

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSTGRADO



MAESTRÍA EN CIENCIAS

MENCIÓN: PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO

LÍNEA: DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE

TESIS

DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIONES DE MONÓXIDO
DE CARBONO (CO) EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO DE
SANTA TERESITA DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

Presentada por:
Socorro del Pilar Rudas Gallardo

Asesor:
Blgo. M.Cs. David Lara Ascorbe

Cajamarca, Perú

2013

COPYRIGHT © 2013 by
Socorro del Pilar Rudas Gallardo
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSTGRADO



MAESTRÍA EN CIENCIAS

MENCIÓN: PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO

LÍNEA: DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE

TESIS APROBADA:

DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIONES DE MONÓXIDO
DE CARBONO (CO) EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO DE
SANTA TERESITA DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA

Para optar el Grado Académico de
MAESTRO EN CIENCIAS

Presentada por:
Socorro del Pilar Rudas Gallardo

Comité Científico

Dr. Juan Chávez Rabanal
Presidente del Comité

Dr. Nilton Eduardo, Deza Arroyo
Primer Miembro Titular

Dra. Consuelo Plasencia Alvarado
Segundo Miembro Titular

Blgo. M.Cs. David Lara Ascorbe
Asesor

Cajamarca, 5 marzo 2013

A:

A Dios por permitirme vivir para cumplir mis sueños

A mis padres, por demostrarme tanto amor

A Linda Guadalupe, mi hija, para que continúe con este trabajo.

A mis ahijados: Alex David, Wílder Fernando y Nayely Mercedes, para que sigan siempre adelante, son mi esperanza.

A mis hermanos: Héctor, César, Wálter, Cruz Rafael, Rita Andrea y a la memoria de Wílder, Flor de María y Alex David.

Para que respeten la Tierra, cuéntales que la Tierra contiene las almas de nuestros antepasados. Enseñad a vuestros hijos lo que nosotros enseñamos a los nuestros: que la Tierra es nuestra madre. Lo que acontece a la Tierra, les acontece también a los hijos de la Tierra. Cuando los hombres escupen a la Tierra, están escupiendo a sí mismos. Pues, nosotros sabemos que la Tierra no pertenece a los hombres, que los hombres pertenecen a la Tierra.

- Ambrose Bierce

CONTENIDO

Ítem	Página
AGRADECIMIENTO	iv
LISTA DE ILUSTRACIONES	x
LISTA DE ABREVIACIONES	xiii
GLOSARIO	xv
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. El problema	3
1.1.1. Descripción problemática	3
1.2. Formulación del problema	4
1.3. Justificación	5
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	6
1.5. Hipótesis de investigación	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema	7
2.2. Contaminantes atmosféricos	9
2.3. Fuentes de contaminación	9
2.3.1. Fuentes naturales	9
2.3.2. Fuentes antropogénicas	9
2.4. Clasificación de los contaminantes	10
2.4.1. Contaminantes primarios	10
2.4.2. Contaminantes secundarios	11
2.4.3. Contaminante de referencia	11
2.5. Contaminación con monóxido de carbono (CO)	12
2.5.1. Origen del monóxido de carbono (CO)	12
2.5.2. Efectos en la salud del monóxido de carbono (CO)	13
2.5.3. Medidas de control de monóxido de carbono (CO)	16
2.6. Influencia climática en el monóxido de carbono (CO)	18
2.6.1. Condiciones atmosféricas en el distrito de Cajamarca	19
2.7. Relación entre inversión térmica y monóxido de carbono (CO)	20
2.8. Parque automotor en Cajamarca	21
2.8.1. Inventario de fuentes móviles en el distrito de Cajamarca	23
2.8.2. Emisiones de monóxido de carbono (CO) por fuentes móviles	24
2.8.3. Emisiones de monóxido de carbono (CO) por fuentes fijas	25
2.8.4. Antigüedad del parque automotor	29

CAPÍTULO III

DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

3.1. Variable de estudio	31
3.1.1. Variable	31
3.1.2. Indicador	31
3.2. Operacionalización de variables	31
3.3. Metodología	32
3.3.1. Tipo de estudio	32
3.4. Localización	32
3.5. Población y muestra	33
3.5.1. Población	33
3.5.2. Muestra	33
3.5.3. Diseño de investigación	33
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	34
3.6.1. Análisis estadístico	34
3.7. Diseño de la red	35
3.8. Red de monitoreo	37
3.9. Equipo de medición de monóxido de carbono (CO)	37
3.9.1. Cronograma de monitoreo	38

CAPÍTULO IV
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Resultados	39
4.1.1. Niveles de monóxido de carbono (CO)	39
a. Mes: febrero	39
b. Mes: marzo	42
c. Mes: abril	44
d. Mes: mayo	47
e. Mes: julio	50
4.1.2. Síntesis de promedios máximos de monóxido de carbono (CO)	52
4.1.3. Variación mínima de CO, según las horas del día	53
4.1.4. Relación de concentración de monóxido de carbono (CO) con la temperatura y el viento 2010	54
4.1.5. Contrastación de la hipótesis	54
4.2. Discusión	56

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
LISTA DE REFERENCIAS	61

ANEXOS	65
Anexo 1. Medición de monóxido de carbono (CO) mes: febrero	66
Anexo 2. Medición de monóxido de carbono (CO) mes: marzo	67
Anexo 3. Medición de monóxido de carbono (CO) mes: abril	68
Anexo 4. Medición de monóxido de carbono (CO) mes: mayo	69
Anexo 5 y 6. Medición de monóxido de carbono (CO) mes: julio	70
Anexo 7. Temperatura y viento. Estación Augusto Weberbauer febrero- 2010	72
Anexo 8. Temperatura y viento. Estación Augusto Weberbauer marzo- 2010	73
Anexo 9. Temperatura y viento. Estación Augusto Weberbauer abril- 2010	74
Anexo 10. Temperatura y viento. Estación Augusto Weberbauer mayo- 2010	75
Anexo 11. Temperatura y viento. Estación Augusto Weberbauer julio- 2010	76
Anexo 12. Estación de monitoreo E-ST “Santa Teresita”	77
Anexo 13. Mapa de ubicación estación de monitoreo (ES-T)	78
Anexo 14. Plano de estación de monitoreo (E- ST)	79

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figuras	Páginas
Figura 1. Variación promedio temperaturas y viento 2010	19
Figura 2. Porcentaje de medición de gases vehículos a gasolina	27
Figura 3. Parque automotor de Cajamarca- La Recoleta	30
Figura 4. Red de muestreo. Intersección I.E. Santa Teresita	36
Figura 5. Niveles de concentración de CO. Febrero (Por hora)	40
Figura 6. Niveles de concentración de CO. Febrero (Promedio móvil 8 horas)	41
Figura 7. Niveles de concentración CO. Marzo (Por hora)	42
Figura 8. Niveles de concentración CO. Marzo (Promedio móvil 8 horas)	43
Figura 9. Niveles de concentración CO. Abril (Por minuto)	44
Figura 10. Niveles de concentración CO. Abril (Por hora)	45
Figura 11. Niveles de concentración CO. Abril (Promedio móvil 8 horas)	46
Figura 12. Niveles de concentración CO. Mayo (Por minuto)	47
Figura 13. Niveles de concentración CO. Mayo (Por hora)	48
Figura 14. Niveles de concentración CO. Mayo (Promedio móvil 8 horas)	49
Figura 15. Niveles de concentración CO. Julio (Por hora)	50
Figura 16. Niveles de concentración CO. Julio (Promedio móvil 8 horas)	51
Figura 17. Síntesis de promedios máximos de monóxido de carbono (CO)	52
Figura 18. Variación mínima de concentración de CO según horas del día	53
Figura 19. Relación de CO con la temperatura y el viento	54
Figura 20. Institución Educativa “Santa Teresita”	77
Figura 21. Estación meteorológica de la calidad del aire y ruido	77
Figura 22. Estufa	77
Figura 23. Equipo analizador de gas. Monóxido de carbono (CO)	77
Figura 24. Mapa de ubicación. Estación de monitoreo E-ST	78
Figura 25. Plano de estación de monitoreo	79

Tablas

Tabla 1. Características de los contaminantes	11
Tabla 2. Intoxicación con monóxido de carbono (CO)	15
Tabla 3. Control de contaminación de fuentes móviles	17
Tabla 4. Datos meteorológicos -2010	19
Tabla 5. Categoría y distribución vehicular en la ciudad de Cajamarca	21
Tabla 6. Antigüedad del parque automotor por año de fabricación.	21
Tabla 7. Combustible del parque automotor	22
Tabla 8. Tipo de uso del parque automotor	23
Tabla 9. Inventario de fuentes móviles generales 2009	23
Tabla 10. Inventario de emisiones del aire por fuentes móviles	24
Tabla 11. Cuenca de Cajamarca por distrito	26
Tabla 12. Medición de gases punto “ <i>La Recoleta</i> ”	27
Tabla 13. Límites Máximos Permisibles para vehículos	29
Tabla 14. Nivel de opacidad para vehículos en circulación a nivel nacional	29
Tabla 15. Operacionalización de variables	31
Tabla 16. Población y muestra del monóxido de carbono (CO)	33
Tabla 17. Instrumentos para recolección monóxido de carbono (CO)	34
Tabla 18. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire	35
Tabla 19. Cronograma de monitoreo de monóxido de carbono (CO)	38
Tabla 20. Medición de monóxido de carbono (CO) febrero	66
Tabla 21. Medición de monóxido de carbono (CO) marzo	67
Tabla 22. Medición de monóxido de carbono (CO) abril	68
Tabla 23. Medición de monóxido de carbono (CO) mayo	69
Tabla 24. Medición de monóxido de carbono (CO) julio	70
Tabla 25. Medición de monóxido de carbono (CO) julio	71

Tabla 26. Temperatura y viento febrero - 2010	72
Tabla 27. Temperatura y viento marzo - 2010	73
Tabla 28. Temperatura y viento abril - 2010	74
Tabla 29. Temperatura y viento mayo - 2010	75
Tabla 30. Temperatura y viento julio - 2010	76

LISTA DE ABREVIACIONES

ATSDR:	Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades.
CO:	Monóxido de carbono.
CO₂:	Dióxido de carbono.
CONAM:	Consejo Nacional del Ambiente.
DIGESA:	Dirección General de Salud Ambiental.
ECA:	Estándar de Calidad Ambiental.
EIA:	Evaluación del Impacto Ambiental.
E-ST:	Estación Santa Teresita.
GEI:	Gases de Efecto Invernadero.
GLP:	Gas Licuado de Petróleo.
INDECOPI:	Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y Propiedad Intelectual.
LMPs:	Límites máximos permisibles.
MINAM:	Ministerio del Ambiente.
MPC:	Municipalidad Provincial de Cajamarca.
MPs:	Material Particulado.
NO:	Óxido de nitrógeno.
NO₂:	Dióxido de nitrógeno.
O₃:	Ozono.
OEA:	Organización de los Estados Americanos.
OMS:	Organización Mundial de la Salud.
ONU:	Organización de las Naciones Unidas.

- OPS:** Organismo especializado de salud del sistema interamericano.
- PCM:** Presidencia del Consejo de Ministros.
- PM-10:** Partículas gruesas producto de la combustión no controlada, que permanecen en el aire por minutos, horas, pueden viajar desde 91,4 metros hasta 48,3 kilómetros.
- PM-2,5:** Partículas ácidas en suspensión, que contienen hollín y otros derivados de las emisiones vehiculares, se alojan en bronquios, bronquiolos, alvéolos y luego a la sangre, pueden permanecer en el aire por días o semanas.
- PM-0,1:** Son partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico de hasta 0,1µm denominadas partículas ultrafinas o fracción ultrafina.
- ppm:** Partes por millón.
- SENAMHI:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- SENATI:** Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial.
- SGA:** Sistema de Gestión Ambiental.
- SO₂ :** Dióxido de azufre.
- SPM:** Partículas en suspensión de origen humano o natural.
- µg/m³:** Microgramos por metro cúbico.
- UNESCO:** Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y Cultura.
- US-EPA:** Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de Norte América.

GLOSARIO

Aerosoles. Es una suspensión en el aire de partículas finas líquidas o sólidas. Se dividen en aerosoles primarios y secundarios. Los primarios son partículas relativamente estables que se emite directamente a la atmósfera.

Atomización. Para cada elemento existe la temperatura óptima, la cual se toma como base del programa.

Calcinación. Es el proceso de calentar una sustancia a temperatura elevada, para provocar la descomposición térmica o un cambio de estado en su constitución física o química.

Calidad del aire. Es una indicación de cuanto el aire esté exento de polución atmosférica, y por lo tanto apto para ser respirado.

Calidad Ambiental. Grado actual o estado previsible de algún componente básico permite que el medio ambiente desempeñe adecuadamente sus funciones de sistema que rige y condiciona las posibilidades de vida en la Tierra.

Cenizas volantes. Partículas finas no combustibles que provienen de la combustión del carbón. Su tamaño oscila entre 1 y 1 000 μm . En sus componentes se encuentran sustancias inorgánicas de metales, óxidos de silicio, aluminio, fierro y calcio.

Clorofluorocarbonos (CFC). Gases inertes, sustancias de origen antrópico responsables, del efecto invernadero.

Combustión imperfecta. Tipo de combustión que se da en vehículos automotores, donde el hidrógeno y el carbono del combustible con impurezas se combinan en incorrecta proporción entre el combustible y el aire, produciendo, monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, cenizas finas e hidrocarburos no quemados.

Combustión perfecta. Tipo de combustión que se da en vehículos automotores, donde el hidrógeno y el carbono del combustible se combinan correctamente con el oxígeno del aire para producir calor, luz, bióxido de carbono y vapor de agua.

Contaminación. Alterar nocivamente la pureza o las condiciones normales de una cosa o un medio por agentes físicos y químicos.

Contaminador. Es el agente o actor, individual o institucional, responsable de la operación de cualquier sistema que genere contaminación.

Contaminantes. Son todos los elementos, compuestos o sustancias, su asociación o composición, derivado químico, biológico, energía, radiación, vibración o ruido que, incorporados en medio ambiente y por un periodo de tiempo afectan negativamente o ser dañinos a la vida humana, salud o bienestar del hombre, a la flora y la fauna, o causen un deterioro en la calidad del aire, agua y suelos, paisajes o recursos naturales.

Dióxido de azufre (SO₂). Es un gas incoloro y no inflamable, de olor acre e irritante, proviene de la producción energética y térmica del consumo de combustibles fósiles que contienen azufre.

Dióxido de carbono (CO₂). Gas incoloro, inodoro de 1,5 veces más denso que el aire, es un componente natural de la atmósfera. Se libera este compuesto en procesos de producción de energía, como en la calefacción y transporte.

Dioxinas. Son productos orgánicos incoloros e inodoros, se obtienen a partir de fenómenos naturales, como la actividad volcánica, incendios forestales, pero las fuentes más importantes son las incineradoras de basura.

Efecto Ambiental. Es una consecuencia medible sobre algún componente básico del ambiente, provocada o inducida por cualquier acción del hombre.

Efecto Invernadero. Es el aumento de temperatura de un área del planeta como producto de la acumulación de gases y partículas en la atmósfera que no dejan escapar energía al espacio.

Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A.). Es la predicción del impacto ambiental de un proyecto específico y la proposición de alternativas para prevenir o atenuar los efectos degradantes del ambiente que puedan seguirse de su realización o ejecución.

Fumos. Partículas sólidas finas, se forman por condensación de vapores originados en procesos de sublimación, destilación, calcinación y fundición, miden entre 0,03 y 0,3 μm .

Gravimetría. Parte de la física que estudia la mediación de la gravedad terrestre, estudia las fuerzas gravitacionales y la relatividad.

Hidrocarburo. Son todos los compuestos químicos que contienen carbono e hidrógeno. La combustión de hidrocarburos, como el petróleo y derivados produce contaminantes.

Humo. Partículas sólidas finas resultan de la combustión incompleta de materiales orgánicos como carbón, madera y tabaco. Su diámetro oscila de 0,5 a 1 μm .

Impacto Ambiental. Es la alteración positiva o negativa de la calidad ambiental, provocada o inducida por cualquier acción del hombre.

Inversión Térmica. Es el cambio en el orden de la temperatura de zonas de la masa de aire, evitando el movimiento ascendente del aire desde el nivel del suelo hasta la atmósfera.

Máxima Concentración Permisible (MCP). Es la mayor concentración de un contaminante considerado no peligroso a la salud de organismos adultos.

Monóxido de carbono (CO). Es un gas altamente venenoso para las personas y los animales, se mezcla con el aire, difícil de reconocer, incoloro, inodoro e insípido. Contaminante más abundante, el origen principal de monóxido de carbono (CO) es por las actividades humanas es la combustión incompleta de los carburantes.

Niebla. Son gotas pequeñas que se forman por condensación de un vapor, dispersión de un líquido como producto de una reacción química. Miden entre 0,0002 y 10 μm .

OMS. Siglas Organización Mundial de la Salud.

Óxidos de nitrógeno (NO y NO₂). Son gases formados por nitrógeno y oxígeno, el óxido nítrico es inofensivo, pero el dióxido de nitrógeno causa daños en la salud, perjudica al sistema respiratorio además contribuye a la formación de la lluvia ácida.

Ozono troposférico. Es el ozono de la estratosfera que protege de las radiaciones ultravioletas del sol.

Partículas en suspensión (PM). Las microscópicas sólidas y líquidas de origen humano o natural, que quedan suspendidas en el aire durante un tiempo determinado, como: cenizas volantes, hollín, polvo, niebla, gas, etc.

Polución. Es lo que hace que un medio determinado, generalmente fluido, el agua o la atmósfera, se considere inapropiado para determinado uso.

Polvos. Partículas sólidas pequeñas (de 1 a 1 000 μm), se forman por fragmentación en procesos de molienda, cribado, explosiones y erosión del suelo. Se mantienen en suspensión se desplazan mediante corrientes de aire.

Promedio móvil. Es un valor medio de los últimos “K” puntos de datos, indiquemos, las últimas 10, 15 o 22 observaciones.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar las concentraciones de monóxido de carbono, entre febrero y julio del año 2010, en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, en comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA). Por el equipo analizador automático de gas. Se registró 2 712 observaciones durante 113 días en los meses indicados. El mayor promedio de concentración de monóxido de carbono (CO) por hora encontrado fue 13 328 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que no supera el Estándar de Calidad Ambiental (30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y el mayor promedio móvil (8 horas) de monóxido de carbono (CO) encontrado fue 8 229, 92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que tampoco supera el Estándar de Calidad Ambiental (10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En general los niveles de concentración de monóxido de carbono en el presente estudio no muestran valores sobre los ECAS.

Palabras claves: Monitoreo, contaminación, calidad de aire, ECA, ambiente.

ABSTRACT

The aim of this research was to determine the carbon monoxide concentration between February and July 2010, in the central station of air and noise quality monitoring of the Province Municipality of Cajamarca which is located in the I.E. "Santa Teresita", by comparing with the Environmental Quality Standard (ECA). By the Automatic equipment of gas analyzer. For CO, 2 712 observations were recorded in 113 days of work. The highest average concentration of carbon monoxide (CO) per hour was $13\,328\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, which does not exceed the Environmental Quality Standard ($30\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) and the highest moving average concentration of carbon monoxide (CO) found was $8\,229,92\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, which doesn't exceed the Environmental Quality Standard either ($10\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$). In short the CO levels in this research does not show values higher than the ECA.

Words key: Monitoring, contamination, pollution, air quality, ECA, fuel.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación evaluó las concentraciones de monóxido de carbono (CO) en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, conjuntamente con el apoyo del Equipo Técnico del Área de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, a través de la Gerencia de Desarrollo Ambiental.

La investigación se justificó, por la evidencia empírica de que, en los últimos 20 años, el incremento progresivo del parque automotor, afecta la calidad del aire por la emisión de monóxido de carbono (CO) en altas concentraciones en la ciudad de Cajamarca.

El objetivo de estudio fue determinar las concentraciones de monóxido de carbono (CO), en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, en comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), en el año 2010.

Es relevante, determinar las concentraciones de monóxido de carbono (CO), generando información como aporte teórico que explique el estado actual de concentración de este gas que permita diseñar políticas y programas para resolver problemas futuros, así como la aplicación de acciones concretas por autoridades competentes que harán posible la mejora de la calidad del aire de la ciudad de Cajamarca.

La hipótesis es la siguiente: Las concentraciones de monóxido de carbono (CO) en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, de la ciudad de Cajamarca, son cercanos a los establecidos por el ECA y varían según las horas del día.

La investigación fue descriptiva y analítica; se utilizó la técnica del método automático, teniendo en cuenta el protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de datos elaborado por DIGESA 1998 y se ejecutó considerando todas las mediciones de monóxido de carbono (CO), realizadas en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, sito en el Jr. Mario Urteaga N° 360 de la ciudad de Cajamarca.

Los resultados obtenidos en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, de la ciudad de Cajamarca, permitieron concluir que durante el período de estudio, las concentraciones de monóxido de carbono (CO), no superan el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y varían según las horas de día.

El informe de investigación contiene cinco capítulos: El *primero*, corresponde a la descripción del problema, justificación, objetivos e hipótesis de investigación; el *segundo*, contiene antecedentes del problema, definición de algunos términos básicos que le dan sustento a la investigación; el *tercero*, corresponde al diseño de contrastación de la hipótesis, variable de estudio, indicador, operacionalización de variables, metodología : Localización, población y muestra, diseño de investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos, análisis estadístico, diseño de la red; el *cuarto*, describe los **resultados** y discusión donde se consigna la información obtenida de manera estadística y la contrastación de la hipótesis; el *quinto*, conclusiones y recomendaciones; finalmente la lista de referencias consultadas y los anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. El problema

1.1.1. Descripción del problema

El Grupo Técnico Local de Gestión de Calidad del Aire (GTL Aire), constituido en el año 2005 por la Municipalidad Provincial de Cajamarca, ante la amenaza eventual de contaminación por el incremento de fuentes de emisión, como medida de protección a la salud de las personas, ha trabajado temas relacionados a la calidad del aire del distrito que se encuentra en proceso de deterioro progresivo y puede agravarse, si persiste la tendencia de crecimiento del número de vehículos e industrias manufactureras en procesos productivos o en la estructura del parque automotor (MTC 2008).

Los resultados de los inventarios de emisiones que incluyen a fuentes móviles (parque automotor) indican que existe dentro del distrito de Cajamarca, un aporte considerable de monóxido de carbono (CO), a consecuencia del uso de combustibles de mala calidad originando deterioro de la calidad del aire. El 80 % de la contaminación atmosférica circunda al distrito de Cajamarca, sin que exista una entidad que tenga un registro exacto, a excepción de las partículas sólidas en suspensión, donde las fuentes fijas tienen una participación elevada. El parque industrial está escasamente desarrollado mientras que el parque automotor, principalmente taxis, mototaxis en la ciudad, se encuentran sobre dimensionado (MTC 2008).

Actualmente, no se conoce con precisión cuáles son las concentraciones de monóxido de carbono (CO), en las diferentes horas del día en la ciudad de Cajamarca, lo que impide formular políticas de control o disminución de concentración de estos contaminantes. Dentro del marco de registro de información sobre factores contaminantes del aire, la Municipalidad Provincial de Cajamarca instaló una estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, sito en el Jr. Mario Urteaga N° 360; pero el problema seguirá latente, si no se opta por mejorar la regulación de la circulación vial en la ciudad (García 2006).

En este contexto, la presente investigación analiza las concentraciones de monóxido de carbono (CO) en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, de la ciudad de Cajamarca, comparados con los establecidos por el ECA, cuyos resultados podrían ser utilizados para que las autoridades implanten decisiones de política y de gestión en mejora de la calidad del aire.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son las concentraciones de monóxido de carbono (CO), en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, de la ciudad de Cajamarca, ¿en comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA)?

Y la pregunta específica es:

¿Cómo varían las concentraciones de monóxido de carbono (CO), en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, de la ciudad de Cajamarca, según las horas del día, ¿en comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA)?

1.3. Justificación

La importancia del presente trabajo de investigación, radica que en los últimos 20 años se evidencia el incremento progresivo del parque automotor, los resultados obtenidos del inventario de emisiones de fuentes móviles (13 333 toneladas por año) y fuentes fijas (1 250,79 toneladas por año), del proyecto de fortalecimiento de la gestión ambiental en la provincia de Cajamarca del 2009, muestra al monóxido de carbono (CO) como el mayor contaminante de emisiones. Situación que afecta la calidad del aire, por la emisión de monóxido de carbono (CO) en altas concentraciones, cuyo estudio sistemático es necesario, y los resultados comparados con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) permita tomar decisiones oportunas para mitigar efectos negativos para la salud de la población.

Los resultados permitieron determinar las concentraciones de monóxido de carbono (CO), generando información que ayude a resolver problemas de contaminación, así como la aplicación de políticas, y acciones concretas que harán posible la mejora de la calidad del aire de la ciudad de Cajamarca.

Además, los aportes del presente estudio servirán de guía para otros investigadores interesados en el tema, así como Institutos y Universidades que desarrollan Programas de Monitoreo Ambiental y Estudios de Impacto Ambiental (EIA).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar las concentraciones de monóxido de carbono (CO), en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, en comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), en el año 2010.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de monóxido de carbono (CO), en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, por hora, en comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), en el año 2010.
- Determinar las concentraciones de monóxido de carbono (CO), en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, por promedio móvil (8 horas), en comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), en el año 2010.

1.5. Hipótesis de investigación

H: Las concentraciones de monóxido de carbono (CO) en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, de la ciudad de Cajamarca, son cercanos a los establecidos por el ECA y varían según las horas del día.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

El transporte automotor en la ciudad de Lima, consume más del 90 % de material fósil en forma de petróleo o gasolina, la contaminación atmosférica de esta actividad tiene un impacto visible y significativo, las altas densidades de tráfico coinciden con altas concentraciones poblacionales. Las emisiones de gases y humo particulado, se concentran en el funcionamiento de motores de combustión interna como: Monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no combustionados (HC), plomo (Pb), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x) y dióxido de carbono (CO₂) (Maltoni y Scarnato 1977).

Según el estudio de impacto ambiental, realizado por la tesista, Teresita León y el médico Augusto Jardch del American College of Ocupacional and Environmental Medicine, quienes emplearon el método retrospectivo-descriptivo para revisar historias clínicas de pacientes atendidos en el Hospital Regional de Cajamarca durante el periodo 1996-2001, cuyo objetivo era buscar enfermedades relacionadas a contaminación ambiental y llegaron a concluir: Existe correlación estadísticamente significativa entre el crecimiento industrial de la ciudad e incremento de enfermedades de sus habitantes en contaminación ambiental en un 40 % es decir enfermedades ambientales (León y Jardch 2001).

En el Perú, existen normas nacionales establecidas como el Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, D.S. N°. 074-2001, PCM, que establecen criterios de medición de los niveles de contaminación. Sin embargo, la carencia de cultura, respeto al medio ambiente, derechos de las demás personas y el desconocimiento de la población sobre los daños que ocasionan a corto o largo plazo, con las emisiones producidas por el parque automotor, son factores contaminantes en el aire, que se deben medir en lugares dóciles a vigilancia que son representativos a la exposición de la población (FONAM 2004).

Según García (2006) en la tesis “Análisis del incremento de la emisión de gases y humos particulados por vehículos automotores de transporte urbano de pasajeros en la ciudad de Cajamarca”, manifiesta que en la ciudad se realizó el 2003, un convenio entre la Municipalidad Provincial y SENATI - Cajamarca, para realizar un proyecto piloto demostrativo ambiental, donde se planteaba determinar el incremento de la emisión de gases y humos particulados (de acuerdo al tipo de combustible utilizado) de vehículos automotores de transporte de pasajeros en la modalidad de camionetas rurales, station wagon y autos. En la tesis se concluye: *1ero.* El inadecuado mantenimiento y/o reparación de sistemas de emisión de gases y humos particulados presentes en los vehículos automotores, se debe que los mecánicos no tienen ninguna capacitación. *2do.* Escasa conciencia ambiental de los propietarios de vehículos, donde se encontró que la medición de humos particulados, de la media aritmética del factor opacidad, estandarizado en el Perú, en camionetas rurales fabricadas desde 1994 hacia adelante es 7,76 k/m rebasando el Límite Máximo Permisible en 2,35 veces; las marcas de camionetas toyota y nissan proyectan resultados de Límites Máximos Permisibles de 7,3 k/m y 7,2 k/m, traspasando el Límite Máximo Permisible nacional de vehículos automotores, fabricados desde 1994, hacia adelante en 2,21 k/m y 2,17 k/m veces respectivamente; mientras para los station wagon y autos utilizados como taxis, fabricados desde 1994 en adelante, rebasa el Límite Máximo Permisible en 2,61 veces.

La máxima contaminación que se produce en el aire se origina por la emisión de gases y humos particulados de vehículos motorizados, vehículos automotores que brindan servicio de transporte urbano de personas en la modalidad de combis y mototaxis dentro del centro histórico de la ciudad de Cajamarca que al recorrer un promedio de 15 000 km al año, despiden al medio ambiente por día 1,5 kg de monóxido de carbono (CO), 300 g de partículas expulsadas por el tubo de escape y 0,75 kg de hidrocarburos sin quemar que multiplicado por la totalidad del parque automotor significa grandes cantidades de sustancias nocivas mezcladas en el aire¹ (autos, camiones, etc.) dichas sustancias nocivas se acumulan hasta alcanzar altos niveles de toxicidad² existiendo el riesgo inminente de accidente vital en lugares por donde circulan mayor número de unidades antiguas que no están reparadas (SENATI 2008).

¹ Hasta 1993 a más del 2000 msnm los LMPs por el año de fabricación de los vehículos fue 3,9 km⁻¹ obteniendo 7 356 km⁻¹ encontrándose 1,88 veces mayor del LMP (García 2006, 31-32).

² Los LMPs por año de fabricación de los vehículos son hallados teniendo en cuenta la altura de la ciudad en donde se agrega 0,25 km⁻¹ por cada 1000 msnm (García 2006, 31-32).

2.2. Contaminantes atmosféricos

“Un contaminante es la introducción a la atmósfera, directa o indirectamente, de sustancias que ponen en peligro la salud del hombre, causan daños a los recursos biológicos, ecosistemas y deterioran bienes materiales que perjudican las actividades del medio ambiente”. Los contaminantes atmosféricos se miden en zonas urbanas para conocer el impacto de las ciudades en la atmósfera y provienen de fuentes móviles y fuentes fijas de combustión (Gómez 2002).

2.3. Fuentes de contaminación

2.3.1. Fuentes naturales

Son procesos de la naturaleza, como erupciones volcánicas, la actividad biológica de microorganismos, huracanes, tornados, incendios naturales o descomposición de materia orgánica (Canter 1999).

2.3.2. Fuentes antropogénicas

“Son consecuencia de la actividad humana. Se originan por emisiones, incineración de combustibles fósiles, procesos industriales, tratamientos, eliminación de residuos, etc. Son una amenaza para los ecosistemas y las concentraciones pueden llegar a ser altas en áreas urbanas como industriales” (Canter 1999).

Las fuentes antropogénicas más significativas son:

a. Focos fijos: Podemos encontrar

- **Focos industriales:** Chimeneas industriales, instalaciones de combustión.
- **Focos domésticos:** Instalaciones de calefacción.

b. Focos móviles: Vehículos, automóviles, aeronaves, buques.

c. Focos compuestos: Zonas industriales, áreas urbanas (densidad de tráfico y población).

d. Focos puntuales: Chimeneas industriales aisladas

e. Focos lineales: Carreteras, autopistas o calles y avenidas en zonas urbanas

f. Focos superficiales: Zona industrial considerada en su totalidad.

2.4. Clasificación de los contaminantes

2.4.1. Contaminantes primarios

“Son sustancias vertidas directamente a la atmósfera por fuentes emisoras como chimeneas, procesos industriales, aerosoles atmosféricos, quema de combustibles fósiles, monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos (HC), anhídrido carbónico (CO₂). Asimismo, existen otros contaminantes que su emisión a la atmósfera es más reducida como los hidrocarburos aromáticos polinucleares (PAHS), los bifenilos policlorados (PCBS), los clorofluorocarbonos (CFC) entre otros” (Canter 1999).

2.4.2. Contaminantes secundarios

Son sustancias que se forman en la atmósfera a partir de reacciones químicas producidas por contaminantes primarios como: El ozono (O₃), ácido sulfhídrico (H₂S), ácido sulfúrico (H₂SO₄), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y los hidrocarburos policíclicos condensados (HPC)³ (Canter 1999).

Tabla 1. Características de los contaminantes

Gas	Procedencia	Efectos
Dióxido de azufre	Combustión de petróleo	Afecciones respiratorias
Monóxido de carbono	Combustiones	Muy tóxico
Dióxido de carbono	Industria	Aumento efecto invernadero
CFC	Maquinaria refrigeradora	Agujero de ozono
Óxidos de nitrógeno	Carburantes de automóviles	Lluvia ácida
Dioxinas ⁴	Incineradoras de basura	Posible aumento del riesgo de cáncer
Partículas sólidas	Canteras, humos en general	Enfermedades pulmonares
Ozono troposférico	Emisión de sus precursores	Daños en vías respiratorias

Fuente: (Canter 1999).

³ Hidrocarburos que contienen cinco anillos bencénicos condensados linealmente se forman con el prefijo numérico (penta, hexa, hepta) seguido de la terminación aceno (Eyzaguirre 2000).

⁴ Las dioxinas (policlorodibenzodioxinas) son una familia de sustancias químicas que son reconocidas como los productos químicos más tóxicos que el hombre ha sido capaz de sintetizar. Según el último informe referente a estas sustancias de la Agencia del Medio Ambiente, las dioxinas producen cáncer en el ser humano, alteraciones en los sistemas inmunitario, reproductor y endocrino, los fetos y embriones de peces, aves, mamíferos y seres humanos son muy sensibles a sus efectos tóxicos (US-EPA 2005).

2.4.3. Contaminantes de referencia

Los contaminantes de referencia están conformados por contaminantes primarios y secundarios que se encuentran presentes en zonas urbanas, en convenio con la Organización Mundial de la Salud (OMS), los reglamentos de los Estados Unidos y la Unión Europea, señalan, que están conformados por el monóxido carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), material particulado (PM-10) y plomo (Pb). Las concentraciones de los contaminantes de referencia varían de una localidad a otra, dependiendo del tipo e intensidad de la actividad industrial, tráfico vehicular y el grado de control ambiental existente en cada una (OMS 2010).

Canter (1999) señala que los contaminantes de referencia se establecen sobre la base de dos conceptos fundamentales: *Inmisión* y *emisión* de sustancias contaminantes. En concordancia a estos conceptos, se rigen las normas jurídicas sobre contaminación atmosférica en normas de inmisión o de calidad del aire y normas de emisión al aire.

Emisión. Está referida a la liberación de contaminantes a la atmósfera proveniente de fuentes móviles o fijas (Canter 1999).

Inmisión. Representa la presencia de contaminantes en la atmósfera en su calidad de cuerpo receptor (Canter 1999).

2.5. Contaminación con monóxido de carbono (CO)

“El monóxido de carbono (CO), es un gas venenoso inodoro e incoloro es emitido al aire por vehículos automotores, industria y en menor escala por procesos naturales, como incendios forestales. Es el principal responsable de las intoxicaciones de poca ventilación, es frecuente a nivel doméstico por el mal funcionamiento de los quemadores (calentadores a gas), estufas, entre otros” (Gonzales 1986).

2.5.1. Origen del monóxido de carbono (CO)

“El monóxido de carbono (CO), proviene por la combustión incompleta de compuestos de carbono, se forma mediante la oxidación del metano, que es un gas común producido por la descomposición de la materia orgánica. La principal fuente antropogénica de

monóxido de carbono es la quema incompleta de combustibles como la gasolina. Cuando éste es insuficiente, se forma el monóxido de carbono (CO) y una manera de reducirlo es exigir que los automóviles sean afinados para asegurar la mezcla del combustible con el oxígeno” (Gonzales 1986).

2.5.2. Efectos en la salud humana

En la salud humana el monóxido de carbono (CO), muestra efectos en el sistema respiratorio y cardiovascular, donde la susceptibilidad a la contaminación puede variar con la salud o la edad, en los últimos años se registró un incremento de 44 % al 46 % de niveles de contaminación en las principales ciudades del país (OMS 1997).

Según Horn (1989) señala que el monóxido de carbono (CO) en los seres humanos, afecta el suministro de oxígeno en el torrente sanguíneo, los glóbulos rojos transportan el oxígeno por todo el cuerpo, cuando existe monóxido de carbono (CO), éste atrae más a los glóbulos rojos que al oxígeno, originando la carboxihemoglobina⁵. La intoxicación por este gas, causa anoxia⁶ porque la carboxihemoglobina formada, no permite que la hemoglobina se combine con el oxígeno y el que se une no se libera fácilmente en los tejidos. La dosis permisible que produce nuestro organismo de carboxihemoglobina es de 0,4 a 0,7 % logrando subir hasta un 2 % en sectores urbanos. Pero al presentarse mayor cantidad de monóxido de carbono (CO) en el ambiente, la cantidad de carboxihemoglobina aumenta, produciendo síntomas como cefaleas, dolor de cabeza, sensación vertiginosa, debilidad muscular, alteraciones de la visión, una dosis tóxica de monóxido de carbono (CO) es 50 ppm en el ambiente durante un periodo de exposición de 8 horas.

Las emisiones de monóxido de carbono (CO), contribuyen al aumento de gases de efecto invernadero que aceleran el cambio climático y la destrucción de la capa de ozono de Lima y Callao, de los 700 000 vehículos que conforman el parque automotor con un promedio

⁵ La carboxihemoglobina se produce cuando la hemoglobina se forma en contacto con el monóxido de carbono (CO) (Harrison y Yin 2000).

⁶ Anoxia es la falta total del oxígeno en un tejido, debido a una patología pulmonar (anoxia anóxica); a la disminución o alteración de la hemoglobina que impide la fijación del oxígeno en cantidades suficientes (anoxia anémica); disminución de la circulación sanguínea (anoxia por estenosis) o incapacidad de los tejidos de fijar el oxígeno (anoxia histotóxica) (Harrison y Yin 2000).

de 20 años de antigüedad, el 90 % emanan gases tóxicos por el uso de combustibles con alto índice de plomo, que realizan un total de nueve millones de viajes al día (OMS 1997).

Seoanez (2000) manifiesta que las personas con enfermedades cardiovasculares o respiratorias, anemia o hemoglobina irregular sufren efectos de salud más severos (Ver Tabla 2) los niños son más vulnerables debido a que sus pulmones no están desarrollados completamente, respiran más rápido y pasan más tiempo al aire libre. En individuos sanos, el exponerse al monóxido de carbono (CO), puede afectar la visión y la agilidad mental.

El monóxido de carbono (CO), presenta combustión incompleta de la gasolina que produce pirólisis⁷ de sus componentes químicos que conforman la combustión, que dan origen a sustancias cancerígenas. También aparece como paso previo a la combustión, que sólo deja carbono como residuo lo que se llama carbonización (Eyzaguirre 2000).

SENATI (2008) señala que en la ciudad de Cajamarca en “La *Plazuela Amalia Puga*” y “La *Recoleta*”, una de las zonas críticas de mayor congestión vehicular del centro de la ciudad, los vehículos del año 1976 hasta antes de 1980 alcanzan a 60 ppm, de monóxido de carbono (CO) y el Límite Máximo Permisible Estandarizado en el Perú es de 30 ppm, las unidades móviles de 1990 al 2000, alcanzan 60 ppm, que señala el Límite Máximo Permisible de 35 ppm, se aprecia que el monóxido de carbono (CO) supera los Límites Máximos Permisibles en el doble de lo establecido en el Perú, por lo que afecta la salud en:

- La *visibilidad*. Cuando la concentración de partículas excede los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se reduce la visibilidad promedio a 8 ó 10 km (Seoanez 2000).
- La *absorción de gases*. Los materiales y partículas actúan como catalizadores y corroen sobre superficies metálicas, favoreciendo su oxidación, donde absorben óxidos de azufre (SO) y óxidos de nitrógeno (NO), los cuales al reaccionar con la humedad del entorno, forman partículas de ácido sulfúrico (H_2SO_4) o nítrico (HNO_3) que deterioran los materiales de construcción de edificios y monumentos (Seoanez 2000).

⁷ Pirólisis es descomposición química de la materia orgánica y todo tipo de materiales, excepto metales y vidrios, originada por el calentamiento en ausencia de oxígeno (Eyzaguirre 2000: 58).

- El *transporte de contaminantes*. Las concentraciones pico en zonas rurales pueden ser tan altas como los niveles de zonas urbanas dependiendo de la dirección de los vientos, una zona puede ser afectada ya sea por la emisión en sitios inmediatos o por el transporte de contaminantes (Smith 1978).

Tabla 2. Manifestaciones clínicas de la carboxihemoglobina

Carboxihemoglobina	Signos / Síntomas
< 10 %	Asintomático
10 a 20 %	Cefalea, vasodilatación
20 a 30 %	Cefalea aguda
30 a 40 %	Náuseas, vómitos, alteración de la visión,
40 a 50 %	Taquicardia, taquipnea
50 a 60 %	Coma, respiración irregular, convulsiones
>60 %	Paro cardiorespiratorio, muerte

Fuente: (Horn 1998).

Machado (2010) alude que la concentración de 1 500 ppm se considera peligroso para la salud y 4 000 ppm producen la muerte de un adulto en 1 hora (Horn 1998). Las altas concentraciones de monóxido de carbono (CO), existen en ciudades con mucho tráfico como personas que pasan los días en las calles (conductores de autobuses, camiones, patrullas, inspectores de vehículos, etc) que respiran más monóxido de carbono (CO).

Las fuentes naturales de monóxido de carbono (CO), son responsables del 90 % de las emisiones del planeta; el 10 % restante se distribuye entre los gases de escape de vehículos (55 %), la industria (11 %) y otros emisores (Horn 1998).

Síntomas del monóxido de carbono (CO)

Intoxicación leve. Se caracteriza por dolor de cabeza, cansancio, debilidad, tendencia al sueño, náuseas, vómitos, dolor de pecho, en enfermos cardíacos (Machado 2010).

Intoxicación grave. Inconciencia, respiración débil e irregular, temperatura corporal baja, convulsiones, pulso lento e irregular, presión arterial baja, paro cardiorespiratorio y muerte (Machado 2010).

El tiempo medio de persistencia del monóxido de carbono (CO) en la atmósfera oscila entre 1 a 2 meses y el tiempo medio de persistencia ligado a la sangre es 250 minutos (Horn 1998). La mejor manera de evitar los efectos producidos por una exposición al

monóxido de carbono (CO), es proteger nuestra vía aérea, utilizando equipos de respiración autónoma en cada evento que involucren una combustión, algunos artefactos tienen dispositivos que aseguran la salida al exterior de gases tóxicos que producen los caños de escape de automotores o chimeneas de los hogares, es importante que dichos dispositivos estén correctamente colocados, no deben ser obstruidos, desconectados o retirados en obras de remodelación o pintura en la vivienda (Maltoni y Scarnato 1977).

2.5.3. Medidas de control de monóxido de carbono (CO)

La Ley del aire puro, confiere al gobierno estatal y local la responsabilidad de regular el control de la contaminación proveniente de centrales energéticas, fábricas y otras “*fuentes fijas*”. La Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) tiene a su cargo el control de la contaminación procedente de “*fuentes móviles*” (US-EPA 2004).

La reducción de la emisión de monóxido de carbono (CO), radica en agregar compuestos oxigenados (alcoholes y éteres) a la gasolina con el propósito de reducir las emanaciones de monóxido de carbono (CO) y obtener una combustión completa. El uso de aditivos oxigenados en la gasolina, como los alcoholes, comenzó en los años veinte cuando se descubrió su cualidad de elevar el octano de los carburantes, otro aditivo son los éteres, que empezó a utilizarse en los años sesenta, los dos tipos de moléculas son productos capaces de aumentar el octano, lo que se investigaba era desaparecer el tetraetilo de plomo⁸ de las gasolinas. Los beneficios de los productos oxigenados al reducir las emisiones contaminantes de monóxido de carbono (CO) y de hidrocarburos han hecho que en muchos países sea obligatorio añadir un mínimo de ellos a la gasolina. De los alcoholes los más usados son metanol, etanol, isopropanol, terbutanol y mezclas de alcoholes con uno a cinco carbonos y los éteres más empleados son: éter metil-terbutílico (EMTB), metil-teramílico (EMTA) y etil-terbutílico (EETB) (US-EPA 1994).

En algunos países se permite adicionar EMTB hasta un 15 % en volumen, en Perú, se añade entre 8 a 10 %, el cual empleado en altas concentraciones aumenta el octano hasta en tres números, no es sensible al agua. El EMTA y el EETB, aumentan el octano, proporcionan oxígeno y se añaden a la gasolina en otros países hasta 17 %, en el Perú de 14 a 15 %, según su adición disminuye el vapor de la gasolina (US-EPA 1994).

⁸ El tetraetilo de plomo ($(\text{CH}_3\text{CH}_2)_4\text{Pb}$), es un componente de química organometálica tóxico usado en la extinta gasolina con plomo Súper de 97 octanos y Normal de 92 octanos como aditivo antidetonante (ASDE 2006).

Tabla 3. Control de contaminación de “Fuentes móviles”

Éteres	Adición volumen en otros países (%)	Adición de volumen en Perú (%)	Consecuencias en altas concentraciones
EMTB	15	8 a 10	- En altas concentraciones aumenta el octano hasta en 3 números.
EMTA y EETB	17	14 a 15	- En altas concentraciones aumenta el octano, proporciona oxígeno. - Provee oxígeno - Disminuye presión de vapor de la gasolina.

Fuente: Agencia de Protección del Medio Ambiente (US-EPA 2004).

Los oxigenados tienen altos valores de octano para mejorar la combustión, el etanol y el EMTB, antes de que se introdujeran a la gasolina se añadían para aumentar el octano y no el contenido de oxígeno. La adición de oxigenados a la gasolina se hace con el propósito de reducir las emisiones tóxicas, aunque no las reduce todas. Sólo son eficientes si se modifica cuidadosamente la fórmula, de lo contrario su efecto puede incrementar las emisiones nocivas (US- EPA 2003).

Añadir oxigenados a los automóviles sin un buen control de la relación carburante-aire, hace que se muevan hacia la región de mezcla "pobre", en la cual produce menos monóxido de carbono (CO). La adición de compuestos oxigenados ha creado, gran confusión. Los oxigenados mejoran el octano (a mayor octanaje mayor rendimiento) en la gasolina (US-EPA 2003).

En 1975, la mayoría de los autos estaban equipados de un convertidor catalítico, que transformaba el monóxido de carbono (CO), en dióxido de carbono (CO₂), reduciendo la emisión del primero en más de un 80 %. Los vehículos emiten un 90 % menos de monóxido de carbono (CO) a lo largo de su vida útil, que reducen los niveles a pesar del aumento del número de vehículos y del kilometraje recorrido (Gonzales 1986).

2.6. Influencia climática en el monóxido de carbono (CO)

2.6.1. Condiciones atmosféricas en el distrito de Cajamarca

Las condiciones atmosféricas son de vital importancia en la atmósfera para dispersar la contaminación, velocidad de los vientos, dirección y altura de la capa de inversión térmica. Cajamarca presenta un clima tropical de montaña, con temperaturas templadas. Las lluvias determinan durante el año dos estaciones: *La seca* que corresponde al otoño e invierno, en el hemisferio sur, templado durante el día y refrigerado en las noches se presenta entre los meses de mayo a setiembre, la *húmeda* corresponde a la temporada de lluvias, en los meses de julio y agosto. Cajamarca presenta una estación definida de septiembre - octubre hasta abril (SENAMHI 2010).

Las temperaturas promedio mínimas y máximas no varían durante el año. La diferencia de temperatura diurna es 10 °C. El enfriamiento es fuerte durante las noches, en los meses secos aumenta la incidencia de heladas (SENAMHI 2010).

Tabla 4. Datos meteorológicos del distrito de Cajamarca Año 2010.

2010	feb	mar	abr	may	jun	jul
Precipitación [mm]	102	126	98	37	13	6
Evapotrans pot [mm]	106	107	94	95	93	105
Días con lluvia	17	17	14	9	4	2
Temp. max. [°C]	22,4	22,5	22,9	22,1	21	22,7
Temp. min. [°C]	10,5	10,9	9,2	7,5	6,3	5,8
Temp. med. [°C]	21,73	22	21	18	17	17
Hum. rel. med. [%]	75	77	78	73	68	62
Velc. del viento [m/s]	2,9	2,6	2,5	2,7	2,8	3

Fuente: Estación Weberbauer, 7° 7' S, 78° 27' W. 2621 msnm – 2010.

La temperatura del aire y sus variaciones con la altura en la ciudad de Cajamarca, determinan los movimientos de las masas de aire y condiciones de estabilidad e inestabilidad que dan lugar a inversiones térmicas, lluvias ácidas lo que dificulta la dispersión del viento (SENAMHI 2010).

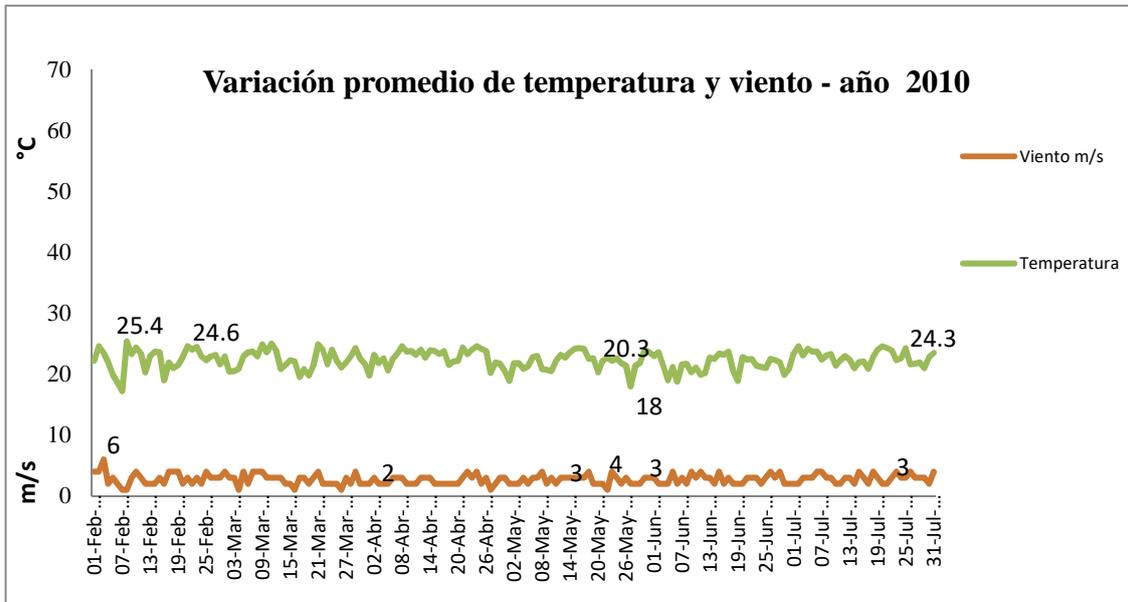


Figura 1. Variación promedio temperaturas y viento 2010. Estación Augusto Weberbauer- Cajamarca. Oficina de Estadística (SENAMHI 2010).

Fuente: SENAMHI 2010 (Ver Anexos 7, 8, 9, 10 y 11).

La Tabla 4 y la Figura 1, muestra la variación promedio de temperaturas y viento de la Estación Augusto Weberbauer Cajamarca, meses: Febrero a julio, así como las temperaturas máximas y mínimas, el total de los días con lluvia de cada mes y la velocidad promedio del viento. La temperatura disminuye con la altitud, así como la lluvia se incrementa a medida que aumenta la altura. La precipitación es más compleja que la temperatura debido a la influencia del paisaje por la presencia de precipitaciones pluviales., cambio de clima y vientos, las precipitaciones de febrero y marzo (102 y 126 mm), son las más altas, dependiendo de la zona de ubicación, considerando una diagonal desde la zona del aeropuerto “Armando Revoredo Iglesias” hacia la salida a la Costa, se observa que las lluvias son de igual magnitud, el inicio del periodo de lluvias es entre los meses de octubre a noviembre y se prolongan desde marzo hasta abril que son los meses con mayor precipitación (SENAMHI 2010).

2.7. Relación entre inversión térmica y monóxido de carbono (CO)

La inversión térmica es un fenómeno que se da en la naturaleza y su principal consecuencia es que no existe movimiento de la masa de aire; sin embargo, en lugares con climas variados con periodos prolongados de lluvias se tienen temperaturas bajas por un largo periodo de tiempo, este fenómeno representa un problema porque no existe un buen flujo de la masa de aire que origina que la temperatura del suelo disminuya enfriando más rápido el aire que se encuentra

cercano a él, haciendo que la masa del aire no tenga movimiento, que en condiciones normales, se disperse vertical u horizontalmente, por lo que dichas emisiones se acumulan, generando altas concentraciones de monóxido de carbono (CO). La temperatura del aire y sus variaciones con la altura determinan los movimientos de las masas de aire y por tanto las condiciones de estabilidad e inestabilidad del movimiento de los contaminantes (Harrison y Yin 2000).

2.8. Parque automotor en Cajamarca

El parque automotor de la ciudad de Cajamarca está conformado aproximadamente por 41 541 vehículos, de los cuales: Automóviles, mototaxis y camionetas pick up existen en mayor número, constituyendo el 19,7 %, 19.5% y 16,3 % respectivamente, mientras que las camionetas panel y remolques - semiremolques representan sólo el 0,8 y 1,8 % respectivamente (IEMPC 2009).

Tabla 5. Categoría y distribución vehicular en la ciudad de Cajamarca.

Categoría	Población 2008	Porcentaje
Automóvil	8 184	19.7
Camión	4 362	10.5
Camioneta panel	332	0.8
Camioneta pick up	6 813	16.34
Camioneta rural	5 068	12.2
Motos y mototaxis/veh. menor	8 100	19.5
Ómnibus	1 911	4.6
Remolque-semiremolque	748	1.8
Station wagon	6 023	14.5
Total	41 541	100%

Fuente: Municipalidad Provincial de Cajamarca (IEMPC 2009).

El parque automotor de la ciudad de Cajamarca tiene el mayor porcentaje de vehículos (30,57 %) fabricados después del año 2006, así como también circulan vehículos con una antigüedad mayor de 20 años de fabricación, aproximadamente el 29 % (IEMPC 2009).

Tabla 6. Antigüedad del parque automotor por año de fabricación.

Vehículos años	Porcentaje
Del 2006 al 2008	30,57
Del 2001 al 2005	18,91
Del 1996 al 2000	25,65
Del 1991 al 1995	16,32
Del 1981 al 1985	3,89
Total	95,34

Fuente: Municipalidad Provincial de Cajamarca (IEMPC 2009).

Los resultados de los inventarios de emisiones que incluyen a las fuentes móviles (parque automotor) indican que existe dentro del distrito un aporte significativo de monóxido de carbono (CO), a consecuencia del uso de combustibles de mala calidad originando deterioro de la calidad del aire (MTC 2008).

El tipo de combustible que usan los vehículos del parque automotor de la ciudad de Cajamarca, es el combustible diesel-2 en mayor porcentaje (87,39 %), seguido por la gasolina de 84 octanos (1 5,54 %). Únicamente el 0,7 % tienen el sistema dual que usan gasolina y gas licuado de petróleo (Ver Tabla 7) (IEMPC 2009).

Tabla 7. Combustible del parque automotor

Combustible	%
D-2	87,39
GLP	0,91
G-84	0,47
G-90	0,23
GASOL 84	5,54
GASOL 90	4,73
GASOL 95	0,33
Total	99,6

Fuente: Municipalidad Provincial de Cajamarca (IEMPC 2009).

El tipo de combustible en orden de prioridad de emisiones de monóxido de carbono (CO), en gramos por kilómetro de recorrido por tubos de escape del parque automotor en la ciudad de Cajamarca es: G-84 (153,24 g/km), G-90 (92,57 g/km), Diesel-2 (25,98 g/km), G-95 (15,73 g/km), y GLP (9.90 g/km). Se considera la unidad móvil con mayor emisión de monóxido de carbono (CO) lo emiten los camiones con 70 g/km, seguido por los automóviles y camioneta pick up (Ver Tabla 8).

Tabla 8. Gramos por kilómetro de recorrido de emisiones de monóxido de carbono (CO), por los tubos de escape de la ciudad de Cajamarca- 2009.

Tipo de combustible	Unidades móviles	Monóxido de carbono(CO) g/km
G-84	Automóviles	25.4
	Camión	70.0
	Camioneta Panel	0.0
	Camioneta pick up	22.1
	Camioneta rural	0.0
	Motos, mototaxis y vehículos menores	20.0
	Ómnibus	0.0
	Remolque y semiremolque	0.0
	Station wagon	15.7
	TOTAL	153.24

Fuente: **Distribución porcentual de emisiones por tubos de escape** (IEMPC 2009).

2.8.1. Inventario de fuentes móviles en el distrito de Cajamarca

Las emisiones anuales por tipo de fuente móvil para la cuenca atmosférica de la ciudad de Cajamarca se muestran en la Tabla 9, las fuentes que más contaminan son las motos y mototaxis y vehículos menores (39,47 %) y automóviles (23,45 %) (IEMPC 2009).

Tabla 9. Inventario de fuentes móviles generales 2009.

Unidades móviles	Emisiones contaminantes (t/año)*	%
Camión	1 097	5,76
Ómnibus	1 472	7,60
Automóviles	4 544	23,45
Station wagon	1 540	7,95
Motos y mototaxis/veh. menor	7 649	39,47
Camioneta pick up	1 365	7,04
Camioneta rural	908	4,68
Remolque y semiremolque	797	4,11
Total	19 376	100

Fuente: **Distribución porcentual de emisiones anuales de fuentes móviles** - (IEMPC 2009).

*(t/año): toneladas métricas por año.

De las emisiones contaminantes emitidas a la atmósfera como PTS, SO₂, NO_x, CO y Pb, solo 19 376 toneladas métricas por año son emitidas en la cuenca atmosférica las que emiten mayor cantidad de estos contaminantes son los mototaxis, automóvil y station wagon (Ver Tabla 9).

2.8.2. Emisiones por monóxido de carbono (CO) por fuentes móviles

El monóxido de carbono (CO) es un gas que se forma por combustión incompleta a base de hidrocarburos como gas, gasolina, querosene, carbón, petróleo o madera (Gonzales 1986). El parque automotor de la ciudad de Cajamarca libera a la atmósfera 20 125 toneladas de monóxido de carbono (CO) por año, de éste total, 13 333 toneladas por año, de monóxido de carbono (CO) son emitidas en la cuenca atmosférica. Las categorías que emiten mayor cantidad de emisiones por los tubos de escape, son motos, mototaxis/vehículos menores 48 % y automóviles con 27 % (Ver Tabla 10).

Tabla 10. Inventario de emisiones del aire por fuentes móviles (IEMPC – 2009).

Unidades móviles	Emisiones (CO) en la ciudad de Cajamarca	%	Emisiones (CO) en la cuenca atmosférica	%
Camión	3066	15	331	2
Ómnibus	3183	16	312	2
Automóviles	3559	18	3559	27
Station wagon	981	5	981	7
Motos, mototaxis y vehículos menores	6412	32	6412	48
Camioneta pick up	801	4	801	6
Camioneta rural	587	3	586	4
Remolque y semiremolque	1354	7	169	1
Camioneta Panel	181	1	181	1
Total	20 125	100	13 333	100

Fuente: categorías vehiculares - (IEMPC 2009).

El Grupo Técnico Local de Gestión de Calidad del Aire (GTL Aire), establecido en el 2005 por la Municipalidad Provincial de Cajamarca, ante la amenaza eventual de contaminación por el incremento de fuentes de emisión, como medida de protección de la salud de las personas, ha trabajado temas relacionados a la calidad del aire en el distrito de Cajamarca, de acuerdo con lo estimado como volumen de aportación de contaminantes por las fuentes de emisión. Los valores de las muestras efectuadas y el análisis de los impactos directos e indirectos en la salud pública, manifiestan la calidad del aire de la ciudad de Cajamarca, que se encuentra en un proceso de deterioro progresivo, que puede agravarse si persiste la tendencia del crecimiento de vehículos e industrias manufactureras sin cambios sustanciales en los procesos productivos o en la estructura del parque automotor (MTC 2008).

Las emisiones de gases y partículas contaminantes producidas por la combustión de combustibles fósiles, como gasolina y diesel así como la antigüedad de los vehículos, su escaso mantenimiento, calidad de los combustibles, alta congestión vehicular, mal ordenamiento del tránsito y la proliferación de moto taxis (motos torito) que representa la mayor población, en la principales arterias de la ciudad de Cajamarca, contribuyen a una alta emisión de gases tóxicos, como el monóxido de carbono (CO) (MTC 2008).

El parque automotor es la principal fuente de todos los contaminantes del aire. En la ciudad aproximadamente el 80 % de la contaminación atmosférica circula en Cajamarca de las 35 mil unidades en total, sin que exista una entidad que tenga un registro exacto, con excepción de las partículas sólidas en suspensión en donde las fuentes fijas tienen una participación elevada. El parque industrial está escasamente desarrollado mientras que el parque automotor, principalmente taxis, mototaxis en la ciudad, se encuentra sobre dimensionado (MTC 2008:37).

2.8.3. Emisiones de monóxido de carbono (CO) por fuentes fijas

La Cuenca Atmosférica de la ciudad de Cajamarca conformada por los distritos de: Cajamarca (3,94 %), Baños del Inca (9,71 %), Llacanora (31,45 %) y Jesús (5,79 %); detallan un total de 1 347 fuentes fijas (IEMPC 2009). Los cuerpos receptores como el aire tienen la capacidad de diluir o dispersar la contaminación emitida sin que se produzcan impactos ambientales significativos. Los límites de esta capacidad de carga dependerán de condiciones morfológicas y meteorológicas, como el caso de valles encajonados por montañas que dificultan la ventilación y producen condiciones para que la contaminación se mantenga en concentraciones que podrían ser peligrosas para las personas y el medio ambiente (Informe defensorial 2002: 22).

Según el inventario de emisiones del aire elaborado por la Municipalidad Provincial de Cajamarca, el monóxido de carbono (CO) es el mayor contaminante para la cuenca atmosférica de la ciudad de Cajamarca con 1 250,79 toneladas por año, logrando el 32,81 %, del total de emisiones de fuentes fijas (ladrilleras 400 unidades del distrito) y 59,74 % del total de emisiones de fuentes áreas en la cuenca (Ver Tabla 11) (IEMPC 2009).

Tabla 11. Emisiones por fuentes fijas

Distrito	CO (tn/año)
Cajamarca	478,342
Baños del Inca	764,851
Llacanora	7,600
Total	1 250, 79

Fuente: (IEMPC – 2009).

SENATI (2010) señala que entre las fuentes fijas (fuentes puntuales), constituidas por ceramistas dedicados a la producción de cerámica (combustión de ceramios con llantas⁹, en las zonas de Mollepampa, Cruz Blanca) generan un aporte más del 60 % de partículas sólidas en suspensión en comparación con las fuentes áreas, principalmente: Ladrilleras, panaderías, pollerías a carbón, a leña, llantas y diesel; a continuación un registro de unidades móviles en un punto crítico, “*La Recoleta*”:

Medición de gases punto “ La Recoleta”

(Vehículos a gasolina)

Equipo: Medidor de gases en tubos de escape

Lugar: “ La Recoleta”

Fecha: 04 de junio del 2010

Hora de inicio: 09:00

Hora de término: 17:00

⁹ La zona baja de Aylambo, en los caseríos de Mollepampa Baja y Alta la quema de ceramios decorativos con llantas (caballos con jinetes, elefantes, veleros, etc), se realiza con total normalidad, a la luz del día y los talleres de cerámica, se encuentran en el centro de zonas urbanas, cada quema de ceramios con llanta dura de 2 a 3 horas en comparación de cada quema con leña de 6 a 7 horas; el precio de una llanta cortada es 2 nuevos soles (6 a 8 llantas una quema), el cubo de leña es 60 nuevos soles (1 ½ cubo 1 quema) (Comunicación oral 2010).

Tabla 12. Medición de gases.

N°	PLACA	CATEGORIA	AÑO DE FABRICACION	PARÁMETRO	
				HC (ppm)	CO (%)
1	AP-2109	AUTOMÓVIL	1976	1400	6
2	ML-7203	MOTO	2007	290	0.9
3	AL-2846	AUTOMÓVIL	1996	564	7.25
4	AQF-675	AUTOMÓVIL	1997	730	6.76
5	ML-7248	MOTO	2007	879	8.08
6	AL-3977	AUTOMÓVIL	2007	68	0.04
7	AL-4083	AUTOMOVIL	2008	136	0.07
8	RGZ-221	RURAL		2500	8.7
9	BD-8185	AUTOMOVIL	1995	304	6
10	AL-1631	AUTOMOVIL	1978	440	9.6
11	AK-1987	AUTOMOVIL	1976	440	7.7
12	BGU-469	AUTOMOVIL	2000	360	5.6
13	AL-3585	AUTOMOVIL	2002	156	2.1

Fuente: Municipalidad Provincial de Cajamarca y SENATI Cajamarca - 2010.

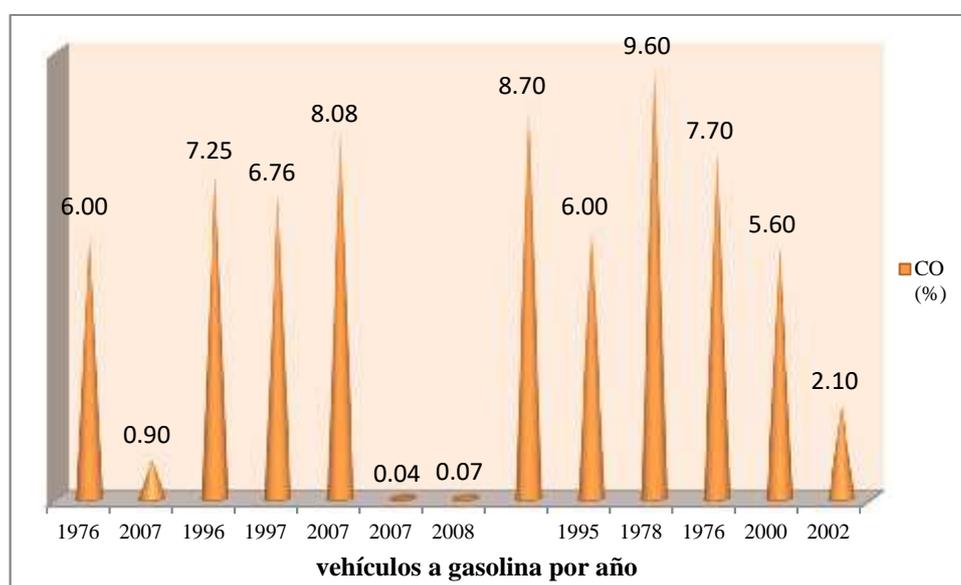


Figura 2. Porcentaje de emisión de monóxido de carbono, Plazuela Amalia Puga- La Recoleta.

Fuente: Municipalidad Provincial de Cajamarca y SENATI Cajamarca – 2010

De las 13 unidades vehiculares a gasolina tomada como muestra en la Plazuela Amalia Puga y “La Recoleta” por ser una intersección de mayor congestionamiento vehicular, solo se tomó en cuenta la categoría, año de fabricación y el parámetro registrándose lo siguiente:

El analizador de gases del tubo de escape de los vehículos, por un promedio móvil de 8 horas, monitoreó que el porcentaje de monóxido de carbono emitido a la atmósfera por automóviles de los años 1976, 1977 y 1978, es mayor a 6 %, siendo los Límites Máximo Permisibles (LMPs) de 3 % que significa que dicha unidad sí supera estos límites; las unidades móviles del año 1996, 1997 y 2000 es mayor de 6 %, siendo los LMPs de 3,50 % y los monitoreos de los años, 2007 y 2008 el porcentaje de monóxido de carbono (CO) fue 0,04 % siendo el LMPs de 0,5 % lo que

significa que dichas unidades no superan el LMP de la norma de emisión de gases de estos años. Las mayores concentraciones de monóxido de carbono (CO), son producidas por la alteración de la gasolina, que ocasiona falta de oxígeno para formar el dióxido de carbono (CO₂), produciendo monóxido de carbono (CO) (SENATI 2008).

Si analizamos cada concentración por año de fabricación de hidrocarburos notaremos que la mayoría de automóviles supera los LMPs con respecto a la norma en cuanto a la concentración de hidrocarburos no quemados o mal quemados, también lo que se denomina hollín, que es tóxico y si es excesivo, se muestra en forma de humo negro o gris que se concentran en mayor cantidad cuando el motor acelera (SENATI 2008).

La antigüedad de los vehículos, su escaso mantenimiento, la calidad de los combustibles, la alta congestión vehicular, el mal ordenamiento del tránsito, así como la proliferación de moto taxis en las principales arterias de la ciudad, contribuyen a una alta emisión de gases tóxicos como monóxido de carbono (CO) emitidos por los vehículos por el tubo de escape generando una combustión incompleta y contaminando el ambiente (SENATI 2008).

Tabla 13. Límites Máximos Permisibles para vehículos en circulación a nivel nacional; vehículos gasolina, gas licuado, petróleo y gas natural (livianos, medianos y pesados).

Año de fabricación	CO % volumen	HC (ppm)	CO + CO ₂ % (mínimo)
Hasta 1995	3.0	400	10
1996 - 2002	3.5	300	10
2003 en adelante	0.5	100	12

Fuente: D.S. N° 047-2001-MTC- Norma actualizada al 14 de marzo 2011.

Tabla 14. Nivel de opacidad para vehículos en circulación a nivel nacional

Año de fabricación	Opacidad K(m ⁻¹)	Opacidad en %
Hasta 1995	3.0	72
1996 - 2002	2.5	65
2003 en adelante	2.1	60

Fuente: D.S. N° 047-2001-MTC - Norma actualizada al 14 de marzo 2011.

2.8.4. Antigüedad del parque automotor

En la ciudad de Cajamarca, el incremento del parque automotor registra un total de 15 550 hasta el año 2008. El parque automotor estimado según la clase de vehículo entre 1980-2008 (PY) es de 1 500 915 (MTC 2008).

Un vehículo a gasolina convertido a gas natural licuado (GLN), puede reducir las emisiones de monóxido de carbono (CO) en 90 %; los hidrocarburos reactivos en 92 % y los óxidos de nitrógeno en 65 %. Comparando un vehículo diesel con uno de GLN, por pruebas realizadas en autobuses en Boulder- Colorado, se demostró una reducción del 97 % en partículas y una reducción del 58 % en óxidos de nitrógeno (NO_x) (ASDE 2008).

“La Ley N° 28694¹⁰ permitió comercializar en Lima y Callao, combustible diesel con 50 partes por millón de azufre (ppm), un porcentaje menor comparado con el diesel de cinco mil ppm que se comercializaba hasta diciembre del 2009, que permitió disminuir los niveles de contaminación de azufre en Lima y Callao en comparación con los valores de ese año, combinando el etanol con gasolina, se contribuye a mejorar las características y calidad del aire” (ASDE 2006).

Esta ley regula el contenido de azufre en el combustible diesel, en su Artículo 1. objeto de la ley específica: Declárase de necesidad pública y de preferente interés nacional la regulación de los niveles de azufre contenidos en el combustible diésel, con la finalidad de salvaguardar la calidad del aire y la salud pública. Artículo 2. Regulaciones de niveles de azufre a partir del 1 de enero de 2010 queda prohibida la comercialización para el consumo interno de combustible diésel cuyo contenido de azufre sea superior a las 50 partes por millón por volumen (ASDE 2008).

¹⁰ LEY N° 28694. Ley que regula el contenido de azufre en el combustible diesel, artículo 1 y 2.



Figura 3. Parque automotor de Cajamarca. “La Recoleta “- 2010. Hora: 13:00 hrs.

CAPÍTULO III

DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

3.1. Variable de estudio

3.1.1. Variable

- Concentración de monóxido de carbono (CO) medido en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, Institución Educativa “Santa Teresita”, de la ciudad de Cajamarca.

3.1.2. Indicador

- Concentraciones de monóxido de carbono (CO), comparado con el Estándar de Calidad Ambiental.

3.2. Operacionalización

Tabla 15 .Operacionalización de variables

Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional	Técnicas /medición
Concentración de monóxido de carbono (CO) en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido Institución Educativa “Santa Teresita”, de la ciudad de Cajamarca.	-Concentración de monóxido de carbono (CO), comparado con el Estándar de Calidad Ambiental.	Un proceso de combustión que produce CO en lugar de CO ₂ resulta cuando la cantidad de oxígeno requerida es insuficiente. combustión incompleta del Metano: $\text{CH}_4 (\text{g}) + 3/2 \text{O}_2 (\text{g}) \text{CO} (\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O} (\text{g})$.	Nivel de concentración /área/tiempo ($\mu\text{g} / \text{m}^3$). Promedio móvil 10 000 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ 24 horas: 30 000 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	Método Automático

Fuente: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (ECA) - 2001.

3.3. Metodología

3.3.1. Tipo de Estudio

Esta investigación, fue descriptiva y analítica, se ejecutó, teniendo en cuenta el Protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de datos elaborado por DIGESA 1998¹¹, que establece la metodología para el muestreo. Asimismo, se ha considerado los lineamientos de la Agencia de Protección, Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (US-EPA 1970).

Descriptiva. Porque explica situaciones cómo se manifiesta el fenómeno; implica medición de una serie de aspectos que son medidos en forma independiente para describir lo que se investiga.

Analítica. Se analizaron las mediciones de monóxido de carbono (CO) como indicador de la exposición total acumulada en períodos de 24 horas de muestreo. La cual fue *referencial, porque* anuncia que la concentración se encuentra dentro de +/- 10 % de lo predecido para un muestreador ideal, con precisión en el análisis de $10 \pm 0,5 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ para monitoreo de monóxido de carbono (CO), donde el analizador automático nos brindó información con alta resolución temporal (Manual de uso High-Vol. 2009).

3.4. Localización

La investigación se desarrolló en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, sito en el Jr. Mario Urteaga N° 360 de la ciudad de Cajamarca.

¹¹ El Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Emisiones se elaboró por primera vez según lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 046-93-EM, que aprobó el Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Establecida por todas las mediciones de monóxido de carbono (CO), durante el año 2010, en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita” (Ver Tabla 16).

3.5.2. Muestra

Las mediciones de monóxido de carbono (CO), durante el periodo de investigación, en los meses de febrero, marzo, abril, mayo y julio del año 2010 y se realizaron 2712 mediciones (Ver Tabla 16).

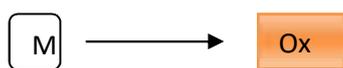
Tabla 16. Población y muestra el periodo de investigación.

Meses de monitoreo de CO	Población		Muestra			
	Nº día	Observ/día	Población	Nºdías	Observ/día	Muestra
Febrero	21	24	504	21	24	504
Marzo	31	24	744	31	24	744
Abril	16	24	384	16	24	384
Mayo	23	24	552	23	24	552
Julio	22	24	528	22	24	528
Agosto	31	24	744	0	24	0
Total	144		3 456	113		2 712

Fuente: Mediciones obtenidas del equipo analizador de gas - 2010.

3.5.3. Diseño de Investigación

El diseño tuvo el siguiente esquema:



M = Es la muestra

Ox= Observación de la variable monóxido de carbono (CO)

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 17. Instrumentos para determinación de monóxido de carbono (CO)

Técnica	Instrumento	Parámetro	Método de ensayo
Experimento en la E-ST ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”	- Ficha de registro automático de la estación experimental	- Monóxido de carbono (CO).	Infrarrojo no dispersivo- NDIR Analizador Automático, Thermo Scientific, modelo 48i

Fuente: Manual de uso monóxido de carbono (CO). High-Vol. 2009.

3.6.1. Análisis estadístico

Para realizar el análisis se utilizó la Estadística descriptiva, donde se calculó:

- Frecuencias absolutas y porcentuales
- Medidas de tendencia central

La investigación se desarrolló de la siguiente manera:

Monitoreo microespacial. El único punto de monitoreo disponible fue la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa Santa Teresita, sito en el Jr. Mario Urteaga N° 360 en la ciudad de Cajamarca.

La Red de monitoreo evaluó zonas céntricas de la ciudad donde existe incremento del parque vehicular, en diferentes puntos críticos, los cuales no se monitorearon porque para realizar las mediciones era indispensable contar en cada lugar de monitoreo el acondicionamiento necesario, cuidado, tiempo y disponibilidad del equipo. Por ende, se realizó mediciones únicamente en un punto crítico: Intersección Hospital Regional, con la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, sito en el Jr. Mario Urteaga N° 360 en la ciudad de Cajamarca.

Monitoreo personal. Se ejecutó las mediciones en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, a partir de los meses de febrero hasta julio del 2010, con el apoyo de trabajadores de la Municipalidad de Cajamarca, encargados de la estación de monitoreo, de la gesta de aire para monóxido de carbono (CO).

Las mediciones realizadas fueron directamente del equipo analizador de gas, antes y después del monitoreo se aplicó estrictas medidas de control y cuidado para prevenir

errores en el vaciado de datos, que afectaran las concentraciones registradas de monóxido de carbono (CO).

Se tomó en cuenta los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, por hora y promedio móvil (8 horas) durante el periodo de estudio de febrero a julio del año 2010.

Tabla 18. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

Contaminantes	Periodo	Formato estándar		Método de análisis
		valor μ/m^3	Vigencia	
Monóxido de carbono (CO) ¹²	8 horas	10 000	Promedio móvil	NE más de 1 vez/año
	1 hora	30 000		

Fuente: Anexo 1. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. **D.S. N° 074-2001-PCM**

El D.S. N° 074-2001-PCM. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental. Establece que es obligación de todos, la conservación del ambiente y consagra la obligación del Estado de prevenir y controlar cualquier proceso de deterioro o depredación de los recursos naturales que puedan interferir con el normal desarrollo de toda forma de vida y de la sociedad. Artículo 1°. Apruébese el “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire” el cual consta de 5 títulos, 28 artículos, nueve disposiciones complementarias, tres disposiciones transitorias y 5 anexos, los cuales forman parte del presente decreto supremo.

3.7. Diseño de la Red: Institución Educativa “Santa Teresita” estación de monitoreo de calidad del aire y ruido.

Dirección: Av. Mario Urteaga y Jr. Guillermo Urrelo

Zona: Estación meteorológica, ubicada en el Institución Educativa “Santa Teresita”

Descripción: Zona comercial, Avenida de dos carriles a un solo sentido de circulación. Tráfico vehicular alto.

¹² Según la OMS, 2005 los valores límite (en $\mu g/m^3$) y en tiempos promedios de muestreo para las normas nacionales de calidad del aire de varios países de América como Bolivia y la Guía de la OMS es de 30 000 $\mu g/m^3$ para una hora y 10 000 para un promedio móvil de 8 horas, para el monóxido de carbono (CO). Sin embargo para el PM-10, los países como Brasil, Chile, EE.UU y México igual que Perú; cumplen para 24 horas el límite promedio de 150 $\mu g/m^3$ y 50 $\mu g/m^3$ anual (OMS 2005).

Diseño de la Red

- Intersección entre Av. Mario Urteaga C-4** y Jr. 5 Esquinas C-3*
- Av. Mario Urteaga C-3.
- Plano de ubicación. Estación de monitoreo
- Jr. Guillermo Urrelo. C-4.
- Estación Meteorológica. Institución Educativa. “Santa Teresita”
- Intersección entre Av. Mario Urteaga y Jr. Guillermo Urrelo



e

f

Figura 4. Red de muestreo (a, b, c, d, e y f). Intersección I.E. Santa Teresita - 2010.

C-3* : Cuadra número 3.

C-4** : Cuadra número 4.

3.8. Red de monitoreo

Criterios de ubicación de redes de monitoreo en orden de importancia para la investigación.

Se consideró: Seguridad, accesibilidad vehicular, cobertura en áreas con distintas características de tráfico.

Número de puntos de monitoreo

La investigación se ejecutó en un punto crítico: Ubicado en el estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, en la Institución Educativa “Santa Teresita”, sito en el Jr. Mario Urteaga N° 360 en la ciudad de Cajamarca.

Tiempo de muestreo: 24 horas

En el mes de junio, no se realizó la medición del monóxido de carbono (CO) como estaba programado por el corte del fluido eléctrico en la estación meteorológica, ubicada en el Institución Educativa “Santa Teresita”.

3.9. Equipo de medición de monóxido de carbono (CO)

Se utilizó el equipo automático Modelo 48i de Thermo Electron Corporation el cual, está diseñado por la United States Environmental Protection Agency (US-EPA), a tiempo real, cuyo principio de funcionamiento es de Pulso Fluorescencia, donde se registró continuamente los datos de la concentración de dicho gas en unidades de microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), como un método de referencia para monóxido de carbono (CO), promulgado en las regulaciones de la US-EPA.

3.9. 1. Cronograma de monitoreo

Tabla 19. Cronograma de monitoreo de monóxido de carbono (CO).

Mediciones							
	L	M	M	J	V	S	D
FEBRERO	1*	2	3	4	5	6	7
	8**	9	10	11	12	13	14
	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26	27	28
	L	M	M	J	V	S	D
MARZO	1	2	3	4	5	6	7
	8	9	10	11	12	13	14
	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26	27	28
	29	30	31				
	L	M	M	J	V	S	D
ABRIL				1	2	3	4
	5	6	7	8	9	10	11
	12	13	14	15	16	17	18
	19	20	21	22	23	24	25
	26	27	28	29	30		
	L	M	M	J	V	S	D
MAYO						1	2
	3	4	5	6	7	8	9
	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23
	24	25	26	27	28	29	30
	L	M	M	J	V	S	D
JULIO				1	2	3	4
	5	6	7	8	9	10	11
	12	13	14	15	16	17	18
	19	20	21	22	23	24	25
	26	27	28	29	30	31	

* Meses y días del año.

** Mediciones de monóxido de carbono (CO).

CAPÍTULO IV

Resultados y discusión

4.1. Resultados

Para la ejecución del trabajo de investigación en el año 2010, se consideró la afluencia vehicular por el cambio de ruta dispuesto por la Municipalidad Provincial de Cajamarca como resultado del proyecto de fortalecimiento de la gestión ambiental en la provincia de Cajamarca del año 2008, donde la Av. Mario Urteaga C-4 señalaba doble sentido y la cobertura del tráfico era continuo teniendo acceso desde el Jr. Chanchamayo al Jr. Dos de mayo para traspasar toda la Av. Mario Urteaga. Por lo que los resultados obtenidos en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita” han tenido una influencia significativa.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

4.1.1. Niveles de monóxido de carbono (CO)

a. Mes: Febrero

Las mediciones de monóxido de carbono (CO), del mes de febrero se iniciaron el día 08 a las 18:00 horas, se realizó 21 lecturas.

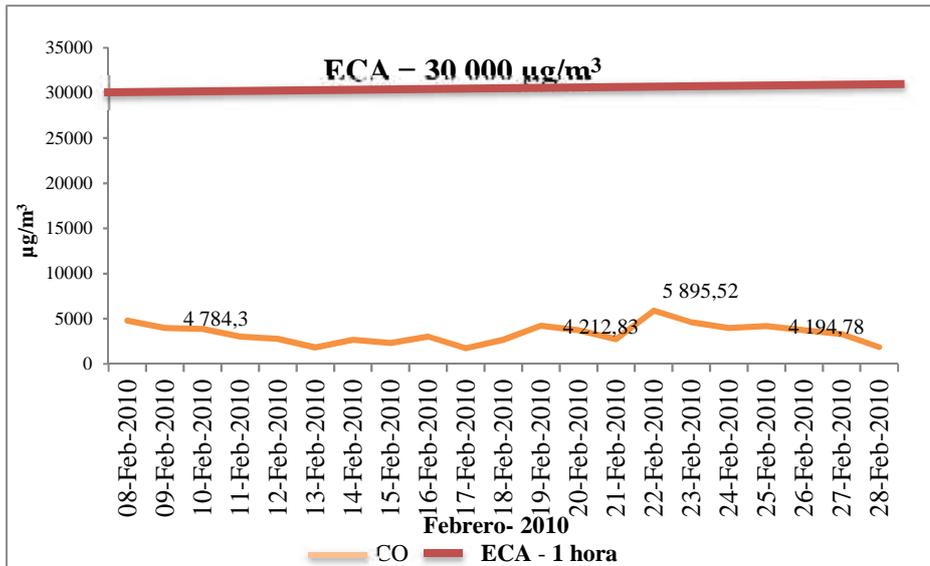


Figura 5. Niveles de concentración promedio de monóxido de carbono (CO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) por una hora. Estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, febrero 2010.

La Figura 5, muestra las concentraciones promedio por hora del mes de febrero de monóxido de carbono (CO) donde la concentración máxima fue de $5\,895,52\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ del día lunes 22 a las 18:00 horas. Teniendo en cuenta el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) que señalan $30\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1 hora, establecido en el D.S. N° 074-2001-PCM, se afirma que en la estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, los valores obtenidos no superan el ECA en el año 2010.

Las corrientes de viento y lluvia son constantes en el mes de febrero lo que deriva variación de las emisiones de monóxido de carbono (CO), se observa una diferenciación desde $4\,194,78\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ el 26 de febrero hasta la mayor medición. Muestra una precipitación de 102 mm y 16 días de lluvia con una temperatura mínima de $10,5\ ^\circ\text{C}$ y una temperatura máxima de $22,4\ ^\circ\text{C}$ (Ver Tabla 4), se afirma que, durante el periodo de estudio, febrero es el mes con menor concentración de emisiones de monóxido de carbono (CO).

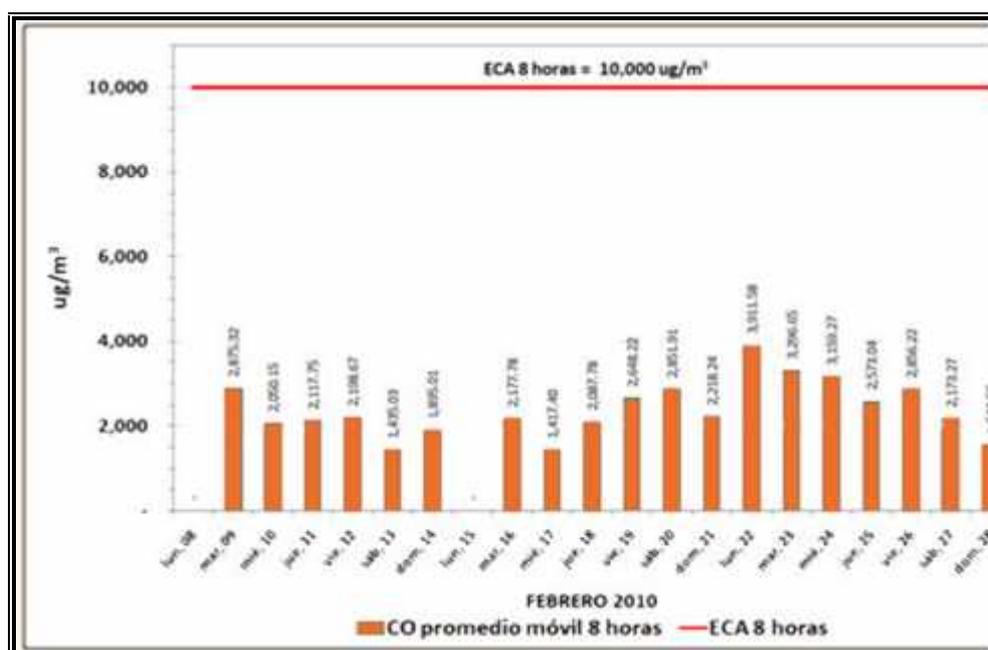


Figura 6. Niveles de concentración máximas diarias de promedio móvil 8 horas de monóxido de carbono (CO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, febrero 2010.

La Figura 6, muestra las concentraciones promedio móvil de 8 horas del monóxido de carbono (CO), del mes de febrero donde el valor máximo fue de $3\,911,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del día lunes 22 entre las 14:00 y 21:00 horas. Teniendo en cuenta el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) que señalan $10\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un periodo de 8 horas establecido en el D.S. N° 074-2001-PCM, se afirma que en la estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, no superan ECA en el año 2010.

SENATI (2008) señala que al realizar un monitoreo con la Municipalidad Provincial de Cajamarca, en el punto crítico “La Recoleta” durante un periodo de muestreo de 8 horas (promedio móvil) con el equipo medidor de gases en los tubos de escape, el día 04 de junio del año 2010, afirman que la mayor concentración de contaminantes a la atmósfera es de monóxido de carbono (CO) con el 6 % que superan los Límites Máximos Permisibles, donde la norma establecida es de 3 %.

b. Mes: Marzo

Las mediciones de monóxido de carbono (CO), del mes de marzo, se iniciaron el día 01 de marzo a las 00:00 horas, se realizó 31 lecturas.

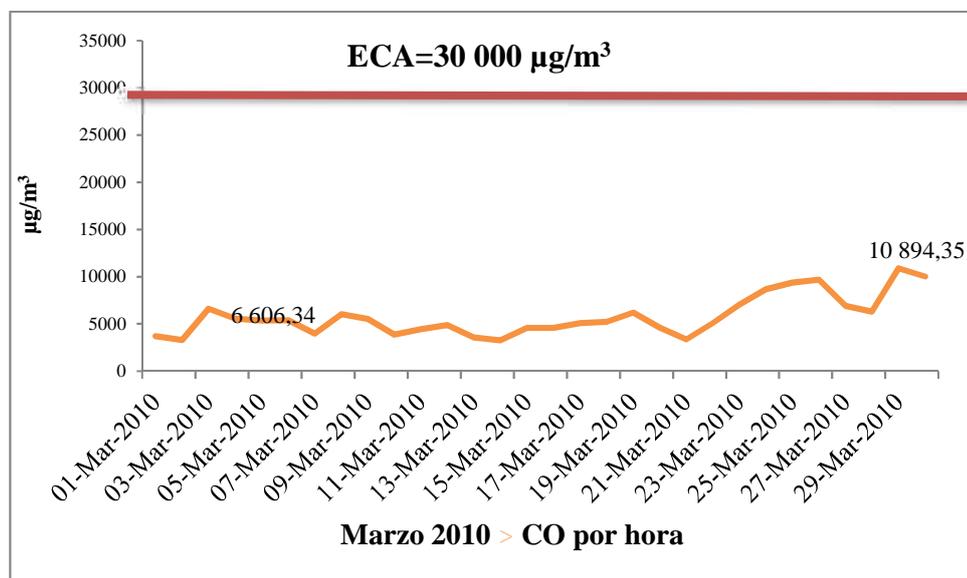


Figura 7. Niveles de concentración promedio de monóxido de carbono (CO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) por hora. Estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, marzo 2010.

La Figura 7, muestra las concentraciones promedio por hora del mes de marzo donde el valor máximo fue de 10 894,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el día lunes 29 a las 18:00 horas. Teniendo en cuenta el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) que señalan 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1 hora, establecido en el D.S. N° 074-2001-PCM, se afirma que en la estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, no superan el ECA en el año 2010. Se determina que las máximas concentraciones de monóxido de carbono (CO), para una hora en el mes de marzo se registraron a las 07:00, 13:00 y 19:00 horas.

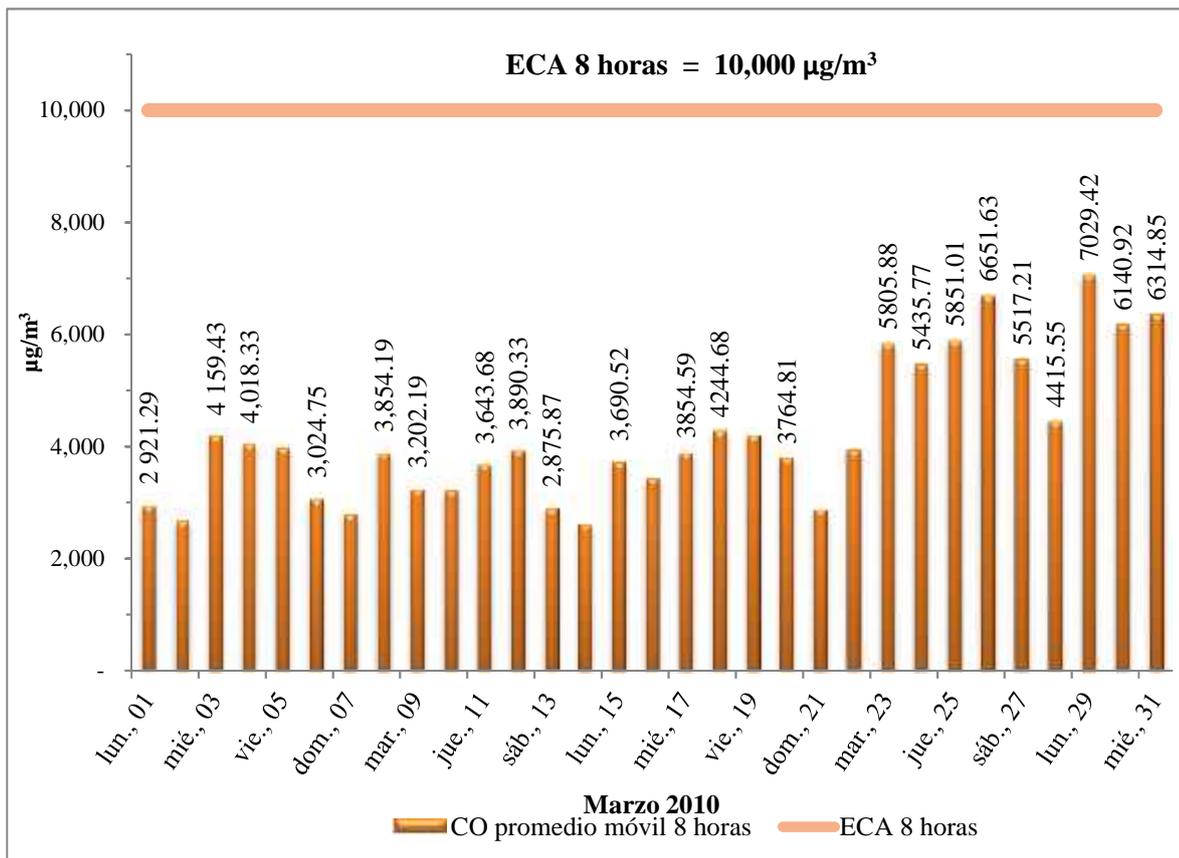


Figura 8 Niveles de concentración promedio de monóxido de carbono (CO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) promedio móvil. 8 horas. Estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, marzo 2010.

La Figura 8, muestra las concentraciones de promedio móvil de 8 horas de monóxido de carbono (CO), del mes de marzo donde el valor máximo fue de $7\,029,42\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ del día lunes 29, entre las 13:00 horas y 20:00 horas. Teniendo en cuenta el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) que señalan $10\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un periodo de 8 horas establecido en el D.S. N° 074-2001-PCM, se afirma que en la estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, no superan el ECA en el año 2010.

c. Mes: Abril

Las mediciones de monóxido de carbono (CO), del mes de abril, se iniciaron el día 10 de abril a las 00:00 horas, se realizó 16 lecturas.

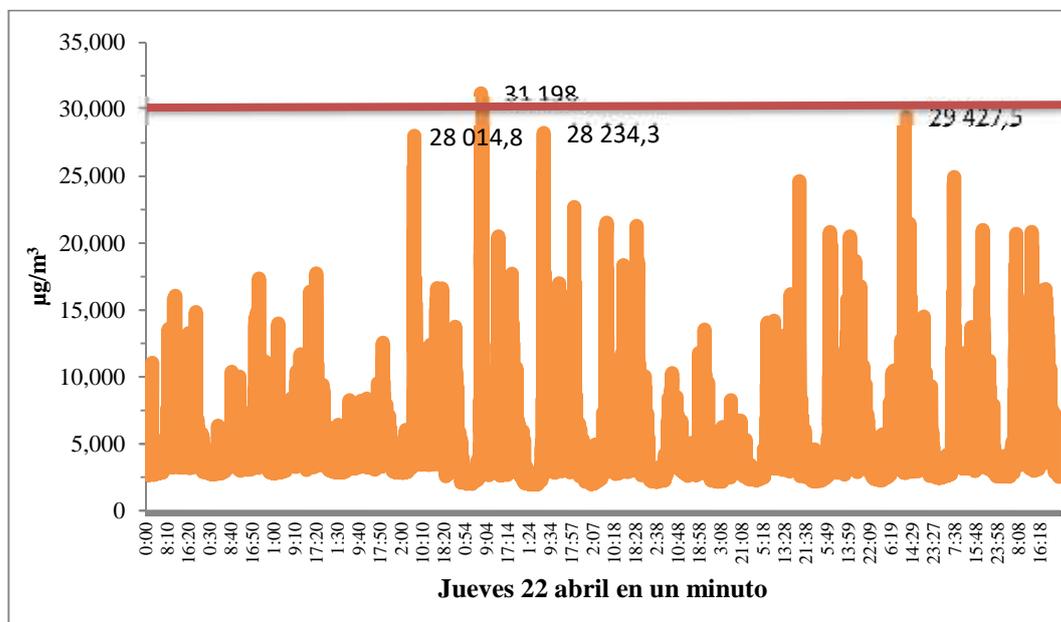


Figura 9. Niveles de concentraciones promedio de monóxido de carbono (CO) por minuto Estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, abril 2010.

La Figura 9, muestra las concentraciones promedio por minuto de monóxido de carbono (CO), del mes de abril donde el valor máximo fue de 31 198 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el día jueves 22 a las 07:00 horas. Teniendo en cuenta el estándar de calidad ambiental (ECA) superando los 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por 1 hora, regulado en el D.S. N° 074-2001-PCM, se afirma que en la estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, los valores sí superan el ECA por minuto para un periodo de 1 hora durante el año 2010.

Se observó que en tres minutos las concentraciones de monóxido de carbono (CO) superan los 28 014,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Las mediciones de monóxido de carbono (CO) son altas y se generan en horas punta, entre las 07:00, 13:00 y 19:00 horas, se supone que la calidad de los combustibles, la alta congestión vehicular, el mal ordenamiento del tránsito y la proliferación de moto taxis en las principales arterias de la ciudad de Cajamarca, contribuyen a una alta emisión de gases tóxicos como el monóxido de carbono (CO) (MTC 2008).

Una persona puede incorporar 1 millón de partículas en cada inspiración de aire, en la actualidad se vive en áreas donde se exceden a los estándares de salud nacional, los datos afirman que en ciudades a nivel nacional como Lima, el riesgo de mortalidad en la población aumenta entre 0,5 - 4 % cuando la concentración de partículas es 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Prendez 1993).

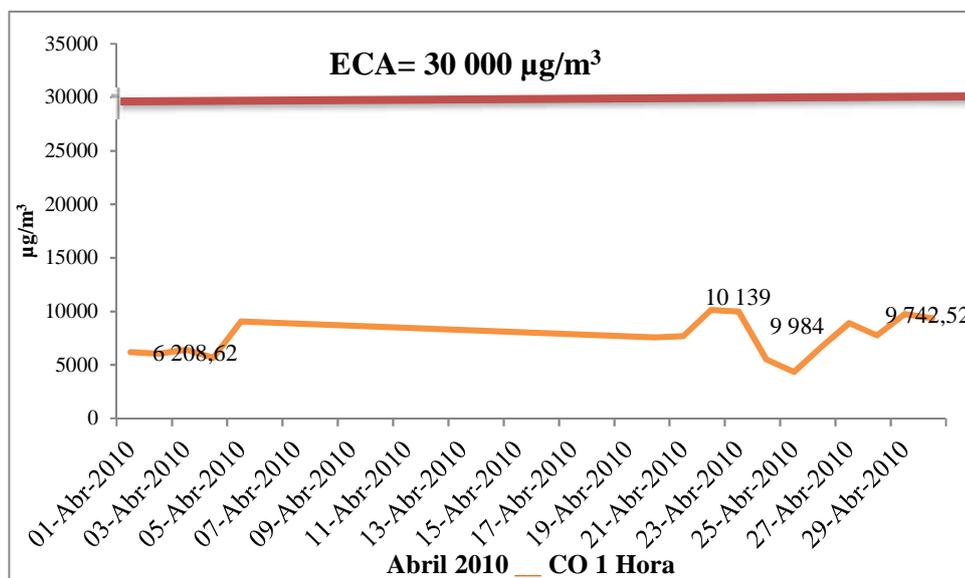


Figura 10. Niveles de concentraciones promedio de monóxido de carbono (CO) por hora. Estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, abril 2010.

La Figura 10, muestra las concentraciones promedio por hora de monóxido de carbono (CO) del mes de abril, donde el valor máximo fue de 10 139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del día jueves 22 a las 07:00 horas. Teniendo en cuenta el estándar de calidad ambiental (ECA) que señalan los 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por 1 hora, regulado en el D.S. N° 074-2001-PCM, se afirma que en la estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, los valores no superan el ECA en el año 2010.

Las categorías que emiten mayor cantidad de emisiones por los tubos de escape, son motos, mototaxis/vehículos menores con un 48 % y automóviles con 27 % (Ver Tabla 10). Se considera este mes como el inicio de clases escolares se estima que, del 01 al 30 de abril, la variación de monóxido de carbono (CO) es inconstante desde las 07: 00 y 13:00 horas.

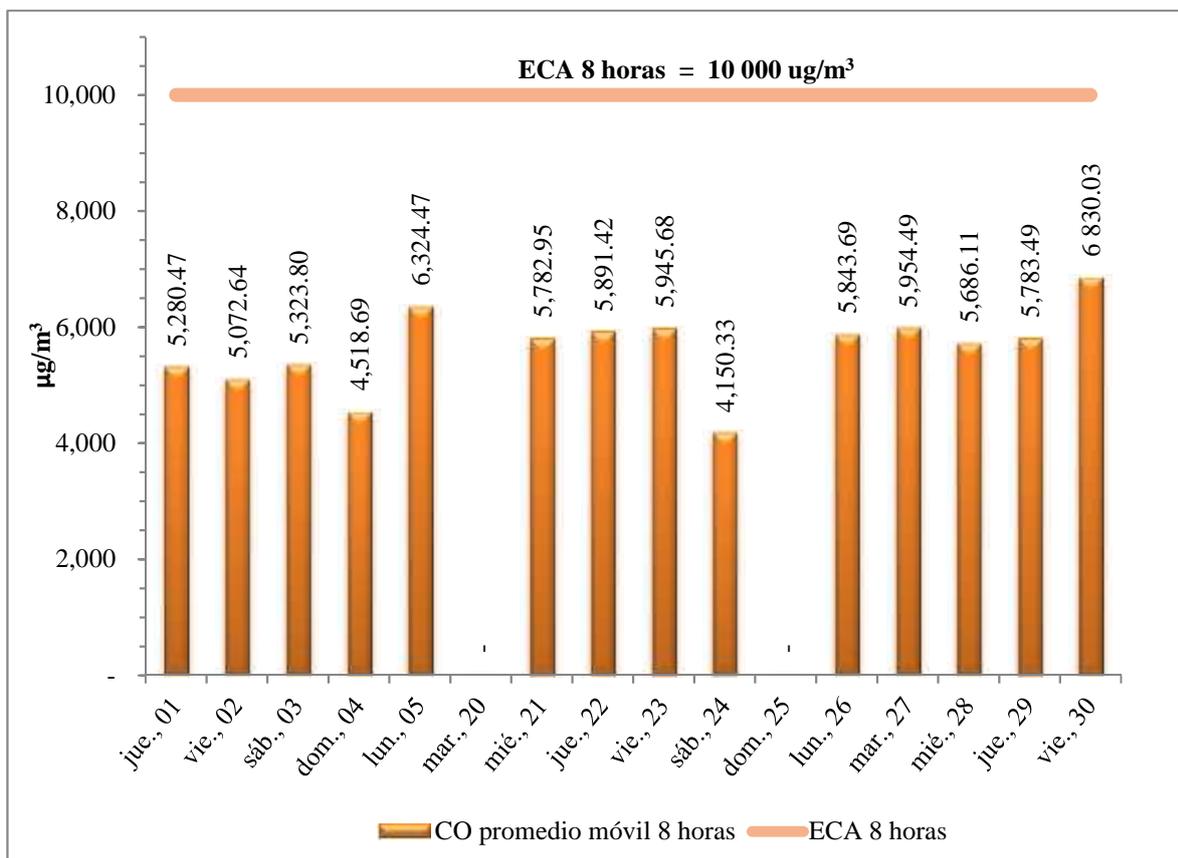


Figura 11. Niveles de concentraciones monóxido de carbono (CO). Promedio Móvil 8 horas. Estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, abril 2010.

La Figura 11, muestra las concentraciones promedio móvil 8 horas de monóxido de carbono (CO), **del mes de abril**, donde el valor máximo fue de 6 830,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del día viernes 30 a las 06:00 horas. Teniendo en cuenta el estándar de calidad ambiental (ECA) que señalan 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un periodo de 8 horas, establecido en el D.S. N° 074-2001-PCM, se afirma que en la estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, los valores no superan el ECA durante el año 2010.

d. es: Mayo

Las mediciones de monóxido de carbono (CO), del mes de mayo, se iniciaron el día 01 de mayo a las 00:00 horas, se realizó 23 lecturas.

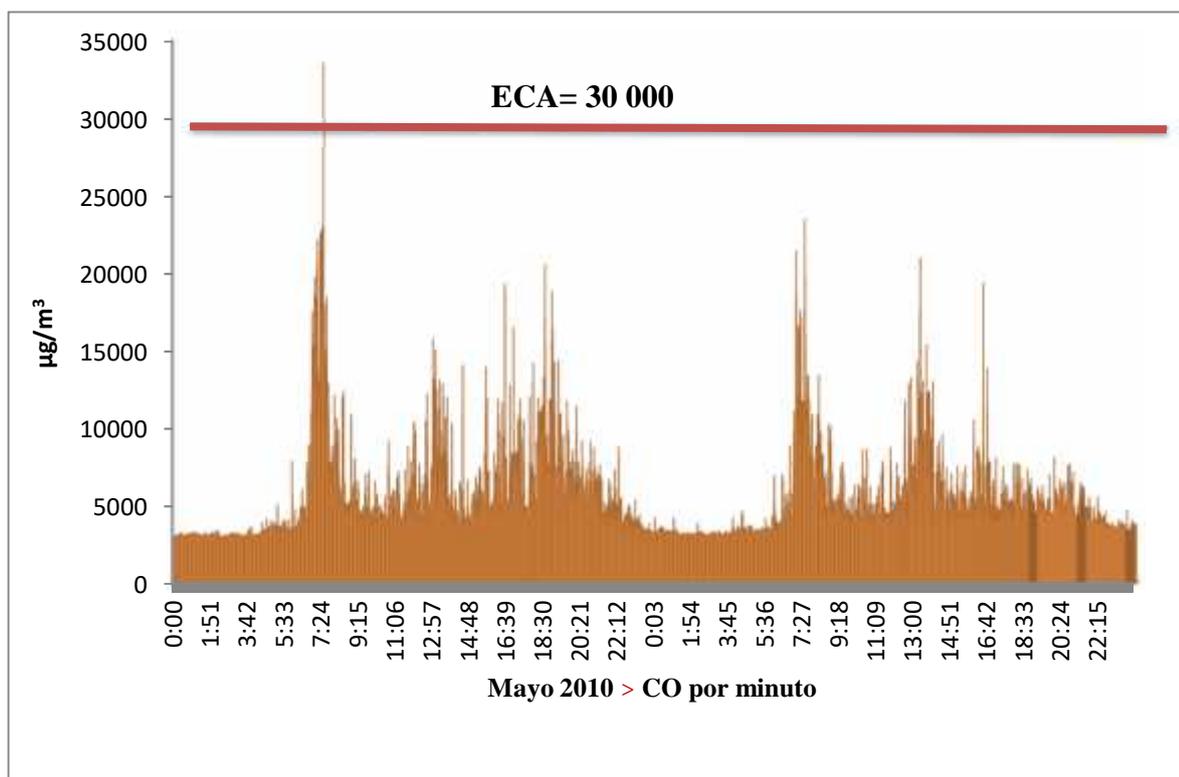


Figura 12. Niveles de concentraciones de monóxido de carbono (CO) por minuto. Estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, mayo 2010.

La Figura 12, muestra las concentraciones promedio por minuto de monóxido de carbono (CO), del mes de mayo donde el valor máximo fue de 33 496,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del límite establecido a las 07:00 horas. Teniendo en cuenta el estándar de calidad ambiental (ECA) que señalan los 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por 1 hora, regulado en el D.S. N° 074-2001-PCM, se afirma que en la estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, los valores sí superan el ECA en el año 2010.

En el mes de mayo se registró la concentración más alta por minuto de todo el periodo de estudio del año 2010, que señala que las horas punta son entre las 07:00, 13:00 y 19:00 horas. García (2006), afirma que el parque industrial está escasamente desarrollado mientras que el parque automotor, principalmente taxis y mototaxis se encuentra sobre dimensionado.

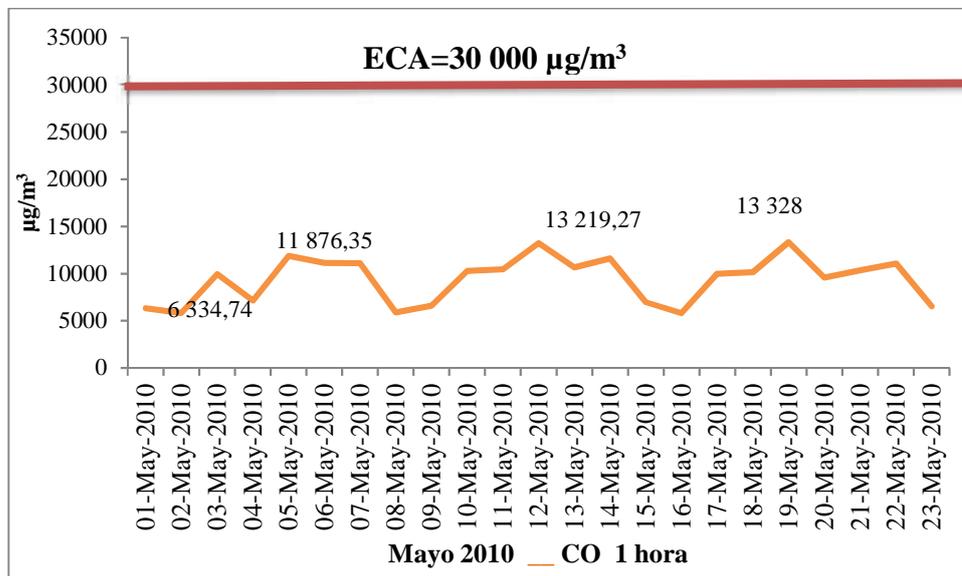


Figura 13. Niveles de concentraciones promedio de monóxido de carbono (CO) por hora. Estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, mayo 2010.

La Figura 13, muestra las concentraciones promedio por hora de monóxido de carbono (CO), del mes de mayo donde el valor máximo fue de 13 328 µg/m³ el día miércoles 19 a las 07:00 (07:00 – 07:59) horas. Teniendo en cuenta el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) que señalan 30 000 µg/m³ en 1 hora, establecido en el D.S. N° 074-2001-PCM. Se afirma que en la estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, los valores no superan el ECA en el año 2010.

Se aprecia en este mes, una variación total desde el 03 al 23 de mayo los incrementos de concentración promedio de monóxido de carbono (CO), son inconstantes, en forma creciente, logrando la mayor concentración por hora durante el periodo de estudio (13 328 µg/m³).

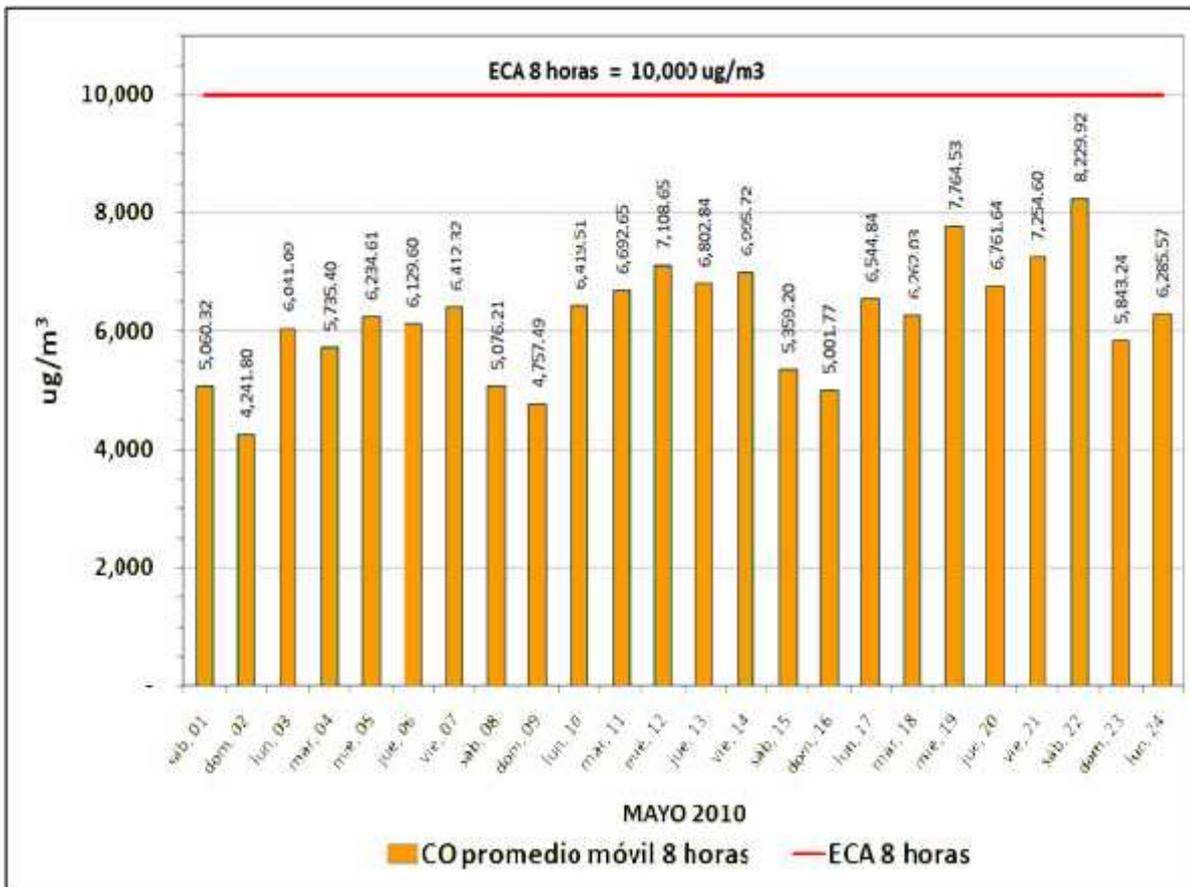


Figura 14. Niveles de concentraciones monóxido de carbono (CO). Promedio Móvil 8 horas. Estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, mayo 2010.

La Figura 14, muestra las concentraciones promedio móvil 8 horas de monóxido de carbono (CO), donde el valor máximo fue de 8 229,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del día sábado 22 a las 15:00 y 22:00 horas. Teniendo en cuenta el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) que señalan 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1 hora, establecido en el D.S. N° 074-2001-PCM, se afirma que en la estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, que los valores no superan el ECA durante el año 2010.

Los cuerpos receptores como el aire tienen la capacidad de diluir o dispersar la contaminación emitida sin que se produzcan impactos ambientales significativos (Informe defensorial 2002: 22).

e. Mes: Julio

Las mediciones de monóxido de carbono (CO), del mes de marzo, se iniciaron el día 01 de julio 10:00 horas, se realizó 23 lecturas.

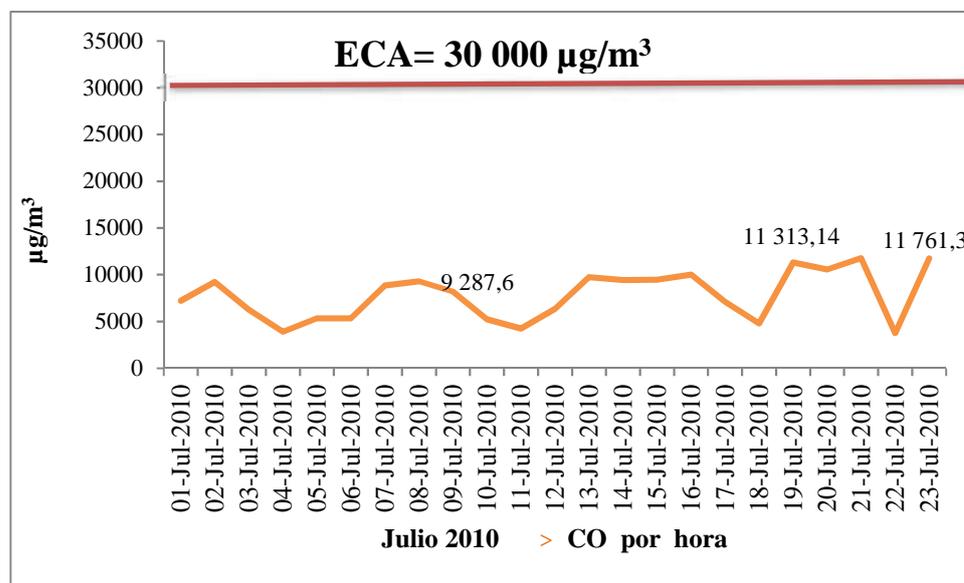


Figura 15. Niveles de concentraciones promedio de monóxido de carbono (CO) por hora. Estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, julio 2010.

La Figura 15, muestra las concentraciones promedio por hora del mes de julio, donde el valor máximo fue de 11 761 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el día miércoles 21 a las 07:00 (07:00-07:59) horas. Teniendo en cuenta el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) que señalan 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1 hora, establecido en el D.S. N° 074-2001-PCM, se afirma que en la estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, los valores no superan el ECA durante el año 2010.

Se aprecia una ligera variación desde el jueves 01 al jueves 23 de julio, los incrementos de concentración promedio de monóxido de carbono (CO), son inconstantes, en forma creciente, logrando la mayor concentración por hora del mes de julio.

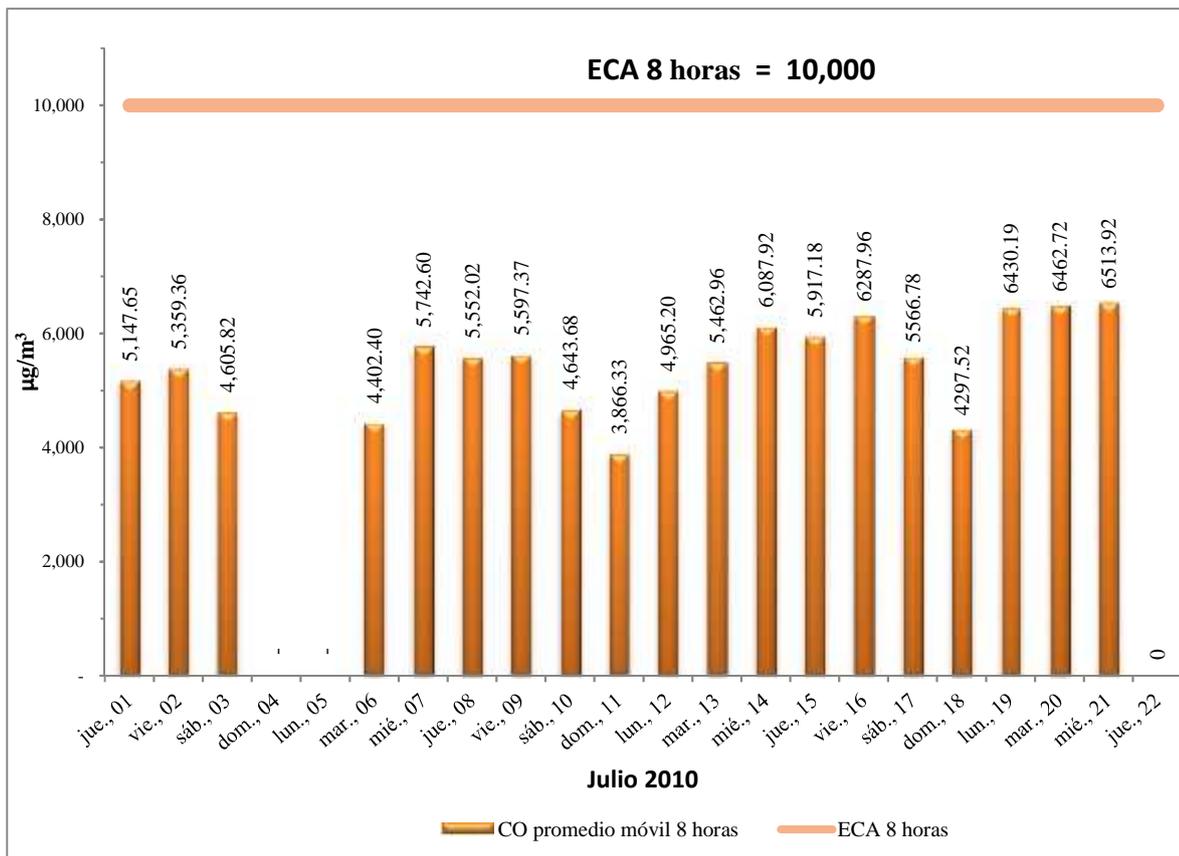


Figura 16. Niveles de concentraciones promedio de monóxido de carbono (CO) promedio móvil 8 horas. Estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, julio 2010.

La Figura 16, muestra las concentraciones promedio por promedio móvil de 8 horas del mes de julio donde el valor máximo fue de 6 513,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del día miércoles 21 a las 07:00 horas, que no sobrepasa el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) que señalan 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1 hora, establecido en el D.S. N° 074-2001-PCM. Por tanto en la estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, en comparación con los valores no superan el ECA durante el año 2010.

4.1.2. Síntesis de promedios máximos de monóxido de carbono (CO)

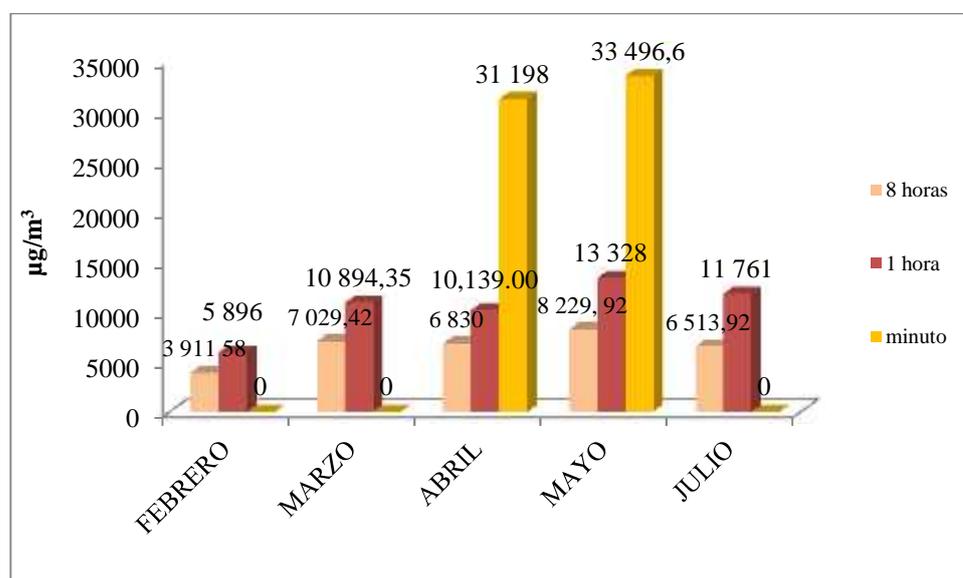


Figura 17. Niveles de concentración máximos de monóxido de carbono (CO). Estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, de febrero, marzo, abril, mayo y julio - 2010.

La Figura 17, muestra la síntesis, de promedios máximos de monóxido de carbono (CO) de: Febrero, marzo, abril, mayo y julio; el mes de junio por inconvenientes internos de la estación, no se registraron datos donde:

Por minuto. De los monitoreos realizados por minuto las máximas concentraciones de monóxido de carbono (CO) realizadas en abril la máxima concentración promedio fue 31 198 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en mayo fue 33 496,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que sobrepasa el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) que señalan 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un periodo de 1 hora, establecido en el D.S. N° 074-2001-PCM, se determina que los valores sí superan el ECA.

Por hora. Los monitoreos realizados por hora muestran los valores máximos de concentración de monóxido de carbono (CO) donde en mayo fue 13 328 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que no sobrepasa el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) que señalan 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un periodo de 1 hora, establecido en el D.S. N° 074-2001-PCM, se determina que los valores no superan el ECA.

Por 8 horas. Los monitoreos muestran valores máximos de concentración de monóxido de carbono (CO), en mayo fue 8 229,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que no sobrepasa el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) que señalan 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un periodo de 8 horas, establecido en el D.S. N° 074-2001-PCM, se determina que los valores no superan el ECA.

4.1.3. Variación mínima de concentración de CO según las horas del día

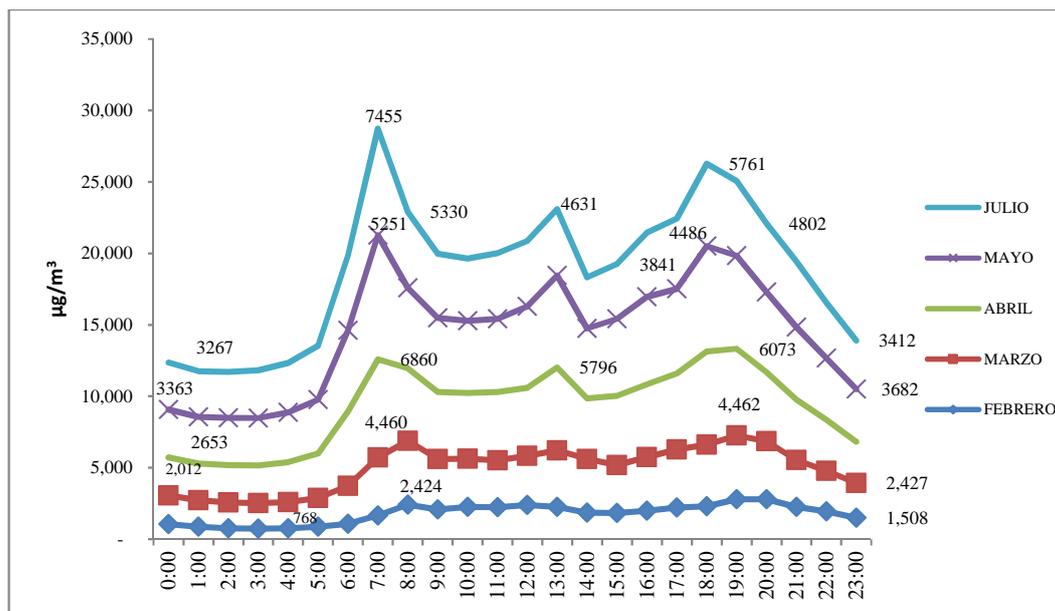


Figura 18. Niveles mínimos de concentración de monóxido de carbono (CO). Estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita” 2010.

La Figura 18, muestra los resultados de menor concentración de monóxido de carbono (CO) durante el periodo de investigación de febrero, marzo, abril, mayo y julio, según las horas del día, se observa que el menor incremento es entre las 00: 00 horas, las 07:00 (7 455 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 13:00 (4 631 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y las 18:00-19:00 horas (5 761 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). El mes de menor concentración es febrero (768 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y el de mayor concentración es julio (7 455 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), las concentraciones mínimas de monóxido de carbono (CO) fluctúan entre las 04:00 y 23:00 horas del día. Se concluye que los meses con menor concentración de monóxido de carbono (CO) son febrero y marzo, que coincide con el periodo vacacional en donde existe mayor afluencia de movilidad escolar además: desde las 05:00 hasta la 09: horas, desde las 12:00 hasta las 14:00 horas y de las 17:00 a 20:00 horas, existe incremento de la concentración de monóxido de carbono (CO) debido a que son consideradas horas punta, pero de acuerdo a lo establecido con el D.S. N° 074-2001-PCM, se determina que los valores no superan el ECA.

4.1.4. Relación de concentración de monóxido de carbono (CO) con la temperatura y el viento 2010

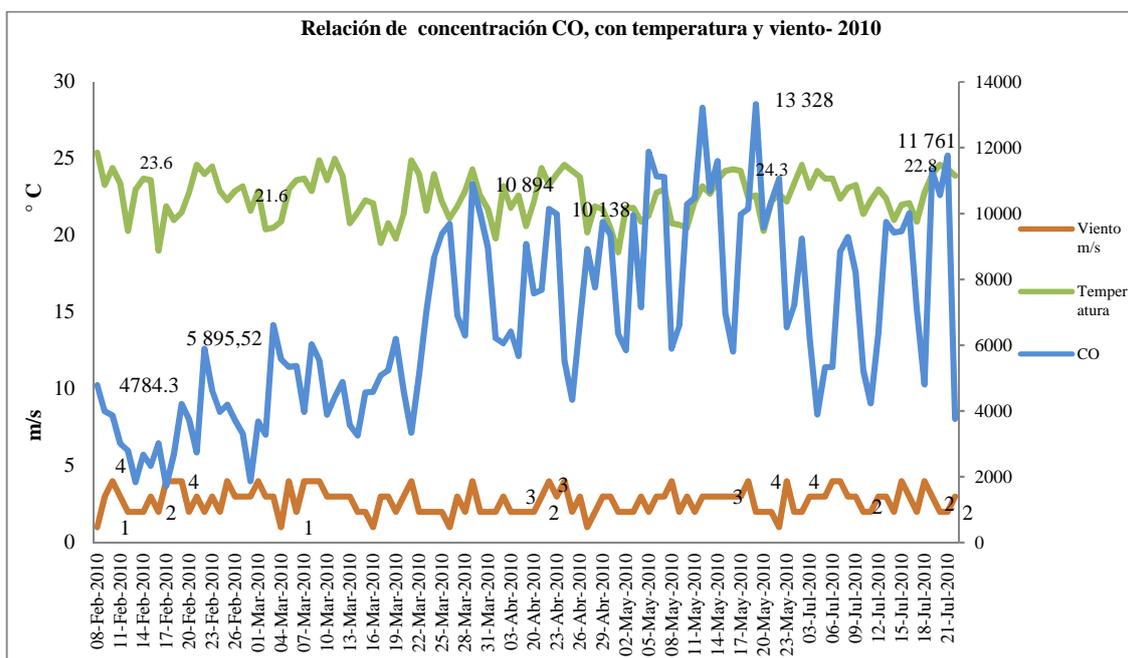


Figura 19. Relación de concentración de monóxido de carbono (CO) con temperatura y viento.

Fuente: Oficina de estadística (SENAMHI 2010)-Estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita” 2010.

La Figura 19, muestra la relación de concentración de monóxido de carbono (CO) con temperatura y viento, ejecutados durante el periodo de estudio de febrero a julio del año 2010, el mes de mayo registra los valores más altos que exceden los $13\,219\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ y no guarda relación directa con la temperatura ni la velocidad del viento puesto que el 20 de mayo se alcanzó el mayor valor del monóxido de carbono (CO) de $13\,328\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, así como la temperatura registrada fue de $20.3\ ^\circ\text{C}$ y la velocidad del viento fue de $2\ \text{m/s}$ (Ver Anexo 10), dato que no guarda relación en este punto. Finalmente se confirma los datos obtenidos con la relación que guardan el efecto de los movimientos verticales del viento que influyen en la dispersión del monóxido de carbono (CO). Si es condición no estable los contaminantes se dispersan rápidamente porque se mezcla el aire contaminado con el aire limpio, reduciendo la concentración promedio del monóxido de carbono (CO). Donde a mayor velocidad del viento mayor dispersión de los contaminantes (SENAMHI 2010).

4.1.5. Contrastación de la hipótesis

a. Resultados de niveles de concentración de monóxido de carbono (CO):

La Figura 17 página 52, muestra la síntesis de resultados de los niveles de concentración de CO. **Por minuto:** El valor máximo de monóxido de carbono (CO), fue en el mes de mayo con 33 496,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que comparado con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un periodo de 1 hora, según el D.S. N° 074-2001-PCM, se deduce que los niveles de concentración de monóxido de carbono (CO) por minuto sí superan el ECA. **Por hora.** El valor máximo de monóxido de carbono (CO), fue en el mes de mayo con 13 328 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que comparado con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un periodo de 1 hora, según el D.S. N° 074-2001-PCM, se deduce que los niveles de concentración de monóxido de carbono (CO) por hora no superan el ECA. **Por promedio móvil (8 horas).** El valor máximo de monóxido de carbono (CO), por promedio móvil (8 horas) fue en el mes de mayo con 8 229,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, según el D.S. N° 074-2001-PCM, establece el ECA de 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se deduce que el máximo nivel de concentración de monóxido de carbono (CO) en la estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, por minuto, por hora y promedio móvil (8 horas) durante el periodo de estudio, fue en el mes de mayo, que no constituye riesgo de contaminación.

De lo referido, se concluye que los niveles de concentración de monóxido de carbono (CO) varían según las horas del día, inclusive en algunos minutos donde superan los valores establecidos por el ECA, pero en general, todavía no existe riesgo de contaminación del aire por monóxido de carbono (CO), según lo establecido por el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM.

4.2. Discusión

El parque automotor de la ciudad de Cajamarca, es cada vez más creciente la mayor parte de unidades móviles son nuevas (IEMPC 2009). Esta es la razón por qué los valores encontrados en el presente trabajo, no superan los límites establecidos por los ECA. El parque automotor de la ciudad de Cajamarca, contamina más el aire con fuentes móviles (13 333 tn/año), que con fuentes fijas (1 250,79 tn/año) así lo confirman los resultados obtenidos del proyecto de

fortalecimiento de la gestión ambiental en la provincia de Cajamarca del 2009. Según un inventario realizado por la Organización Mundial de la Salud, el 70 % de contaminación de monóxido de carbono se debe a fuentes móviles, emitidas por los tubos de escape de los vehículos (OMS 1997).

En Cajamarca el tipo de combustible que utilizan los vehículos del parque automotor, es diesel-2 (87,39 %), sin embargo, el tipo de combustible en orden de prioridad de emisiones, es G-84 que aporta a la atmósfera 153,24 g/km de emisiones de monóxido de carbono (CO) en gramos por kilómetro de recorrido, por los tubos de escape de los vehículos (Ver Tabla 8). En el combustible a gasolina el tipo de control de emisiones es un catalizador de 2 vías que oxida y reduce el monóxido de carbono (CO) hasta un 95 %, pero como la emisión de monóxido de carbono (CO) en la ciudad es de 153,24 g/km, existe mayor contaminación. Cajamarca es una ciudad de altura con una velocidad promedio del viento menor a 2,7 m/s, rodeada por montañas que dificultan la ventilación por los bajos niveles de oxígeno y producen condiciones para que la contaminación se mantenga en concentraciones constantes que podrían presentar consecuencias para las personas y el medio ambiente (Informe defensorial 2002: 22). Asimismo la temperatura del aire promedio en Cajamarca es 20,3 °C, que al mostrar variación, determina los movimientos de las masas de aire y por tanto las condiciones de estabilidad e inestabilidad del movimiento de los contaminantes como el monóxido de carbono (CO) (Harrison y Yin 2000). Por otro lado, el parque automotor de la ciudad de Cajamarca conformado por 41 541 vehículos (IEMPC 2009), de los cuales la ciudad cuenta con el 30, 57 % de vehículos fabricados después del año 2006, por ende, el parque automotor de Cajamarca es el más moderno del Perú, los vehículos nuevos, cumplen con los estándares establecidos, pero generan mayores emisiones en su trabajo real, por diferentes factores como: por el tipo de combustible que usan los vehículos, el peso bruto vehicular (En Cajamarca se especula el incremento de flotas de unidades por sub-contratas para la empresa minera Yanacocha que llevan diferente tipo de carga pesada diariamente que en su mayoría son clasificados como camiones, los cuales utilizan combustible G-84 y emiten a la atmósfera la mayor concentración con 70 g/km de monóxido de carbono (CO) del total emisiones de los 153,24 g/km). El proyecto de fortalecimiento de la gestión de la calidad del aire, en la Tabla 11 afirma que el total de camiones es de 4 362 en el año 2009, por lo que se demuestra que el combustible que usan es el más contaminante. Los pesos de los vehículos guardan relación con el consumo de combustible, con el precio, el motor realiza un menor esfuerzo que se refleja en el consumo de combustible, o sea que un mayor peso en un vehículo contribuye al aumento de emisiones contaminantes a la atmósfera, lo que explicaría

porque existe en Cajamarca mayor contaminación si contamos con vehículos nuevos que su motor realiza menor esfuerzo que un motor usado, además el consumo del combustible es menor (IRSA SUR 2005).

En comparación con La Libertad (Trujillo), el tipo de combustible que usan los vehículos es diesel- 2 (89,15 %) y el tipo de combustible en orden de prioridad de emisiones de monóxido de carbono (CO), es G-90 que aporta a la atmósfera 92,57 g/km en gramos por kilómetro de recorrido por los tubos de escape del parque automotor de un total de 64 439 vehículos que constituía la flota de La Libertad del año 2005. El tipo de control de emisiones combustible a diesel, es similar a un catalizador de 2 vías de vehículos a gasolina, pero este catalizador destruye el monóxido de carbono (CO), a un 90 % de emisiones. Así como también si se cuenta con 8 063 camiones en el año 2004 (de diferente clasificación), éstos no transportan el tipo de carga pesada con la intensidad de Cajamarca, además de contar con un parque automotor obsoleto (no visitan constantemente a los talleres mecánicos como en Cajamarca, hoy en día un mecánico tiene buena solvencia y posesión económica se podría decir que han subido de nivel en la sociedad) donde los neumáticos son durables y contaminan menos (los neumáticos al ser poco durables contaminan más rápido porque son inservibles, en la Unión Europea (UE) se consumen anualmente dos millones de toneladas de neumáticos) (OEA 2010). Asimismo la ciudad de Trujillo presenta un clima templado, desértico y oceánico con una velocidad promedio del viento de 6,58 m/s que ayuda a la dispersión de los contaminantes (IRSA SUR 2005).

Así mismo, el presente estudio guarda relación con otros trabajos de investigación realizados de modo similar en Cusco y Trujillo. En Cajamarca se acopió información en un punto específico, durante 113 días; en el Cusco la información se recogió en 8 puntos diferentes, durante 5 días; mientras que en Trujillo fue en 2 puntos distintos durante 6 días. El equipo utilizado en el Cusco fue el Tren de Muestreo Burbujeador de CO, para Trujillo y Cajamarca el Equipo Analizador Automático para Gases. Las concentraciones máximas de CO registradas por hora en los tres puntos de estudio son: en el Cusco fue 16 913,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en Trujillo: UNT (primer punto) fue 1 118,16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en La Esperanza (segundo punto) fue 1 575 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en Cajamarca fue 13 328 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Comparando estos resultados, se observa que las máximas concentraciones, en general están por debajo de lo establecido por el ECA ($30\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$). En cuanto al promedio móvil por 8 horas, se cuentan con datos de Trujillo y Cajamarca, los datos obtenidos son: en la estación de la UNT fue de $425,24\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la estación de Trujillo (La Esperanza) fue de $667,02\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, si se comparan los resultados con el promedio móvil de la estación de Cajamarca ($8\,229,92\ \mu\text{g}/\text{m}^3$), se concluye que Cajamarca tiene un alto nivel de concentración de CO por promedio móvil comparado con Trujillo, pero todavía no alcanza el nivel establecido por el ECA.

Lo relevante del presente estudio es que los datos obtenidos en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, de la ciudad de Cajamarca, en el año 2010, se ejecutaron por un período considerable de tiempo, los cuales son confiables, en comparación con otros estudios como de Trujillo y Cusco que presentan un informe de registro de días de monitoreo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Las concentraciones de monóxido de carbono (CO), en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido, ubicada en la Institución Educativa “Santa Teresita”, durante el período de estudio de febrero, marzo, abril, mayo y julio, no superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del aire.
2. La mayor concentración promedio de monóxido de carbono (CO) por hora encontrado fue $13\,328\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, que no supera el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) del aire ($30\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$).
3. El mayor promedio móvil (8 horas) de concentración de monóxido de carbono (CO) encontrado fue $8\,229,92\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, que no supera el Estándar de Calidad Ambiental del aire ($10\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$).
4. El máximo nivel de concentración de monóxido de carbono (CO) por minuto, por hora y promedio móvil (8 horas) durante el periodo de estudio, fue en el mes de mayo del año 2010.

RECOMENDACIONES

1. La Municipalidad Provincial de Cajamarca, debe continuar realizando trabajos de monitoreo de Calidad de Aire en los diferentes puntos críticos de la ciudad, que no han sido consideradas en el presente trabajo de investigación.
2. A la Municipalidad Provincial de Cajamarca, se recomienda implementar a la Gerencia de Desarrollo y Medio Ambiente con equipos actualizados que permitan registrar información histórica de los niveles de concentración de monóxido de carbono (CO) y otros factores de contaminación.
3. A la Municipalidad Provincial de Cajamarca, se propone implementar un sistema de revisiones técnicas obligatorias, estrictas y permanentes, para el control de emisiones de transporte público, vehículos pesados, calidad del combustible (diesel), etc.
4. A la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se recomienda promover trabajos de investigación para proponer alternativas viables para mitigar la contaminación ambiental en la ciudad de Cajamarca.

LISTA DE REFERENCIAS

Canter L, W. 1999. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. 2 ed. Colombia. Editorial DIVINNI LTDA. 841 p.

Contratista Eisa Corredor Vial Interoceánico Sur (IRSA SUR) .2005. Concesiones. Perú - Brasil: Tramo II. 56 p.

Dirección General de Salud Ambiental. 1998. DIGESA. Fuentes de plomo en la gasolina. Lima y Callao. 25 pp. Lima.

Environmental Protection Agency. 1970. U.S. EPA. Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. Misión es proteger la salud humana salvaguarda el medio ambiente natural.

_____. 1994. U.S. EPA. Measuring air quality: the pollutant standards index. Research Triangle Park NC: Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning & Standards.

_____. 2003. US-EPA. Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. Reducción del contenido de plomo de la gasolina.

_____. 2004. US-EPA. Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. Medio ambiente natural.

_____. 2005. US-EPA. Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. Medio ambiente natural.

Envirolab Perú SAC. 2010. Informe de ensayo N° 1010067. Lima. Perú.

Eyzaguirre J. Química de los hidratos de carbono. 2000. 2 ed. Editorial Andrés Bello. Chile. 169 p.

Fondo Nacional de Medio Ambiente. 2004. FONAM. Estudio Transporte Urbano. Lima-Perú. s.n.t. 158 p.

García R. 2006. Análisis del incremento, de la emisión de gases y humos particulados por vehículos de automotores de transporte urbano de pasajeros en la ciudad de Cajamarca. Tesis Mag. Sc. UNC. 60 p.

Gómez, O. 2002. Evolución de Impacto Ambiental. 2 ed. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 749 p.

Gonzales S; Bergovisst, E. 1986. El impacto de las emisiones de gases y otros productos desde chimeneas de fundiciones de minerales sobre las actividades agropecuarias. Ambiente y desarrollo. Santiago de Chile.s.n.t. 122 p.

Harrison, R; Yin J. 2000. Particulate matter in the atmosphere: Which particle properties are important for its effects on health (en línea). Consultado 1 ene. 2010. Disponible en <http://www.particulate atmosphere.htm>.

Horn, R. 1998. A natural history of negation. Chicago. (En línea).s.e. Editorial. University of Chicago Press. Consultado. 1ene. 2010. Disponible en <http://www.contaminantes.htm>.

Informe defensorial No. 116. 2002. La calidad del aire en lima y su impacto en la salud y la vida de sus habitantes. Defensoría del pueblo. República del Perú.120 p.

Institución de acción social y la salud de la población. (ASDE). 2006. Informe final de contaminación vehicular en Lima y Callao. Universidad Nacional Federico Villarreal. Facultad de ingeniería Industrial. 30 p.

_____. (ASDE). 2008. Informe final de contaminación vehicular en Lima y Callao. Ley que regula el contenido de azufre en el combustible diesel. Lima Callao. 20 p.

Inventario de emisiones al aire por fuentes fijas (IEMPC). 2009. Cuenca Atmosférica de la ciudad de Cajamarca Municipalidad Provincial de Cajamarca. Grupo Técnico Local de la Gestión de la Calidad Aire. 30 p.

León, T; Jardch, A. 2001. American Collage of Ocupacional and Environmental Medicine. Universidad Nacional de Cajamarca.

Machado, JA. 2010. Intoxicación por monóxido de carbono. Colombia. Consultado. 1 ene. 2010. Disponible en <http://www.ww.reeme.arizona.edu>. 40 p.

Maltoni C; Scarnato, P. 1977. En la unidad experimental Bientivoglio del Instituto de Oncología de Boloña, Italia. s.n.t. 225 p.

Manual de uso Hi-Vol P-M10. 2009. Thermo Electron. Marca Thermo Scientific. Serie P5679. Modelo N° G10557 PM 10-1. Estados unidos.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (MTC). 2008. Dirección de Información de Gestión. 37 p. Cajamarca. PER.

Prendez, M. 1993. Características de los contaminantes atmosféricos: Contaminación atmosférica. Santiago. Chile. 186 p.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEA) 2010. Plan Operativo Institucional. Informe N° 034. OEFA. Lima. Perú. 110 p.

Organización Mundial de la Salud. (OMS). 2005. Principales emisiones antropogénicas. Consultado. 08 oct. 2010. Disponible <http://www.mediacentre/oms.html>.

_____. (OMS). 1997. Efectos de los contaminantes en el aire. Consultado. 08 oct. 2010. Disponible <http://www.contamiantesgases/oms.html>.

Seoanez C, M. 2000. Tratado de Gestión del Medio Ambiente Urbano. s.e. España. Edit. Aedos. S.A. 395 p.

Smith, K. 1978. Air pollution and health: a global review. New York: Plenum Press. Colombia. Consultado.1 ene. 2010. Disponible en <http://www.pollution.arizona.edu>.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía. 2010. (SENAMHI). Condiciones atmosféricas en el distrito de Cajamarca.

Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial. 2000. (SENATI). Estudio de control de gases de vehículos. Callao. 133 p. Lima, PER.

_____. 2008. (SENATI). Tránsito vehicular, zona monumental de Cajamarca. 20 p. Cajamarca, PER.

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 20. Medición de monóxido de carbono (CO) febrero – 2010. Estación: Santa Teresita (E-ST).

Fecha	HORA																							Prom. Hora.	
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00		23:00
08-feb-2010	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	4,367	4,784	2,974	2,468	2,177	2,023	3,132
09-feb-2010	968	845	791	755	704	794	1,140	1,720	3,525	3,243	3,047	2,378	2,242	2,466	1,758	1,936	2,980	3,574	2,763	3,987	3,538	2,334	1,872	1,428	2,116
10-feb-2010	784	768	674	627	652	854	1,134	1,871	2,858	2,724	3,003	2,245	1,321	1,209	1,170	1,217	1,775	1,123	1,436	3,863	2,736	1,642	1,608	1,175	1,603
11-feb-2010	743	593	550	444	545	533	582	1,201	1,479	1,934	2,413	1,928	1,617	1,630	1,148	1,317	1,799	2,641	2,330	2,366	3,010	2,239	1,240	1,260	1,481
12-feb-2010	827	610	558	575	593	674	840	1,336	2,307	2,249	2,174	1,970	2,424	1,977	1,238	1,316	1,473	2,743	2,256	2,793	2,422	2,305	2,069	1,529	1,636
13-feb-2010	1,028	698	629	654	620	849	1,087	1,442	1,630	1,795	1,446	1,197	1,057	1,086	1,134	838	1,462	902	1,358	1,470	1,833	1,690	1,682	1,084	1,195
14-feb-2010	1,229	956	859	797	878	980	1,099	1,390	1,737	1,153	1,165	1,649	1,639	1,790	1,136	1,778	2,667	1,544	1,919	1,615	1,950	1,960	1,727	1,320	1,456
15-feb-2010	1,387	1,346	1,102	872	850	891	899	1,354	2,333	s.d	s.d	s.d-	s.d	1,226											
16-feb-2010	s.d.	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	2,289	2,295	3,018	1,954	1,640	2,001	2,498	1,728	2,238	1,819	1,933	1,268	2,057
17-feb-2010	1,015	714	650	657	688	693	968	949	1,256	1,315	1,533	1,416	1,722	1,685	1,390	1,023	997	1,102	895	1,071	1,279	1,032	1,553	1,224	1,118
18-feb-2010	902	747	650	512	553	784	1,012	1,610	2,623	1,536	1,472	1,503	1,598	1,755	1,443	1,427	1,776	2,512	2,688	1,869	2,400	1,745	18-10	1,799	1,518
19-feb-2010	1,372	758	717	680	863	1,023	1,277	2,371	3,837	2,267	2,424	2,613	2,071	2,300	1,912	2,471	2,548	2,961	2,711	4,213	s.d	s.d	s.d	1,568	2,045
20-feb-2010	1,261	898	899	931	852	1,011	1,034	1,592	2,271	1,961	1,742	1,745	2,195	2,170	3,439	2,297	1,985	1,376	3,610	3,744	3,258	3,106	2,552	1,937	1,995
21-feb-2010	1,201	1,107	720	816	984	879	1,293	1,764	2,136	2,065	1,712	1,465	1,902	2,339	1,781	1,368	1,343	2,275	2,657	2,544	2,738	2,641	2,004	1,544	1,720
22-feb-2010	1,004	973	742	778	836	1,167	1,442	2,218	2,941	2,253	2,623	3,070	4,628	2,704	3,270	2,639	2,140	5,739	2,474	5,896	5,662	3,473	2,580	2,187	2,643
23-feb-2010	1,251	1,169	1,072	843	840	1,013	1,258	2,642	2,898	2,319	2,799	2,566	3,867	4,621	2,880	3,632	3,027	1,958	2,487	3,245	4,522	3,620	2,440	1,675	2,443
24-feb-2010	1,111	927	843	935	848	918	1,461	2,340	3,589	2,332	3,361	3,662	3,966	3,762	2,138	2,463	2,276	2,150	1,612	2,366	2,705	2,822	3,304	1,749	2,235
25-feb-2010	1,111	s.d.	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	3,230	3,492	2,769	s.d	1,345	1,905	2,634	2,247	3,000	2,387	4,195	2,458	1,759	1,311	2,417
26-feb-2010	1,033	806	725	726	787	925	1,138	1,889	2,656	2,685	2,589	3,560	3,506	3,722	2,023	2,108	2,203	1,980	1,985	2,402	2,398	1,637	1,285	1,114	1,912
27-feb-2010	811	749	704	764	730	832	851	1,117	1,922	1,634	2,489	2,491	3,312	2,065	1,754	1,720	1,705	1,681	1,431	1,695	1,836	2,103	1,408	1,431	1,551
28-feb-2010	954	1,011	867	818	996	916	995	1,095	1,630	1,710	1,537	1,413	1,389	1,204	1,245	1,481	1,320	1,361	1,515	1,789	1,257	1,862	1,717	1,528	1,317
Promedios	1,052	871	764	732	768	874	1,084	1,661	2,424	2,069	2,264	2,242	2,396	2,266	1,854	1,836	1,987	2,204	2,300	2,791	2,787	2,261	1,939	1,508	
Máximos	1,387	1,346	1,102	935	996	1,167	1,461	2,642	3,837	3,243	3,361	3,662	4,628	4,621	3,439	3,632	3,027	5,739	4,367	5,896	5,662	3,620	3,304	2,187	
Mínimos	743	593	550	444	545	533	582	949	1,256	1,153	1,165	1,197	1,057	1,086	1,134	838	997	902	895	1,071	1,257	1,032	1,240	1,084	
N° veces	19	18	18	18	18	18	18	18	18	17	18	18	19	18	19	19	19	19	20	19	19	18	19	20	

Fuente: Equipo analizador de gas. Monóxido de carbono (CO) - 2010.

ANEXO 2

Tabla 21. Medición monóxido de carbono (CO) marzo – 2010. Estación: Santa Teresita (E-ST).

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Prom. hora
01-mar-10	1114.81	973.15	932.27	894.44	938.09	1058.89	1273.67	1915.97	2883.03	2154.75	2740.58	2556.82	3447.86	3320.08	2840.87	3426.29	2312.69	1836.27	1589.88	2181.43	3680.32	1875.96	1823.21	1567.62	2056
02-mar-10	1187.47	1019.4	983.34	987.64	974.52	1024.39	1262.41	2428.11	3282.59	1897.51	2450.28	2242.5	2258.34	2139.31	3217.95	2370.07	3267.4	2219.79	3146.58	2572.49	2004.71	1627.3	1492.73	1318.24	1974
03-mar-10	1207.06	1128.91	1053.9	1036.23	1056.07	1077.13	1361.02	2781.06	4156.99	2520.73	2214.3	2294.62	2695.26	2531.15	2414.02	1999.13	3267.97	5071.15	5600.38	6606.34	4699.88	3081.89	2948.72	1918.62	2697
04-mar-10	1271.04	1056.31	1070.27	956.88	1002.33	1221.62	1627.12	2525.03	5569.85	4632.82	3572.39	3582.43	3239.46	4587.17	4184.54	2777.99	2581.94	3283.18	5422.47	3519.57	3723.97	2076.55	1682.3	2290.11	2811
05-mar-10	1470.83	1298.17	1335.99	1204.5	1199.92	1541.28	1818.3	4045.39	5341.73	3985.59	2697.05	3587.56	3481.89	4321.41	4036.96	2518.49	2301.98	2680.33	2471.55	2746.52	2455.79	2355.97	3195.97	2386.91	2687
06-mar-10	1357.49	1301.14	1275.57	1281.23	1246.26	1336.68	1471.1	1644.03	2437.18	3244.67	2747.31	2480.28	2323.55	2533.61	2493.99	2134.62	1619.98	2043.9	2055.53	2684.94	5371.52	4735.89	3249.5	2436.71	2313
07-mar-10	1965.27	1611.22	1444.06	1432.31	1538.71	1466.48	1953.09	2043.59	2733.1	2508.15	1989.9	1875.67	1798.63	1729.22	1831.37	2631.38	2206.36	2503.34	2965	3297.16	3970.88	2132.02	2350.47	1681.43	2152
08-mar-10	1254.88	1265.45	1143.72	1129.31	1267.5	1620.78	1825.93	4702.42	5004.13	4456.25	3816.95	2712.62	2794.47	2658.22	4380.55	2431.02	2549.82	2954.97	2470.82	5722.11	6025.96	4298.24	3390.04	2449.34	3014
09-mar-10	1480.92	1292.86	1148.39	1179.96	1216.11	1604.64	1917.49	3480.51	5533.96	3346.33	3075.91	2522.1	2689.75	2375.5	2593.49	2329.46	2053.49	2337.89	2622	2565.76	2363.35	2102.71	2169.98	2209.79	2342
10-mar-10	1388.51	1270.39	1275.75	1281.51	1305.11	1423.93	1588.15	2730.8	3385.85	3537.7	2871.26	sd	2041.1	2486.95	3447.74	2229.72	2892.81	3878.69	3478.34	3102.22	3508.67	2961.66	2366.44	1831.52	2447
11-mar-10	1495.37	1477.9	1481.36	1405.38	1350.77	1531.56	1567.21	3103.7	4061.51	3069.37	3098.51	2719.76	2766.26	2687.53	3560.32	3455.07	4031.81	4425.39	3248.61	4105.16	2893.21	3429.9	2152.22	2248.81	2724
12-mar-10	1815.96	1524.71	1459.36	1450.59	1497.18	1621.54	1928.51	3076.11	4547.34	3041.52	2862.44	2919.14	2845.65	4122.63	4695.88	2985.64	3347.98	3662.73	2621.19	4883.3	4803.26	2485.67	1909.62	1752.03	2828
13-mar-10	1592.07	1547.99	1536.84	1574.25	1513.17	1533.2	1599.87	1746.9	2193.41	2438.44	2572.09	2863.17	3566.58	3522.68	2997.94	2162.89	2883.19	2395.09	2144.91	2225.22	2369.43	2027.25	1972.53	1880.76	2202
14-mar-10	1759.43	1634.34	1637.54	1619.9	1656	1706.58	1792.7	2011.77	2390.55	2206.13	2394.58	2741.07	2407.91	2777.05	2527.26	2184.39	2244.81	2358.78	2509.9	3249.79	2836.15	2169.04	1862.4	2120.02	2200
15-mar-10	1765.51	1699.62	1666.21	1744.03	1720.94	1858.4	1924.74	3198.3	4559.07	3193.27	2737.76	2924.49	3418.13	3661.12	2961.59	3105.4	3184.27	4368.35	3545.59	4182.22	4515.58	3478.82	2699.87	2174.47	2929
16-mar-10	1884.06	1757.35	1719.58	1709.18	1711.16	1877.83	2049.09	2709.47	4577.42	3197.75	3556.74	2895.83	2863.99	3500.11	3912.56	2542.95	2655.24	2880.9	2846.62	3211.98	2723.26	2486.43	2291.44	2303.77	2661
17-mar-10	1994.07	1892.92	1865.06	1850.32	1871.38	1972.5	2148.31	3585.85	5085.98	4050.79	3341.77	4016.54	3034.33	3408.13	4313.36	2905.47	3211.07	3586.77	3219.07	4023.16	3211.52	2907.35	2886.93	2841.98	3051
18-mar-10	2776.77	2217.48	2111.25	2121.08	1881.65	2110.49	2323.11	3139.2	4976.32	3475.93	2923.6	2784.61	2921.63	3355.78	5233.1	3410.97	3437.71	3830.5	4186.48	4355.88	4923.38	4579.43	3945.04	3039.46	3336
19-mar-10	2434.91	2176.62	2071.9	2092.5	2071.04	2291.17	2659.38	3616.44	6194.23	4482.41	3472.57	3207.91	2883.7	3351.68	4222.51	3361.02	3469.55	3924.58	3788.4	5580.14	4437.85	4598.76	3481.52	3595.01	3478
20-mar-10	2976.07	2570.58	2279.22	2131.66	2087.24	2281.92	2642.36	3002.83	3250.74	3239.13	2777.15	2973.3	2865.47	3427.84	3411.61	2810.11	2870.04	3286.14	3906.51	3943.49	4349.13	4622.39	3821.64	3319.13	3119
21-mar-10	2722.34	2413.23	2371.28	2298.38	2255.05	2444.02	2506.57	2927.65	3341.47	3210.2	2850.57	2746.91	2635.72	2590.19	2471.48	2427.98	2446.38	2417.33	2579.16	3133	2817.59	2700.18	2551.5	2395.16	2636
22-mar-10	2257.99	2157.5	2134.96	2017.45	2134.47	2182.75	2423.77	4451.79	5091.14	3787.42	3327.28	3506.5	3314.86	3454.13	4331.04	3292.93	3162.67	3372.83	2900.96	3880.45	3938.58	2704.99	2763.85	2348.2	3122
23-mar-10	2293.31	2055.72	2085.59	2036.27	2089.23	2151.65	2322.35	3810.35	4709.49	3173.25	3096.85	4202.46	6236.67	5108.38	5033.43	5380.73	6042.49	7040.05	4354.9	6882.88	6604.15	5084.8	3322.51	2431.86	4065
24-mar-10	2316.25	2216.8	2125.81	2160.68	2304.58	2394.35	2787.23	4893.67	8672.47	4326.38	5686.34	4215.08	4791.19	sd	5518.58	3454.65	4235.76	5761.96	8383.79	7380.86	4334.5	4416.09	3697.55	2594.07	4290
25-mar-10	2408.72	2314.78	2318.12	2301.46	2357.24	2535.23	6430.28	9384.35	6688.82	5107.07	4755.72	4393.77	4565.74	5482.29	4231.84	5128.63	6679.27	5549.29	6758.74	5303.18	5137.94	3229.68	2735.81	2408.59	4509
26-mar-10	2328.57	2368.31	2388.95	2344.46	2548.59	3032.77	5265.64	5191.52	5062	4438.51	5286.21	4181.51	4670.46	9684.77	3881.6	5528.39	7332.4	6957.4	8556.27	6601.73	4457.28	3982.21	3266.41	3054.45	4684
27-mar-10	2926.35	2652.52	2786.38	2624.91	2696.4	2907.75	3467.63	5112.58	3830.84	4031.43	3879.01	3412.07	4256.04	4804.89	4197.77	4788.17	5784.2	6334.8	6904.58	6046.85	5276.44	3566.61	4057.4	3252.05	4150
28-mar-10	2844.35	2891.61	2802.2	2572.46	2734.81	2974.23	3672.17	4500.66	3644.48	3569.81	3385.89	3869.56	3692.04	4608.38	4171.19	3551.45	3319.59	3922.79	4886.9	6290.72	4573.39	4607.95	3483.08	2817.71	3724
29-mar-10	2562.03	2451.95	2465.65	2622.71	2855.57	3303.43	6621.67	9145.68	4682.36	3849.45	3838.69	4207.52	3991.37	6034.99	4116.41	4750.73	8053.18	7902.96	10894.4	8239.02	6243.69	4883.3	4103.15	2917.55	5031
30-mar-10	2762.89	2716.35	2617.36	2660.5	2851.29	3422.35	6058.79	10008.7	5079.94	4443.82	5639.23	4794.58	6233.32	6868.97	4298.92	4630.19	4879.73	4924.85	8785.85	6086.41	4642.42	3627.67	3126.44	2768.06	4747
31-mar-10	2761.79	2636.59	2616.55	2737.9	2937.27	2889.81	4140.61	8953.06	5295.41	4990.1	4766.11	4826.16	5784.97	7417.71	4573.88	6744.22	7972.23	8267.37	4932.24	3725.95	3361.23	3155.44	3578.46	2878.53	4664
PROMEDIOS	2012	1858	1813	1789	1835	2013	2659	4060	4460	3536	3369	3275	3436	3952	3745	3337	3752	4064	4315	4462	4073	3290	2851	2427	
MAXIMOS	2976	2892	2802	2738	2937	3422	6622	10009	8672	5107	5686	4826	6237	9685	5519	6744	8053	8267	10894	8239	6604	5085	4103	3595	
MINIMOS	1115	973.2	932.3	894.4	938.1	1024	1262	1644	2193	1898	1990	1876	1799	1729	1831	1999	1620	1836	1590	2181	2005	1627	1493	1318	

Fuente: Equipo analizador de gas. Monóxido de carbono (CO) - 2010.

ANEXO 3

Tabla 22. Medición de monóxido de carbono (CO) abril - 2010. Estación: Santa Teresita (E-ST).

Hora	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Prom hora
01-abr-10	2917	2820	2991	2874	3017	3059	3281	4031	4895	5320	5130	5669	5194	4925	3980	4854	5719	6209	5693	5558	3896	3710	3333	3084	4257
02-abr-10	2940	2860	2846	3042	2989	3284	3609	4046	4179	4180	4434	3954	3757	3557	3387	4929	4255	5392	6058	5778	4693	4971	4505	3268	4038
03-abr-10	3074	2889	3665	3009	3146	3352	4195	4834	4580	4640	4559	6032	6407	3967	4418	5941	4624	6411	4791	5491	4415	3761	3347	3287	4368
04-abr-10	3036	3264	2978	2994	3225	3363	3783	4335	3955	4076	4264	4003	4293	3766	3582	3520	4790	4475	4796	5667	4705	4615	3385	3112	3916
05-abr-10	2972	2901	2947	3145	3301	3435	8251	9072	5749	4781	5670	5518	5063	6490	4590	7316	5617	5855	6664	4837	s.d	s.d	s.d	s.d	5209
20-abr-10	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	4569	4692	5792	7574	5565	4130	3969	s.d	2460	4844							
21-abr-10	2318	2115	2175	2168	2396	2812	6636	7561	5043	4679	4197	4786	4173	7681	3507	4397	6025	4685	7333	6888	5749	4737	3155	2496	4488
22-abr-10	2272	2105	2068	2079	2182	2590	7656	10139	5549	3866	4588	3733	4608	6991	4140	4621	5183	4394	6424	6873	3810	3365	2994	2564	4367
23-abr-10	2296	2188	2274	2381	2708	3158	5769	9984	4755	4995	3927	4391	4081	6780	5167	5470	4710	4489	8798	7483	4669	4473	4366	2979	4679
24-abr-10	2393	2293	2333	2392	2428	2778	3450	5175	5521	4376	4147	3611	3664	3259	3173	3213	3220	3054	3213	5201	5077	4446	3877	2644	3539
25-abr-10	2618	2447	2364	2546	2734	2862	2879	4342	s.d	3789	3815	3914	4180	3174	3183	2673	3168								
26-abr-10	2544	2490	2425	2513	2719	2947	4875	6578	4915	5927	4605	4419	5098	6037	4818	5612	6029	6287	6705	6163	4277	3148	3111	2758	4458
27-abr-10	2418	2411	2374	2361	2574	3061	6659	8920	4657	3876	4257	4204	4281	6911	5563	5567	6762	4003	6405	6696	5730	4950	3675	2945	4636
28-abr-10	2553	2432	2438	2683	2676	3151	4547	5613	5146	4544	5217	5608	5607	7755	3975	4397	3888	4856	7038	7511	6068	4402	3634	3024	4532
29-abr-10	2632	2577	2545	2667	2852	3166	5358	9203	5561	5330	4479	4967	5165	5988	4218	4154	4697	6706	9743	5597	5149	4758	3611	2878	4750
30-abr-10	2806	2750	2636	2752	2696	3493	6808	9069	6299	5068	4890	6123	5295	7039	5152	4304	6225	8755	9358	7947	5860	4748	3873	3006	5290
PROMEDIOS	2487	2409	2441	2475	2603	2907	4860	6431	4720	4377	4291	4468	4446	5410	3978	4554	4777	5009	6142	5716	4525	3952	3337	2699	
MAXIMOS	3074	3264	3665	3145	3301	3493	8251	10139	6299	5927	5670	6123	6407	7755	5563	7316	6762	8755	9743	7947	6068	4971	4505	3287	
MINIMOS	2272	2105	2175	2079	2182	2812	2879	4031	3955	3866	3927	3611	3664	3557	3387	3520	3220	3054	3213	3914	3810	3365	2994	2460	
N° DE VECES	10	9	10	10	11	11	11	11	11	10	11														

Fuente: Equipo analizador de gas. Monóxido de carbono (CO) - 2010.

ANEXO 4

Tabla 23. Medición de monóxido de carbono (CO) mayo – 2010. Estación: Santa Teresita (E-ST).

FECHA	HORA																							Promedio Horario	
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00		23:00
01-may-10	2808	2604	s.d	2717	2755	2778	3256	3346	4715	4227	4882	4046	4855	6335	5238	5563	5230	4333	4162	4647	4279	3432	3073	3064	4015
02-may-10	2738	2659	2753	2616	2808	3145	3322	3732	3995	4653	4230	4466	4422	3797	3712	3330	4065	3610	4490	5839	4949	3939	3404	2852	3730
03-may-10	2871	2791	2664	2665	2839	3095	5713	8285	5098	5359	4717	5439	6332	5913	4499	5126	5383	5283	9943	5849	5415	4074	3985	3066	4850
04-may-10	2735	2773	2711	2760	2860	3827	6005	6954	4995	4578	4850	5241	4813	6466	5365	5676	7157	5944	5222	4895	4891	4671	3902	3296	4691
05-may-10	2964	2864	2908	2903	3036	3403	5599	11876	5929	4545	5156	5335	6015	5384	3625	4650	6671	6854	9123	7131	6179	5527	3741	3386	5200
06-may-10	3040	2912	3156	2851	3327	3309	7014	11132	5589	4957	4553	4326	5166	6299	4649	4142	5697	6502	7696	5555	6074	4526	4317	3605	5016
07-may-10	3007	2990	2846	2974	3159	3741	6231	11109	6143	5233	4412	4740	5223	7392	5127	6585	6386	5243	7070	8067	5429	4785	4409	3568	5245
08-may-10	3251	3207	3082	3291	3197	3574	4100	5393	5893	4576	4730	4373	4535	4234	4405	5779	5509	4430	4747	4800	5124	5299	4922	4012	4436
09-may-10	3592	3305	3274	3406	3697	3510	4183	5257	4260	4218	4052	3924	4086	4172	3670	3758	4680	5059	6591	5185	4333	4785	3567	3382	4164
10-may-10	3260	3116	3169	3408	3694	3899	6583	10275	5168	4944	5481	4813	6955	6558	4533	5126	6235	---	7991	7538	5338	5136	3726	3278	5227
11-may-10	3140	3052	2964	3025	3270	3544	5437	10475	5288	4770	4553	4865	6016	8644	4668	5175	6534	7360	8177	6967	5686	5231	4601	3438	5287
12-may-10	3082	3097	3088	3124	3360	3693	6811	13219	6419	4808	4729	5506	6627	7215	4938	5977	7617	6907	9898	7690	6384	5054	4300	3444	5708
13-may-10	3343	3122	3171	3246	3455	3642	6572	10676	6377	4949	4949	5107	6932	8944	5492	5708	6002	5401	5208	5029	5298	4731	3814	3603	5199
14-may-10	3293	3227	3334	3474	3521	4034	7156	11595	5817	4928	4600	4602	6206	8461	6089	6495	7580	7078	7552	6505	5075	5051	3973	3652	5554
15-may-10	3441	3343	3390	3429	3519	3778	4668	5917	6384	5186	4631	4724	4790	4766	4356	4844	4268	4986	5276	6964	6038	5812	4684	3649	4702
16-may-10	3546	3445	3613	3637	3726	3874	4769	4707	4979	4811	4650	4704	4506	4448	4620	4887	5264	4165	5238	5802	5005	5032	4431	3580	4477
17-may-10	3404	3440	3411	3503	3868	3925	7068	9972	6017	5693	5180	4917	5674	7838	5986	5864	4941	6243	6786	8126	6178	5839	4208	4030	5505
18-may-10	3656	3571	3531	3538	3971	4144	6010	10140	6188	5771	4936	5035	5518	6497	5169	4827	4981	4844	8730	6856	5807	4824	4373	3896	5284
19-may-10	3619	3483	3513	3732	3865	4085	6659	13328	6966	7566	6644	5831	7007	8115	5477	5421	7969	6449	11680	5745	6201	5849	4574	4063	6160
20-may-10	3814	3761	3707	3689	3704	4219	6577	9573	5562	5470	6405	5715	6626	7733	5110	5505	8279	6931	7813	6097	5730	5237	5159	4541	5707
21-may-10	3897	3894	3865	3875	4082	4694	6349	10351	6365	6446	5757	6415	6562	7353	5052	6850	6778	9211	8988	7242	5988	6185	4924	4423	6065
22-may-10	4312	4168	4082	4099	4166	4363	5349	6014	5557	6005	6199	7153	6683	6105	5481	7316	8498	8204	10607	11065	8081	6254	5815	4569	6256
23-may-10	4534	4215	4401	4324	4473	4629	5170	6546	5886	5785	5931	6298	5517	5613	4919	5297	5314	5152	6516	6071	5481	5173	4803	4277	5264
PROMEDIOS	3363	3263	3301	3317	3494	3778	5678	8690	5634	5195	5053	5112	5699	6447	4877	5387	6132	5918	7370	6507	5607	5063	4292	3682	
MAXIMOS	4534	4215	4401	4324	4473	4694	7156	13328	6966	7566	6644	7153	7007	8944	6089	7316	8498	9211	11680	11065	8081	6254	5815	4569	
MINIMOS	2735	2604	2664	2616	2755	2778	3256	3346	3995	4218	4052	3924	4086	3797	3625	3330	4065	3610	4162	4647	4279	3432	3073	2852	
Nº DE VECES	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13								

Fuente: Equipo analizador de gas. Monóxido de carbono (CO) - 2010.

ANEXO 5

Tabla 24. Medición de monóxido de carbono (CO) julio – 2010. Estación: Santa Teresita (E-ST).

HORAS	DIAS															V. Prom.	V. Max.	V. Min.
	jue, 01	vie, 02	sáb, 03	dom, 04	lun, 05	mar, 06	mié, 07	jue, 08	vie, 09	sáb, 10	dom, 11	lun, 12	mar, 13	mié, 14	jue, 15			
00	s.d	3,009	3,264	3,150	s.d	2,971	3,217	3,124	3,092	3,449	3,080	3,204	3,779	3,485	3,643	3,267	3,779	2,971
01	s.d	3,130	3,097	3,261	s.d	3,012	3,105	3,120	3,139	3,232	3,142	3,195	3,232	3,361	3,551	3,198	3,551	3,012
02	s.d	3,086	3,048	3,136	s.d	3,017	3,191	3,185	3,137	3,327	3,201	3,268	3,387	3,411	3,503	3,223	3,503	3,017
03	s.d	3,170	3,157	3,839	s.d	3,133	3,214	3,209	3,169	3,416	3,250	3,395	3,440	3,513	3,436	3,334	3,839	3,133
04	s.d	3,456	3,380	s.d	s.d	3,190	3,441	3,494	3,378	3,501	3,262	3,702	3,556	3,631	3,574	3,464	3,702	3,190
05	s.d	4,008	3,845	s.d	s.d	3,561	3,722	3,677	3,940	3,748	3,464	3,796	3,880	3,738	3,982	3,780	4,008	3,464
06	s.d	6,959	4,391	s.d	s.d	3,845	5,694	5,294	5,502	4,077	3,862	5,561	5,781	5,817	6,231	5,251	6,959	3,845
07	s.d	9,240	5,080	s.d	s.d	5,053	8,845	9,288	8,207	4,740	4,172	6,202	9,741	9,426	9,463	7,455	9,741	4,172
08	s.d	4,799	4,527	3,888	s.d	5,012	5,266	5,622	7,883	5,049	3,777	4,858	4,808	7,135	6,671	5,330	7,883	3,777
09	s.d	3,722	3,600	3,614	s.d	4,109	5,178	4,927	4,519	5,234	3,859	4,667	4,388	5,211	5,349	4,491	5,349	3,600
10	3,705	3,777	4,113	s.d	s.d	4,081	4,588	3,905	4,346	5,219	4,072	4,098	4,216	5,238	5,114	4,344	5,238	3,705
11	s.d	4,604	4,353	s.d	s.d	4,334	6,145	3,918	5,126	4,286	3,493	4,541	4,193	4,853	5,296	4,595	6,145	3,493
12	4,752	5,190	3,510	s.d	s.d	3,874	5,073	4,493	4,237	4,598	4,233	4,576	4,862	5,753	4,352	4,577	5,753	3,510
13	5,899	4,583	3,406	s.d	s.d	3,621	4,311	5,025	4,960	3,947	3,388	5,218	5,714	5,270	4,861	4,631	5,899	3,388
14	3,531	3,535	3,680	s.d	s.d	3,522	3,485	3,229	3,401	3,539	3,152	3,437	3,874	3,976	4,158	3,578	4,158	3,152
15	4,405	3,341	3,624	s.d	s.d	3,668	4,447	3,807	3,782	4,439	3,168	4,009	3,636	3,727	3,882	3,841	4,447	3,168
16	4,469	4,304	4,152	s.d	s.d	4,314	6,094	4,337	4,913	4,006	3,394	4,667	5,014	4,689	3,966	4,486	6,094	3,394
17	4,470	4,714	4,585	s.d	s.d	4,230	6,910	6,744	5,926	3,646	3,475	4,514	5,436	5,128	4,065	4,911	6,910	3,475
18	5,832	4,783	6,244	s.d	5,328	5,337	7,240	9,098	4,906	4,789	4,200	6,374	5,595	6,731	4,192	5,761	9,098	4,192
19	7,203	4,987	4,762	s.d	4,776	4,494	6,755	5,891	6,170	4,530	3,840	5,164	4,880	4,788	5,081	5,237	7,203	3,840
20	5,373	4,019	4,868	s.d	3,974	4,774	5,751	5,967	6,086	3,899	3,773	5,540	4,031	4,313	4,858	4,802	6,086	3,773
21	5,249	4,697	4,664	s.d	3,635	4,707	4,843	4,959	5,200	3,633	3,861	4,782	4,295	4,618	5,230	4,598	5,249	3,633
22	4,123	4,104	3,947	s.d	3,420	3,696	3,899	3,614	4,093	3,409	3,483	3,945	4,236	4,133	4,326	3,888	4,326	3,409
23	3,250	3,473	3,390	s.d	3,124	3,290	3,259	3,360	3,799	3,115	3,463	3,411	3,563	3,653	3,626	3,412	3,799	3,115
V. Prom.	4,789	4,362	4,029	3,481	4,043	3,952	4,903	4,720	4,705	4,034	3,586	4,422	4,564	4,817	4,684	4,339		
Mediana	4,470	4,061	3,896	3,437	3,805	3,860	4,716	4,128	4,432	3,923	3,479	4,527	4,226	4,653	4,259	4,128		
V. Max.	7,203	9,240	6,244	3,888	5,328	5,337	8,845	9,288	8,207	5,234	4,233	6,374	9,741	9,426	9,463	9,741		
V. Min.	3,250	3,009	3,048	3,136	3,124	2,971	3,105	3,120	3,092	3,115	3,080	3,195	3,232	3,361	3,436	2,971		

Fuente: Equipo analizador de gas. Monóxido de carbono (CO) - 2010.

ANEXO 6

Tabla 25. Medición de monóxido de carbono (CO) julio 2010. Estación: Santa Teresita (E-ST).

HORAS	DIAS							V. Prom.	V. Max.	V. Min.
	vie, 16	sáb, 17	dom, 18	lun, 19	mar, 20	mié, 21	jue, 22			
00	3,553	3,356	4,097	3,547	3,651	3,572	3,752	3,647	4,097	3,356
01	3,388	3,366	3,880	3,578	3,571	3,658	3,730	3,596	3,880	3,366
02	3,445	3,650	3,704	3,576	3,601	3,848	3,724	3,650	3,848	3,445
03	3,439	3,639	3,700	3,657	3,654	3,711	3,734	3,648	3,734	3,439
04	3,661	3,659	3,773	4,089	3,910	3,904	s.d	3,833	4,089	3,659
05	4,076	3,532	3,850	4,437	4,427	4,427	s.d	4,125	4,437	3,532
06	6,006	3,881	4,390	6,963	7,127	6,349	s.d	5,786	7,127	3,881
07	10,016	4,364	4,803	11,313	10,557	11,761	s.d	8,802	11,761	4,364
08	6,294	4,775	4,144	6,197	5,734	6,135	s.d	5,546	6,294	4,144
09	5,191	4,582	4,151	4,724	5,607	4,819	s.d	4,846	5,607	4,151
10	4,815	4,913	3,753	4,915	4,411	5,488	s.d	4,716	5,488	3,753
11	5,336	4,505	3,856	4,829	4,861	5,817	s.d	4,867	5,817	3,856
12	6,396	4,989	3,619	4,765	5,749	5,477	s.d	5,166	6,396	3,619
13	5,388	4,294	3,593	7,344	6,878	6,264	s.d	5,627	7,344	3,593
14	3,964	4,099	3,463	5,922	4,958	4,137	s.d	4,424	5,922	3,463
15	5,135	4,904	3,840	4,623	5,488	4,131	s.d	4,687	5,488	3,840
16	7,848	4,996	4,456	4,528	5,496	5,119	s.d	5,407	7,848	4,456
17	8,818	5,146	4,759	6,566	6,257	5,422	s.d	6,161	8,818	4,759
18	6,413	5,798	4,219	9,447	9,537	4,774	s.d	6,698	9,537	4,219
19	6,343	7,105	4,773	6,785	6,476	5,694	s.d	6,196	7,105	4,773
20	5,768	6,302	4,409	6,225	6,610	5,212	s.d	5,755	6,610	4,409
21	5,223	5,424	4,139	4,942	5,315	5,476	s.d	5,086	5,476	4,139
22	3,877	4,859	3,786	4,027	4,610	4,619	s.d	4,296	4,859	3,786
23	3,456	4,230	3,625	3,796	3,836	3,813	s.d	3,793	4,230	3,456
V. Prom.	5,327	4,599	4,033	5,450	5,513	5,151	3,735	4,830		
Mediana	5,207	4,543	3,868	4,797	5,401	4,969	3,732	4,797		
V. Max.	10,016	7,105	4,803	11,313	10,557	11,761	3,752	11,761		
V. Min.	3,388	3,356	3,463	3,547	3,571	3,572	3,724	3,356		

Fuente: Equipo analizador de gas. Monóxido de carbono (CO) - 2010.

ANEXO 7

Tabla 26. Temperatura y viento. Estación Augusto Weberbauer. Febrero - 2010.

Día/mes/año	Temperatura			Dirección del viento 13 h	velocidad del viento 13 h (m/s)
	Max (°c)	Promedio	Min (°c)		
01-Feb-2010	22,2	17,7	6,6	E	4
02-Feb-2010	24,6	23,6	11,3	NE	4
03-Feb-2010	23,5	24,85	13,1	NE	6
04-Feb-2010	22	24,6	13,6	SE	2
05-Feb-2010	19,9	22,95	13	SE	3
06-Feb-2010	18,6	22,2	12,9	E	2
07-Feb-2010	17,2	19,5	10,9	S	1
08-Feb-2010	25,4	22,5	9,8	S	1
09-Feb-2010	23,3	22,25	10,6	E	3
10-Feb-2010	24,4	25,2	13	S	4
11-Feb-2010	23,4	25	13,3	SE	3
12-Feb-2010	20,3	20,85	10,7	S	2
13-Feb-2010	23	23,3	11,8	SE	2
14-Feb-2010	23,7	20,55	8,7	S	2
15-Feb-2010	23,6	24,1	12,3	S	3
16-Feb-2010	19	22,5	13	E	2
17-Feb-2010	21,9	23,85	12,9	NE	4
18-Feb-2010	21	20,9	10,4	E	4
19-Feb-2010	21,5	21,45	10,7	E	4
20-Feb-2010	22,8	21	9,6	E	2
21-Feb-2010	24,6	21,1	8,8	SE	3
22-Feb-2010	24	24,2	12,2	E	2
23-Feb-2010	24,5	22,75	10,5	E	3
24-Feb-2010	22,9	18,75	7,3	SE	2
25-Feb-2010	22,3	16,65	5,5	S	4
26-Feb-2010	22,9	18,25	6,8	SE	3
27-Feb-2010	23,2	18,4	6,8	SE	3
28-Feb-2010	21,6	19,6	8,8	NW	3
PROM	22,40	21,73	10,53		2,89

Fuente: Oficina de Estadística (SENAMHI 2010).

ANEXO 8

Tabla 27. Temperatura y viento. Estación Augusto Weberbauer. Marzo - 2010.

Día/mes/año	Temperatura			Dirección del viento 13 h	velocidad del viento 13 h (m/s)
	Max (°c)	Promedio	Min (°c)		
01-Mar-2010	22,9	24,65	13,2	N	4
02-Mar-2010	20,4	21,8	11,6	S	3
03-Mar-2010	20,5	22,25	12	SE	3
04-Mar-2010	20,9	22,65	12,2	E	1
05-Mar-2010	23	22,8	11,3	N	4
06-Mar-2010	23,6	24,2	12,4	SE	2
07-Mar-2010	23,7	24,15	12,3	SE	4
08-Mar-2010	22,9	22,55	11,1	SE	4
09-Mar-2010	24,9	20,65	8,2	SE	4
10-Mar-2010	23,6	22,1	10,3	SE	3
11-Mar-2010	25	23,1	10,6	SE	3
12-Mar-2010	23,9	22,85	10,9	E	3
13-Mar-2010	20,8	22,7	12,3	NE	3
14-Mar-2010	21,5	20,75	10	NE	2
15-Mar-2010	22,3	23,65	12,5	N	2
16-Mar-2010	22,1	22,95	11,9	E	1
17-Mar-2010	19,5	22,55	12,8	N	3
18-Mar-2010	20,8	21,2	10,8	E	3
19-Mar-2010	19,8	19,9	10	E	2
20-Mar-2010	21,4	21,4	10,7	NE	3
21-Mar-2010	24,9	20,25	7,8	SE	4
22-Mar-2010	24	23,3	11,3	SE	2
23-Mar-2010	21,6	22,5	11,7	N	2
24-Mar-2010	24	20,4	8,4	E	2
25-Mar-2010	22,2	23,9	12,8	SE	2
26-Mar-2010	21,1	22,95	12,4	E	1
27-Mar-2010	21,9	22,05	11,1	SE	3
28-Mar-2010	22,9	21,75	10,3	E	2
29-Mar-2010	24,3	20,55	8,4	SE	4
30-Mar-2010	22,6	21,1	9,8	E	2
31-Mar-2010	21,7	22,45	11,6	S	2
PROM	22,51	22,19	10,92		2,6

Fuente: Oficina de Estadística (SENAMHI 2010).

ANEXO 9

Tabla 28. Temperatura y viento. Estación Augusto Weberbauer. Abril - 2010.

Día/mes/año	Temperatura			Dirección del viento 13 h	velocidad del viento 13 (m/s)
	Max (°c)	Promedio	Min (°c)		
01-Abr-2010	19,8	21,6	11,7	N	2
02-Abr-2010	23,2	24	12,4	E	3
03-Abr-2010	21,8	22,1	11,2	E	2
04-Abr-2010	22,6	23,1	11,8	SE	2
05-Abr-2010	20,6	23,1	12,8	E	2
06-Abr-2010	22,5	22,65	11,4	E	3
07-Abr-2010	23,4	20,9	9,2	NW	3
08-Abr-2010	24,6	20,5	8,2	E	3
09-Abr-2010	23,7	22,25	10,4	E	2
10-Abr-2010	23,8	23,8	11,9	SE	2
11-Abr-2010	23,2	19,6	8	E	2
12-Abr-2010	24	21,1	9,1	SE	3
13-Abr-2010	22,7	20,75	9,4	SE	3
14-Abr-2010	23,9	18,15	6,2	SE	3
15-Abr-2010	23,8	21,7	9,8	SE	2
16-Abr-2010	23,3	21,85	10,2	SE	2
17-Abr-2010	23,8	23,8	11,9	E	2
18-Abr-2010	21,5	18,45	7,7	E	2
19-Abr-2010	22,1	20,25	9,2	E	2
20-Abr-2010	22,2	19,2	8,1	N	2
21-Abr-2010	24,4	19	6,8	E	3
22-Abr-2010	23,3	18,05	6,4	E	4
23-Abr-2010	24	18,1	6,1	E	3
24-Abr-2010	24,6	19,1	6,8	E	4
25-Abr-2010	24,2	20,9	8,8	E	2
26-Abr-2010	23,8	19,8	7,9	NE	3
27-Abr-2010	20,2	19,1	9	E	1
28-Abr-2010	21,9	18,85	7,9	E	2
29-Abr-2010	21,7	22,25	11,4	SE	3
30-Abr-2010	20,5	21,95	11,7	SE	3
PROM	22,93	20,72	9,260		2,5

Fuente:

Oficina de Estadística (SENAMHI 2010).

ANEXO 10

Tabla 29. Temperatura y viento. Estación Augusto Weberbauer. Mayo - 2010.

Día/mes/año	Temperatura			Dirección del viento 1 3h	velocidad del viento 13 h(m/s)
	Max (°c)	Promedio	Min (°c)		
01-May-2010	18,9	21,55	12,1	E	2
02-May-2010	21,8	23,2	12,3	E	2
03-May-2010	21,8	22,9	12	SE	2
04-May-2010	20,9	21,45	11	S	3
05-May-2010	21,3	21,55	10,9	SE	2
06-May-2010	22,8	19,3	7,9	SE	3
07-May-2010	23	18,5	7	SE	3
08-May-2010	20,8	17,1	6,7	SE	4
09-May-2010	20,7	20,45	10,1	E	2
10-May-2010	20,5	21,45	11,2	N	3
11-May-2010	22,2	17,3	6,2	SE	2
12-May-2010	23,2	17,6	6	SE	3
13-May-2010	22,7	16,15	4,8	NE	3
14-May-2010	23,6	16,6	4,8	SE	3
15-May-2010	24,2	17,9	5,8	SE	3
16-May-2010	24,3	18,55	6,4	SE	3
17-May-2010	24,2	17,5	5,4	SE	3
18-May-2010	22,5	17,25	6	SE	4
19-May-2010	22,6	18,9	7,6	SE	2
20-May-2010	20,3	18,95	8,8	S	2
21-May-2010	22,2	19,3	8,2	SE	2
22-May-2010	22,7	19,85	8,5	S	1
23-May-2010	22,2	20,5	9,4	S	4
24-May-2010	22,6	17,1	5,8	SE	3
25-May-2010	21,8	18,7	7,8	E	2
26-May-2010	21,4	17,4	6,7	SE	3
27-May-2010	18	19,9	10,9	SE	2
28-May-2010	21,4	18,7	8	S	2
29-May-2010	21,8	17,4	6,5	S	2
30-May-2010	24	18,2	6,2	S	3
31-May-2010	23,6	18,2	6,4	S	3
PROM	22,19	18,63	7,53		2,7

Fuente: Oficina de Estadística (SENAMHI 2010).

ANEXO 11

Tabla 30. Temperatura y viento. Estación Augusto Weberbauer. Julio - 2010.

Día/mes/año	Temperatura			Dirección del viento 13 h	velocidad del viento 13 h (m/s)
	Max (°c)	Promedio	Min (°c)		
01-Jul-2010	23,4	15,9	4,2	E	2
02-Jul-2010	24,6	16,9	4,6	S	2
03-Jul-2010	23,1	16,35	4,8	SE	3
04-Jul-2010	24,2	15,3	3,2	SE	3
05-Jul-2010	23,7	16,15	4,3	E	3
06-Jul-2010	23,7	16,65	4,8	S	4
07-Jul-2010	22,4	17,1	5,9	SE	4
08-Jul-2010	23,1	16,65	5,1	SE	3
09-Jul-2010	23,3	17,45	5,8	SE	3
10-Jul-2010	21,4	17,3	6,6	E	2
11-Jul-2010	22,3	21,65	10,5	N	2
12-Jul-2010	23	18	6,5	NE	3
13-Jul-2010	22,4	18,9	7,7	S	3
14-Jul-2010	21	19,3	8,8	S	2
15-Jul-2010	22	20,3	9,3	S	4
16-Jul-2010	22,1	18,75	7,7	E	3
17-Jul-2010	20,9	21,05	10,6	NW	2
18-Jul-2010	22,8	19,6	8,2	SE	4
19-Jul-2010	24	16,2	4,2	S	3
20-Jul-2010	24,6	16,3	4	S	2
21-Jul-2010	24,3	16,05	3,9	NE	2
22-Jul-2010	23,9	16,65	4,7	SE	3
23-Jul-2010	22,3	14,15	3	E	4
24-Jul-2010	22,6	13,4	2,1	S	3
25-Jul-2010	24,3	15,15	3	E	3
26-Jul-2010	21,6	15,7	4,9	SE	4
27-Jul-2010	21,7	15,35	4,5	E	3
28-Jul-2010	21,9	21,25	10,3	SE	3
29-Jul-2010	21	15,2	4,7	SE	3
30-Jul-2010	22,8	16	4,6	E	2
31-Jul-2010	23,5	15,75	4	S	4
PROM	22,74	17,18	5,817		3

Fuente:

Oficina de Estadística (SENAMHI 2010).

ANEXO 12

ESTACIÓN DE MONITOREO E-ST “SANTA TERESITA”

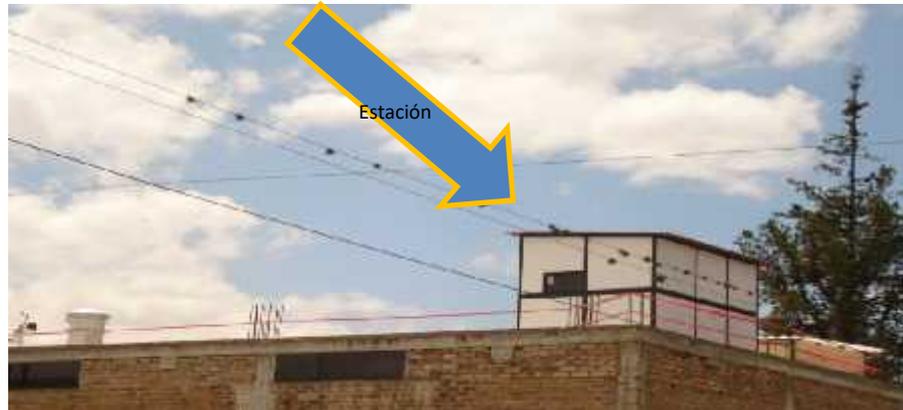


Figura 20. Institución Educativa “Santa Teresita”. 2do piso (Sala de audiovisuales) - 2010.



Figura 21. Estación de monitoreo de la calidad del aire y ruido (vista de frente) - 2010.



Figura 22. Estufa oscila (10 y 48 ° C) - 2010.



Figura. 23. Equipo analizador de gas (CO) - 2010.

ANEXO 13

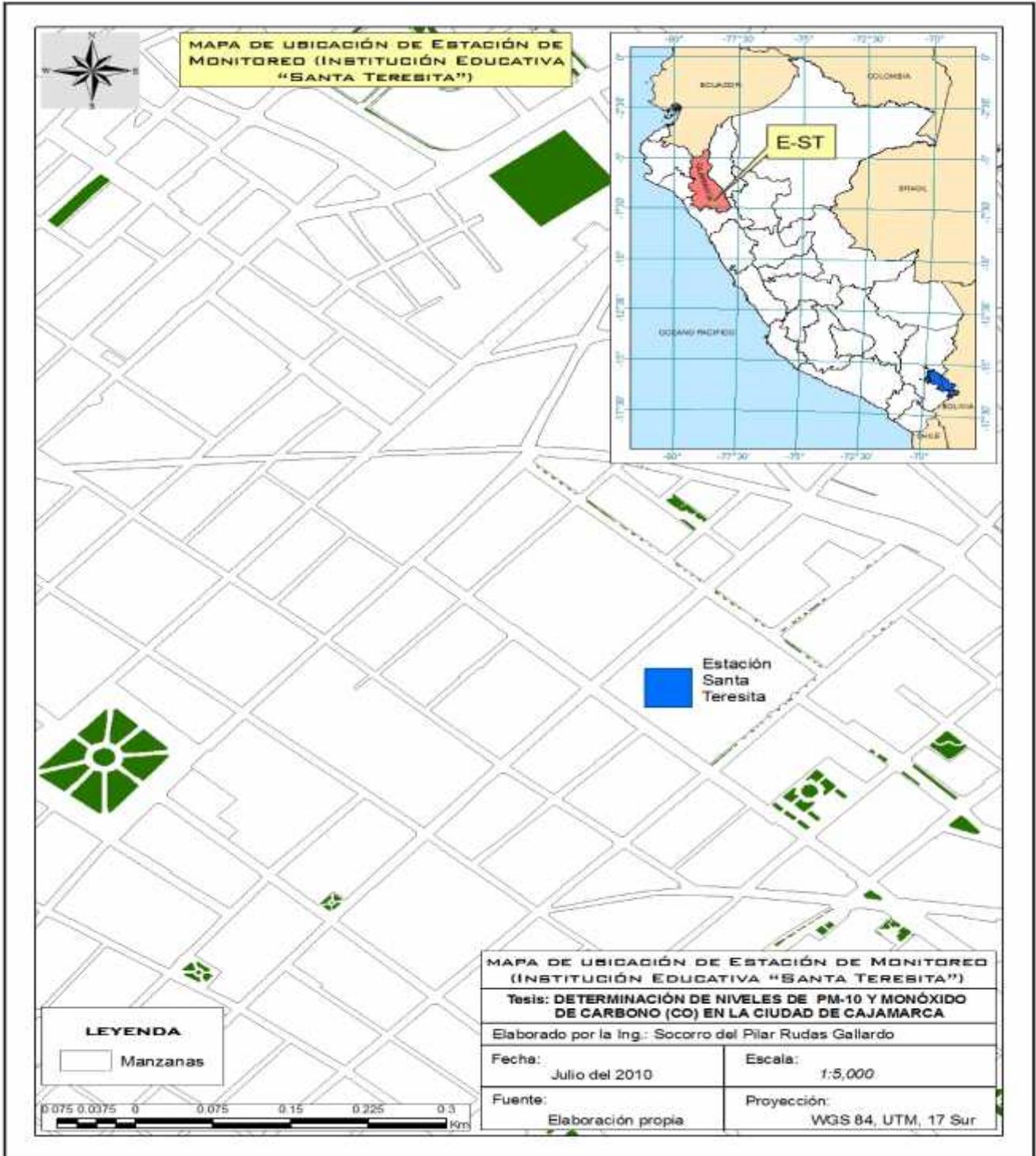


Figura 24. Mapa de ubicación de estación de monitoreo E-ST-2010.

ANEXO 14



Leyenda: Estación de monitoreo (ES-T)

Figura 25. Plano de estación de monitoreo (Institución Educativa “Santa Teresita”) – 2010.