION DEL AIRE EN GUAYAQUIL

4.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La contaminación del aire es una consecuencia del desarrollo demográfico, industrial y del tránsito motorizado de una determinada ciudad.

Aunque el problema de la contaminación del aire - viene de hace miles de años, éste se ha acrecentado en el presente siglo debido al gran desarrollo alcanzado por la urbanización y la tecnología, en los años más recientes.

Por lo que se puede afirmar que toda ciudad que sobrepase los 500,000 habitantes deberá preocuparse del problema de contaminación atmosférica, iniciando lo más tempranamente posible programas de prevencción y control.

Entonces se hace necesario realizar estudios lo - más completos posible sobre el problema, que permi

tan definir su magnitud y causas que la producen - con el objeto de hacerle frente con soluciones directas.

Se deben establecer las aspiraciones, condiciones de los habitantes de la ciudad en estudio, en lo que se refiere a la calidad de aire que se desea - tener para aplicar las estrategias necesarias y hacerlas realidad.

Ante todo esto, se puede adoptar como primera medida en una determinada ciudad afectada por la contaminación atmosférica el inicio de programas de evaluación y control.

4.2. NORMAS O CRITERIOS DE CALIDAD DEL AIRE

El aire es tan importante y prioritario que es el que establece la calidad mínima de una atmósfera - tolerable, y, como consecuencia, las máximas concentraciones admisibles de contaminantes.

Esto justifica entonces que las normas de calidad de aire sean dictadas a nivel local y nacional; y dado que todas deben basarse en criterios de posibles daños a la salud de los seres humanos, combi-

nados con otros, sobre efectos en el bienestar y economía, muchas veces resulta perfectamente aceptable adoptar normas de calidad de aire ya establecidas por otros países, donde el problema de contaminación del aire es ya un hecho y han realizado estudios cuidadosos.

Cabe indicar que toda norma de calidad de aire debe estar complementada con una información de los métodos de medición que se vayan a emplear.

Por el estudio realizado y por los valores de CO - detectados en la atmósfera, la contaminación del aire ha dejado de ser ya un problema sólo para las grandes ciudades industrializadas, sino que hoy se vierte amenazadora sobre urbes como la nuestra haciéndose necesario aplicar normas de calidad de aire que vayan en beneficio del bienestar de vida de los habitantes de la ciudad y del país.

La Jefatura Provincial de Salud del Guayas através del Departamento de Saneamiento Ambiental, ante la necesidad apremiante de implantar reglamentos de calidad de aire, ha elaborado una serie de normas para que se decreten a nivel nacional y entren en vigencia lo más pronto posible.

Debiéndose anotar, que los pasos seguidos para reducir las emisiones que producen los transportes constituyen el primer control a escala nacional de contaminación del aire, que tenga categoría de Ley.

Con el propósito de comparar nuestras normas de calidad de aire (en proyecto de decreto nacional), vamos a anotar las normas que establece la EPA (Environmental Protection Agency) y que actualmente rigen para los EE.UU.

En la tabla XXXIX, se muestran estas comparaciones de normas de calidad de aire de ambos países.

TABLA XXXIX

NORMAS COMPARATIVAS DE CALIDAD DE AIRE

| CONTAMINANTE | ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) | JEFATURA PROVIN- CIAL DE SALUD DEL GUAYAS |
|--|---|---|
| Partículas en suspensión Promedio anual Promedio en 24 horas* | 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Monóxido de carbono: Promedio de 8 horas* Promedio de 1 hora* | 9.0 p.p.m. 35.0 p.p.m. | 9.0 p.p.m. _____ |
| Oxidantes fotoquímicos: Promedio de 1 hora | 0.05 p.p.m. | 0.08 p.p.m. |
| Compuestos de nitrógeno, determinados como NOx: Promedio anual* Promedio de 24 horas* | 0.05 p.p.m. 0.125 p.p.m. | 0.05 p.p.m. _____ |
| Hidrocarburos: Máximo en 3 horas | 0.24 p.p.m. | _____ |

(Continua.....)

Viene.....Tabla XXXIX

| | | |
|--|----------------------------|------------------------------|
| Plomo medido como plomo total: Promedio de 30 días en base a medidas de 24 horas | _____ | 3.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Bióxido de azufre(SO_2): Promedio anual* Promedio de 24 horas | 0.03 p.p.m. 0.16 p.p.m. | _____ _____ |
| Acido sulfúrico(H_2S): Promedio de 24 horas Promedio de 30 minutos | _____ _____ | 0.01 p.p.m. 0.058 p.p.m. |
| Compuestos orgánicos, determinados como propano: Promedio de 3 horas | _____ | 0.24 p.p.m. |

* No debe superarse más de una vez al año.

4.3. PROGRAMAS DE CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

El problema de la contaminación del aire que se está empezando a vivir en nuestra ciudad y en general en todo el territorio nacional, es todavía en menor escala si la comparamos con los que existen en otras ciudades y países del mundo, lo que significa que es tamos a tiempo para poder dar soluciones concretas.

Entonces se hace necesario elaborar programas de reglamentos reales y efectivos, que prevengan y contro len este riesgo que se cierne sobre los habitantes - en general.

Como primera etapa de un programa de control de la contaminación del aire, debe ser una buena evalua - ción del problema que permita conocer su magnitud - real, incluyendo las concentraciones de los contami - nantes, otras características que contribuyan a esta blecer la calidad de aire, tipo y cantidad de conta - minantes, número y ubicación de las fuentes de emi - sión, y otros datos que se estimen necesarios para una definición lo más completa posible.

La etapa de evaluación debe ser la que establezca la seriedad del problema, y determine la necesidad y ur

gencia de los programas de prevención y control, así como la magnitud de los recursos que deban destinárseles.

Los programas de control deben de preferencia proyectarse desde su comienzo como una actividad permanente. Aún cuando los resultados iniciales que se obtengan revelen que el problema es todavía de poca importancia.

Estos programas muchas veces permitirán responder a las quejas habituales de la ciudad y de la prensa, que de vez en cuando inician campañas exigiendo medidas de control.

Si las autoridades competentes conocen su magnitud, estarán en capacidad de demostrar lo que están haciendo y lo que pueda necesitarse en el futuro, demostrará además la tendencia del problema a lo largo del tiempo, señalará el éxito o fracaso de las medidas preventivas que se puedan adoptar y a medida en que los niveles se acerquen a los límites permisibles, la urgencia de adoptar disposiciones más severas.

La única forma de establecer cuantitativamente si

un programa de control está logrando los fines para lo cual se lo ha diseñado, es disponer de un sistema de madiciones que establezca las variaciones reales de las concentraciones con el tiempo.

Sí la contaminación del aire ya está alcanzando niveles que puedan considerarse peligrosos, deberán - incrementarse las mediciones para cubrir en mejor forma el total de la ciudad y señalar con el menor tiempo posible la existencia de esas concentraciones peligrosas.

No se ganaría mucho con detectar esas concentraciones después que han desaparecido y, cuando posiblemente ya han ocasionado daños irreparables.

El análisis del problema debe completarse con una - especie de inventario de las fuentes emisoras existentes en la zona afectada y del total de las emisiones que se están vaciando en la atmósfera por unidad de tiempo.

Esto constituiría el fundamento de todo programa de prevención y control.

No deberían imponerse medidas de control sin esta-



blecerse previamente, la necesidad de hacerlo y lo que se espera obtener al ponerlas en práctica.

Por último, las reglamentaciones sobre programas - de control que se establezcan por parte de los organismos del Estado, que legislan, controlan y - brindan servicios deben dirigirse en forma directa hacia las fuentes de emisiones de acuerdo a la región; y si actúan con rapidez podrán evitar la degradación de ambientes poco contaminados, y lo que es principal, se tratarán a tiempo estos problemas mediante el estudio e investigaciones que se realicen.

4.4. PROGRAMAS QUE DEBEN INVESTIGARSE

Existen muchas razones para proponer programas de investigación sobre contaminación atmosférica que traten de encontrar medidas tanto de carácter técnico como de carácter legislativo y administrativo que vayan a dar soluciones al problema.

Así por ejemplo, un programa que debe investigarse para prevenir la contaminación del aire, es planificar regionalmente a las ciudades, con el fin de evitar las aglomeraciones de empresas industriales

con zonas residenciales cercanas.

Otro programa que debe investigarse y ponerlo en práctica es sobre medicina preventiva, analizando la incidencia que puede tener la contaminación del aire en la aparición de ciertos tipos de enfermedades en el ser humano.

De igual forma se deben investigar programas que traten de reforestar y arborizar la ciudad, porque constituyen un factor gravitante en nuestro ambiente, y ayudan a purificar el aire que respiramos.

Se debe investigar un programa de reglamentación para que sea adaptado a las condiciones de cada ciudad. Debido a que cada ciudad representa un problema diferente y no puede esperarse que la misma norma de calidad de aire dé iguales resultados en dos o más ciudades donde las condiciones atmosféricas pueden ser totalmente diferentes.

C A P I T U L O V

BREVE ANALISIS DE LA CONTAMINACION DEL AIRE EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

5.1. ALTERNATIVAS EN GENERAL

Nuestra ciudad a medida que aumentan las instalaciones de nuevas industrias dentro y fuera de ella, como del incremento automotor, poco a poco se está viendo afectada en su ambiente atmosférico por las enormes cantidades de gases contaminantes que estas fuentes de emisión vierten en él.

No solamente la industria en general y los transportes están afectando a la atmósfera de la ciudad, sino que existe otro factor importante, qué es el de la explosión urbana desordenada que se evidencia cada día más, haciendo con esto más real el problema de contaminación atmosférica.

Al no existir una planificación adecuada en las áreas comerciales, residenciales y de zonas inmedia-

tas, hacen que no se puedan implantar espacios verdes para que el aire urbano tienda a purificarse; ya que realizar cambios sustanciales implicaría costos demasiados elevados.

Por otro lado, no solamente la contaminación atmosférica existente en la zona muestreada está afectando a los habitantes de ésta, sino que existen otras similares en la ciudad y que juntas a las vías que unen a la ciudad con otras del país, y por ser estas muy pocas dan lugar a la formación de grandes aglomeraciones de vehículos, por lo que también se convierten en focos emisores de contaminantes, que en definitiva afectan a todos los habitantes de la ciudad de Guayaquil.

En vista del problema que se nos avecina, se hace necesario tomar medidas de control como alternativas para contrarrestar en parte este problema.

Una de estas sería la de exigir a toda nueva actividad potencialmente emisora, que se desee instalar, un permiso previo, que se debe dar, no sólo antes recomendarles la aplicación de medidas de control adecuadas durante su etapa de instalación, ya que generalmente resultan más económicas.

Por último, es digno de mencionar que en nuestra ciudad no existe organismo alguno que se dedique a controlar la contaminación del aire producida por el transporte urbano, lo que hace que el problema tienda a agudizarse con el tiempo.

5.2. EL CRECIMIENTO VEHICULAR Y SU EFECTO EN EL FUTURO

La ciudad de Guayaquil es en la actualidad la primera en el país en donde circulan la mayor parte can tidad de vehículos por sus calles; sean estos de mo tores que trabajan a gasolina o a diesel y por lo tanto ya comienzan a causar serios problemas especialmente en contaminación atmosférica y por qué no decir también en contaminación de ruido, que es otro problema que tiende a agravarse en el futuro si no se toman medidas de control.

En la tabla XL se demuestra como nuestra ciudad a acusado un crecimiento vehicular a través de los años.

TABLA XL

NUMERO DE VEHICULOS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

| AÑO | NUMERO DE VEHICULOS |
|-------|---------------------|
| 1,977 | 65,000 |
| 1,978 | 75,000 |
| 1,979 | 79,000 |
| 1,980 | 85,300 |
| 1,981 | 90,800 |
| 1,982 | 96,700 |
| 1,983 | 102,900 |
| 1,984 | 109,700 |

(Datos tomados de la Comisión de Tránsito del Guayas)

Debido al incremento anual de vehículos que podemos observar en la tabla anterior, es fácil pensar en los efectos que pueden ocasionar en el futuro en la contaminación del aire, si no se toman las medidas de control necesarias.

Además debemos tener en cuenta, que a la ciudad de Guayaquil llegan diariamente un indeterminado número de vehículos de otras ciudades del país por razones distintas, por lo que es fácil deducir la gran cantidad de gases que dejan a su paso en la atmósfera urbana.

Ante estos peligros que se avecinan con el tiempo, es necesario tomar ciertas medidas, dirigidas especialmente a los vehículos de transporte urbano.

Entre estas medidas podríamos mencionar las siguientes:

- a. Regular bien los motores especialmente los que trabajan a gasolina, con el objeto de que produzcan una buena combustión, evitando con esto la emisión de CO e hidrocarburos en concentraciones mayores.
- b. Que todo vehículo que posea equipos de control cuya finalidad sea la de reducir sus emisiones contaminantes no deben ser alterados.
- c. Los vehículos de transporte colectivo de cualquier clase de motor deben apagarse mientras

estén estacionados en zonas urbanas.

- d. Todos los vehículos que trabajen a gasolina y a diesel que circulen en la zona urbana, solamente deben emitir descargas visibles por espacios no mayores de 5 segundos y 5 minutos respectivamente.
- e. Los vehículos que transportan materiales de construcción deben tapar sus cubiertas con el objeto de evitar el esparcimiento de partículas en el aire.
- f. Todos los vehículos modernos (año 83 en adelante) deben mantener instalados y en buen estado de funcionamiento los equipos de control de contaminantes del aire que son requeridos en sus países de origen.
- g. La Comisión de Tránsito del Guayas, en la revisión de vehículos que realiza anualmente, debe inspeccionar bien sus equipos de control con la finalidad de que las emisiones sean bajas.
- h. Todos los vehículos de motores a gasolina que se encuentren en malas condiciones no deben circu-

lar libremente.

- i. Además se debe evitar en lo posible nuevas instalaciones de fuentes emisivas dentro de la urbe que puedan ocasionar trastornos en la atmósfera urbana.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego del breve estudio realizado sobre el problema de la contaminación del aire debida al transporte urbano en nuestra ciudad, y en general en nuestro país llegamos a las siguientes conclusiones:

1. Que no solamente el transporte urbano contribuye al incremento de la contaminación del aire de la ciudad, sino que el sector industrial y otras actividades que realiza el hombre también están ayudando a agudizar el problema.
2. Que la contaminación del aire afecta de una u otra forma a la salud y bienestar de sus habitantes y por ende a su economía, por lo que se justifica la presencia de una atención urgente.
3. Que el problema de la contaminación del aire, no solo es de carácter local sino que es a nivel nacional en su mayoría, y por lo tanto, es necesario resolverlo solidariamente entre todos, para evitar -

así un estancamiento en el desarrollo tecnológico del país.

4. Que debido al acelerado proceso de urbanización, en el cual no hay política ni planes de ordenamiento territorial, el problema de contaminación del aire tenderá a agravarse en la ciudad de Guayaquil y en otras ciudades del país.
5. Que debido al incremento anual de vehículos en la ciudad, es muy posible que dentro de poco estemos llegando a los límites standard de calidad de aire si no se toman medidas de control.
6. Que en nuestra ciudad y aún en nuestro país no existen organismos que se dediquen a controlar la contaminación del aire que producen todos los transportes motorizados; además, de que tampoco existe personal entrenado en número suficiente para afrontar con éxito el problema de la contaminación del aire.
7. Que toda emisión o descarga de contaminantes del aire es perjudicial en grado relativo, por lo tanto debemos tener presente, que controlar la contaminación del aire conlleva costos elevados.

8. Que las concentraciones de monóxido de carbono (CO) - en la atmósfera urbana tenderán a crecer con el tiempo, mientras no se produzca una buena combustión dentro de los motores de combustión interna, que representan la principal fuente de emisión de este contaminante.

9. Que por la limitación de los equipos usados no fue posible realizar un estudio más amplio, sobre los efectos que está causando el transporte urbano en la contaminación de nuestra atmósfera.

Para contrarrestar en parte la contaminación del aire podemos recomendar lo siguiente:

1. La pronta Legislación a nivel nacional sobre la protección, prevención y control del medio ambiente atmosférico.

2. Crear organismos de Administración de protección atmosférica en cada región del país para que hagan cumplir a satisfacción dicha legislación.

3. Solicitar al IEOS el desarrollo de programas de mediciones suficientes para establecer en parte la magnitud real del problema de contaminación del aire.
4. Difundir en todos los niveles de educación a nivel nacional el problema que trae consigo la contaminación del aire.
5. Iniciar programas de capacitación de personal nacional en todos los niveles (profesional, técnico, etc) con la finalidad de que, a corto plazo presten sus servicios enfrentando los problemas de contaminación del aire en todo el país.
6. A las industrias que se encuentran cerca y dentro del perímetro urbano de la ciudad la pronta instalación de equipos de control de contaminación de aire.
7. Construir más vías de acceso a la ciudad y pasos a desnivel dentro de la misma para que el tránsito vehicular tenga fácil circulación.
8. Utilizar con más frecuencia los vehículos de transporte popular, para permitir que el tráfico sea más ligero y que los habitantes no sufran consecuencias

mayores de las que ya tienen.

9. Establecer políticas y acciones que tiendan a una importante reducción del consumo de derivados de hidrocarburos.
10. Disponer en forma inmediata la eliminación del tetraetil de plomo como antidetonante, reemplazándolo con otras sustancias químicas que sean menos perjudiciales para la salud.
11. La pronta instalación de la procesadora de basura - en la ciudad, ya que los depósitos de basuras municipales también se presentan como grandes focos emisores de contaminantes.
12. Proteger los recursos básicos naturales para la forma de vida, esto es, aire- agua - suelo y darles - una correcta utilización.
13. Impulsar el desarrollo de fuentes de energía renovables tales como la energía solar, eólica, geotérmica, biogas, etc., que de una forma u otra tiendan a reducir el consumo de derivados de hidrocarburos.
14. Solicitar al Gobierno la inclusión dentro del presu

puesto del Estado de las partidas necesarias para ejecutar en forma planificada las actividades de evaluación, prevención y control de la contaminación del aire.

15. Finalmente, La Escuela Superior Politécnica Del Litoral (ESPOL) debe continuar éstos trabajos sobre contaminación del aire, lo que va a ir en beneficio de la comunidad.

A P E N D I C E S

APENDICE A

UTILIZACION DE LOS "FACTORES DE EMISION" PARA DETERMINAR LA CANTIDAD APROXIMADA DE CONTAMINANTES DEL AIRE PROCEDENTES DE LAS INDUSTRIAS.

Las emisiones de contaminantes que producen los transportes de tipo urbano no solamente son las causantes de la contaminación del aire de la ciudad, sino que también el sector industrial está contribuyendo a agravar el problema.

Por lo tanto, deben realizarse estudios sobre contaminación atmosférica producida por las industrias específicamente, y poder establecer la cantidad de contaminantes del aire que emite cada fuente.

Evidentemente, esto es una tarea demasiado compleja, pero pueden simplificarse considerablemente en base a experiencias recogidas por ciudades de otros países que ya la han ejecutado.

Para cuantificar las emisiones no será necesario reali -

zar mediciones en cada fuente; sino que se pueden emplear los llamados "factores de emisión", valores que nos pueden indicar la cantidad de contaminantes emitidos en función de la cantidad de materia prima utilizada, de su composición, de la clase y cantidad de combustible que utilizan, o de algún parámetro fácil de establecer.

Como los "factores de emisión" no pueden ser iguales para todas las industrias, es lógico esperar variaciones, sin embargo permiten una buena aproximación.

En las siguientes tablas se dan algunos "factores de emisión"(1) que serán de mucha utilidad para los fines anotados.

(1) Tomados de una publicación de la Environmental - Protection Agency, EE.UU.

TABLA A.1

FACTORES DE EMISION PARA PETROLEO COMBUSTIBLE (FUEL - OIL)

| COMPUESTO | Kgs/1,000Lts. | Lbs/1,000 Gal. |
|--------------------|---------------|----------------|
| Hidrocarburos | 0.10 | 0.81 |
| Aldehídos | 0.072 | 0.60 |
| Otros gases orgán. | 0.33 | 2.62 |
| NO _x | 15.0 | 119.0 |
| Oxidos de azufre | 1900.0(1)S | 15200.0 S |
| CO | 0.005 | 0.043 |
| CO ₂ | 2980.0 | 23800.0 |
| Partículas | 2.63 | 21.0 |

(1) S= contenido de azufre en Kgs o Lbs según unidad.

TABLA A.2

FACTORES DE EMISION PARA INDUSTRIA DE FUNDICION DE
METALES

(Kgs. emitidos por una planta que funde 100 Ton./día)

| COMPUESTO | FUND.NO-FERREA | FUND.DE HIERRO |
|--|----------------|----------------|
| SO ₂ | 80.0 | 230.0 |
| SO ₃ | 4.0 | 11.5 |
| H ₂ S | 4.0 | 11.5 |
| NO _x , como NO ₂ | 28.0 | 46.0 |
| HCN | 4.0 | 11.5 |
| NH ₃ | 4.0 | 11.5 |
| HCL | 4.0 | 11.5 |
| HCHO | 4.0 | 11.5 |
| Acidos (CH ₃ COOH) | 60.0 | 170.0 |
| Product. orgánicos | 20.0 | 115.0 |
| Fluoruros, como F | — | 2.5 |
| Sólidos | 2000.0 | 5740.0 |

TABLA A.3

FACTORES DE EMISION PARA COMBUSTION DE CARBON BITUMINOSO

(Kgs. de contaminante por Kgs. de carbón quemado)

| COMPUESTO | USO INDUSTRIAL | USO DOMESTICO |
|-------------------------|----------------|---------------|
| Oxidos de azufre | 1.94 (1) S | 1.84 (1) S |
| H ₂ S | 0.004 (1) S | 0.004(1) S |
| NOx | 0.01 | 0.0002 |
| Fluoruros | 0.0002 | 0.0002 |
| Hidrocarburos | 0.01 | 0.01 |
| CO ₂ | 3.66 (2) C | 3.66 (2) C |
| Partículas : | | |
| Carbón pulverizado | 0.75 | — |
| Hogares de carga manual | — | 0.012 |
| Hogares de carga autom. | — | 0.006 |
| Estufas manuales | — | 0.027 |
| Hogares de ciclón | 0.15 (3) Cz | — |

(1) S = Contenido de azufre en Kg.

(2) C = Contenido de carbono en Kg.

(3) Cz = Contenido de cenizas en Kg.

TABLA A.4

FACTORES DE EMISION DE UNA FABRICA DE CEMENTO QUE PRODUCE 700 TONELADAS POR DIA CON 50 % DE CONTROL DE LA EMISION DE SOLIDOS.

| COMPUESTO | TONELADAS/DIA |
|--|---------------|
| SO ₂ | 3.7 |
| SO ₃ | 0.19 |
| H ₂ S | 0.19 |
| NO _x , como NO ₂ | 1.3 |
| HCN | 0.19 |
| NH ₃ | 0.19 |
| HCL | 0.19 |
| HCHO | 0.19 |
| Productos orgánicos | 0.92 |
| Acidos, como CH ₃ COOH | 2.77 |
| Sólidos | 100.0 |

TABLA A.5

FACTORES DE EMISION PARA INCINERACION DE BASURAS

(Kgs. por tonelada métrica)

| COMPUESTO | FUEGO ABIERTO E INCINERADO- RES DOMESTIC. | INCINERADORES MU- NICIPALES Y COMER- CIALES |
|-------------------------------|---|---|
| CO ₂ | 2000.0 | DNC |
| CO | 20.0 | DNC |
| Hidrocarburos | 3.0 | DNC |
| Aldehídos | 5.0 | DNC |
| HCHO | DNC | 0.55 |
| Acidos (CH ₃ COOH) | DNC | 0.30 |
| Otros gases org. | 4.0 | 0.70 |
| Amoniaco | DNC | 0.15 |
| NOx | 2.0 | 1.05 |
| SO ₂ | 1.5 | 0.95 |
| Partículas | 11.0 | 11.50 |

DNC = Dato no consignado.

TABLA A.6

FACTORES DE EMISION PARA CAMIONES DIESEL
(Según consumo de petróleo diesel)

| COMPUESTO | Kgs./1,000 ltrs. | Ton./1,000 BBL |
|-----------------------|------------------|----------------|
| Hidr. (C_6H_{14}) | 29.4 | 3.86 |
| Acidos(CH_3COOH) | 6.3 | 0.83 |
| Aldehd.(HCHO) | 1.6 | 0.21 |
| NOx, como NO_2 | 16.7 | 2.19 |
| SO_2 | 7.1 | 0.93 |
| Partículas | 17.7 | 2.33 |

TABLA A.7

FACTORES DE EMISION DURANTE LA MANIPULACION DE GASOLINA
(Gasolina evaporada)

| COMPUESTO | Kgs./1,000 Lts | Ton./1,000 Gl. |
|---|----------------|----------------|
| Distribución | 1.82 | 0.76 |
| Llenado de estanque de automóviles | 1.18 | 0.49 |
| Llenado de estanque de gasolineras | 1.39 | 0.58 |
| Evaporación del estanque y carburador de automóviles. | 8.09 | 3.37 |

APENDICE B

REACCIONES DEL NO_x Y CO EN PRESENCIA DEL AIRE

Resulta con bastante frecuencia que los contaminantes - del aire más irritantes y nocivos no son los que se emiten de las fuentes en forma directa , sino más bien de aquellos que se forman en la atmósfera por reacciones químicas.

La mayoría del NO_x producido por la combustión pertenece al NO, tendiendo a oxidarse a NO₂ una gran cantidad debido a la temperatura de los gases de escape de los vehículos.

El NO₂ absorbe importantes cantidades de radiación en longitudes de onda de la baja atmósfera, mientras que el NO y el CO absorben poca radiación.

Las reacciones más importantes entre el NO, NO₂, y el aire en presencia de la luz solar están tabuladas en la tabla B.1 .

TABLA B.1

REACCIONES MAS IMPORTANTES DEL NO_x EN PRESENCIA DE LA LUZ

| NUMERO | R E A C C I O N |
|--------|--|
| 1 | $\text{NO}_2 + h \longrightarrow \text{NO} + \text{O}$ |
| 2 | $\text{O} + \text{O}_2 + \text{M} \longrightarrow \text{O}_3 + \text{M}$ |
| 3 | $\text{O}_3 + \text{NO} \longrightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$ |
| 4 | $\text{O} + \text{NO}_2 \longrightarrow \text{NO} + \text{O}_2$ |
| 5 | $\text{O} + \text{NO}_2 + \text{M} \longrightarrow \text{NO}_3 + \text{M}$ |
| 6 | $\text{NO}_3 + \text{NO} \longrightarrow 2\text{NO}_2$ |
| 7 | $\text{O} + \text{NO} + \text{M} \longrightarrow \text{NO}_2 + \text{M}$ |
| 8 | $2\text{NO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}_2$ |
| 9 | $\text{NO}_3 + \text{NO}_2 \longrightarrow \text{N}_2\text{O}_5$ |
| 10 | $\text{N}_2\text{O}_5 \longrightarrow \text{NO}_3 + \text{NO}_2$ |
| 11 | $\text{NO}_2 + \text{O}_3 \longrightarrow \text{NO}_3 + \text{O}_2$ |
| 12 | $\text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{HNO}_3$ |

Una de las características de la atmósfera urbana que contiene óxidos de nitrógeno es la formación del ozono en grandes cantidades.

El ozono que resulta de la fotólisis del NO_2 , por las reacciones (1) y (2) es destruido por la presencia del NO en la reacción (3).

Si el NO_2 y O_3 tienen concentraciones elevadas se efectúa la reacción (11), luego con la reacción (6) se vuelve a producir NO_2 , una vez que el NO_2 halla sobrepasado su máxima concentración, el NO_3 reacciona con el NO_2 causando posiblemente una reacción de equilibrio (9), y el resultado de ésta se hidroliza en agua para formar ácido nítrico (12).

B I B L I O G R A F I A

1. CRAWFOR, D., Air Pollution Control Theory. New York, McGraw Hill, 1,976 .
2. CASSIS M, R., El Peligro de la Contaminación Ambiental. Guayaquil, Talleres ESPOL, 1,985 .
3. DE LORA SORIA, F., Técnicas de Defensa del Medio Ambiente. Barcelona, Editorial Labor S.A., 1,980 .
4. DEININGER, ROLF A., Models for Environmental Pollution Control., Michigan, Ann Arbor Science, Publishers Inc, 1,973
5. CHANLETT, EMIL T., La Protección del Medio Ambiente, Madrid, 1,976 .
6. FUNDACION NATURA, Diagnóstico del Medio Ambiente. Quito, 1,980 .
7. HADDAD, RICARDO., Contaminación del Aire; Situación Actual en la América Latina. Mexico, Simposio sobre Medio Ambiente. 1,974 .
8. HESKETH, HOWARD E., Air Pollution Control. Ann Arbor Science, 1,979 .

9. ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD., Red Panamericana de Muestreo de la Contaminación del Aire. Informe preliminar. Lima, 1,974 .
10. ROSS, R.D., La Industria y la Contaminación del Aire. Mexico, Editorial Diana, 1,974 .
11. SEINFEL, JOHN H., Contaminación Atmosférica; Fundamentos Físicos y Químicos. Madrid, Instituto de Estudios de Administración Laboral, 1,978 .
12. STROBBE, MAURICE A., Origenes y Control de la Contaminación Ambiental. Mexico, Compañía Editorial Continental S.A., 1,973 .
13. U.S.A. The Industrial Environment It's Evaluation & Control. New York, National Institute for occupational safety and Health. 1,973 .
14. WARNER, PETER O., Análisis de los Contaminantes del Aire. Madrid, Paraninfo S.A. 1,981 .