EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LOS CENTROS DE FORMACIÓN DEL SENA PERTENECIENTES AL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ

LUIS ARIEL TREJOS MELCHOR
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA - CDHC.
latrejos@sena.edu.co.

ALEXANDER TORO
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA - CDHC.
atoro65@misena.edu.co.

RESUMEN

La contaminación del aire resulta de una compleja suma de miles de fuentes de emisión que van desde las industrias y los vehículos, hasta el uso de productos de limpieza domésticos y pinturas. En la búsqueda de caracterizar y cuantificar las concentraciones de material particulado PM10 y PST en los Centros de Formación del SENA pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se llevó a cabo una serie de mediciones que permitieron dar un diagnóstico clave acerca de los niveles de contaminación a los que está expuesta la comunidad educativa del SENA, para ello se trabajó siguiendo los criterios técnicos establecidos en los protocolos para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire y el manual de diseño de sistemas de vigilancia de calidad del aire, definidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible (medición de variables meteorológicas, ubicación de estaciones de monitoreo, recolección de las muestras, análisis de laboratorio y cálculo de concentraciones). Los resultados obtenidos en cada uno de los complejos analizados durante los 18 días de toma de muestras revelan que el índice de calidad del aire en cada estación de monitoreo y para cada día analizado obtuvo un nivel de ponderación BUENO, lo cual indica que para los meses analizados del año 2017 no se presentaron excedencias en la normativa ambiental vigente Resolución 610 de 2010, por lo cual se puede concluir que no se presentan altos niveles de contaminación que afecten significativamente la salud de la población que hace parte de las actividades cotidianas de los diferentes Centros de Formación.

Palabras claves: PM10, PST, Índice de Calidad del Aire.

ABSTRACT

Air pollution results from a complex sum of thousands of emission sources ranging from industries and vehicles, to the use of household cleaning products and paints. In the search to characterize and quantify PM10 and PST particulate concentrations in the SENA training centers belonging to the Metropolitan Area of the Aburrá Valley, a series of measurements was carried out, which allowed a key diagnosis to be made regarding the levels of contamination to which the educational community of SENA is exposed, for which the technical criteria established in the protocols for the monitoring and monitoring of air quality and the manual for the design of air quality surveillance systems, defined by Ministry of Environment, Housing and Sustainable Development (measurement of meteorological variables, location of monitoring stations, collection of samples, laboratory analysis and calculation of concentrations). The results obtained in each of the complexes analyzed during the 18 days of sampling show that the Air Quality Index in each monitoring

station and for each day analyzed obtained a GOOD weighting level, which indicates that for the months analyzed this year there were no exceedances in the current environmental regulation Resolution 610 of 2010, so it can be concluded that there are no high levels of pollution that significantly affect the health of the population that is part of the daily activities of the different training centers.
KEYWORDS: PM10, PST , Air Quality Index.

1. INTRODUCCIÓN

El material particulado es uno de los contaminantes atmosféricos más estudiados en el mundo, este se define como el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera (Mészáros, 1999), que se originan a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas y poseen un amplio rango de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas.

El material particulado (MP) es un conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire, tales como el hollín de diesel, polvo de vías, el polvo de la agricultura y las partículas resultantes de procesos productivos (Fang et al., 2003). Según la normativa colombiana, el MP no sedimenta en períodos cortos sino que permanece suspendido en el aire debido a su tamaño y densidad (Resolución 610 de 2010) (MAVDT, 2010). Estas partículas en suspensión (MP) son una compleja mezcla de productos químicos y/o elementos biológicos, como metales, sales, materiales carbonosos, orgánicos volátiles, compuestos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y endotoxinas que pueden interactuar entre sí formando otros compuestos (Billet et al., 2007).

Basados en la problemática que ha tenido el Área Metropolitana del Valle de Aburrá durante los dos últimos años en materia de calidad del aire, el Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción interesado en conocer el estado de la calidad del aire en cada uno de los Centros de Formación pertenecientes al AMVA realizó mediciones de Partículas Suspendidas Totales y Partículas Menores a 10 Micras durante una jornada de 18 días en cada uno de ellos.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

- ✓ Evaluar los niveles de contaminación del aire de los Centros de Formación SENA - Regional Antioquia - AMVA por medio de mediciones ambientales para PM10, PST.

2.1 Objetivos específicos

- ✓ Estructurar un programa de monitoreo y diagnóstico en calidad del aire en los diferentes Centros de Formación SENA - Regional Antioquia pertenecientes al AMVA.

- ✓ Calcular el Índice de Calidad del Aire en los Centros de Formación SENA - Regional Antioquia pertenecientes al AMVA.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Los contaminantes criterio se han identificado como perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos. Se les llama contaminantes criterio porque fueron objeto de evaluaciones publicadas en documentos de calidad del aire en

Los Estados Unidos (EU), con el objetivo de establecer niveles permisibles que protegieran la salud, el medio ambiente y el bienestar de la población.

Un monitoreo de calidad de aire requiere la medición de los contaminantes criterio que se describen en la siguiente tabla.

Contaminante	Nivel máximo permisible ($\mu g/m^3$)	Tiempo de exposición
PST	100	Anual
	300	24 horas
PM_{10}	50	Anual
	100	24 horas
$PM_{2.5}$	25	Anual
	50	24 horas
SO_2	80	Anual
	250	24 horas
	750	3 horas
NO_2	100	Anual
	150	24 horas
	200	1 hora
O_3	80	8 horas
	120	1 hora
CO	10 000	8 horas
	40 000	1 hora
	40 000	1 Hora

Tabla 1: *Valores máximos permisibles para contaminantes criterio en ambiente.*

El material particulado se presenta de diversas formas, tamaño y propiedades, pueden ser desde pequeñas gotas de líquido a partículas microscópicas de polvo. Las partículas también dependen del tipo de fuentes, entre los cuales se encuentran las fuentes industriales (construcción, combustión, minería) y las fuentes naturales (incendios forestales y volcanes). La magnitud de las partículas atmosféricas cubre órdenes desde decenas de angstroms (Å) hasta varios cientos de micrómetros. Las partículas de menos de 2,5 µm en diámetro (PM2.5) generalmente se refieren como “finas” y las mayores a 2,5 µm como gruesas. Los modos de partículas gruesas y finas, en general, se originan separadamente, se transforman separadamente, son removidas de la atmósfera por diferentes mecanismos, requieren diferentes técnicas para su remoción de las fuentes, tienen diferente composición química, diferentes propiedades ópticas y difieren en sus patrones de deposición en el tracto respiratorio, El material particulado de acuerdo con el tamaño de partículas se puede clasificar como:

- PST: Todas las partículas de aerosoles suspendidas en el aire ambiente (algunas veces, incluso mayores a tamaños de 100 µm.)
- PM10: Partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 µm.
- PM2.5: Partículas con diámetro aerodinámico menor a 2,5 µm.

Tomando en cuenta el tamaño de las partículas, se establecen diferentes tipos de muestreadores y de esta forma se asegura un mejor funcionamiento.

4. METODOLOGÍA

Para la evaluación de la calidad del aire en la zona de estudio se determinaron las fuentes de emisiones atmosféricas más representativas en cada centro de formación: fijas y móviles y la ubicación estratégica del complejo y demás infraestructuras aledañas.

Con base en lo anterior y las condiciones climatológicas de cada zona de estudio se adelantó un programa de monitoreo del recurso aire en puntos estratégicos. Este monitoreo se efectúo por un periodo de 18 días continuos en los siguientes Centros de Formación:

- ✓ Centro para el Desarrollo del Hábitat y La Construcción (Complejo Norte)
- ✓ Centro del Mobiliario (Complejo Sur)
- ✓ Centro de Servicios (Complejo Central)
- ✓ Centro Nacional de los Recursos Renovables la Salada. (Complejo la Salada)

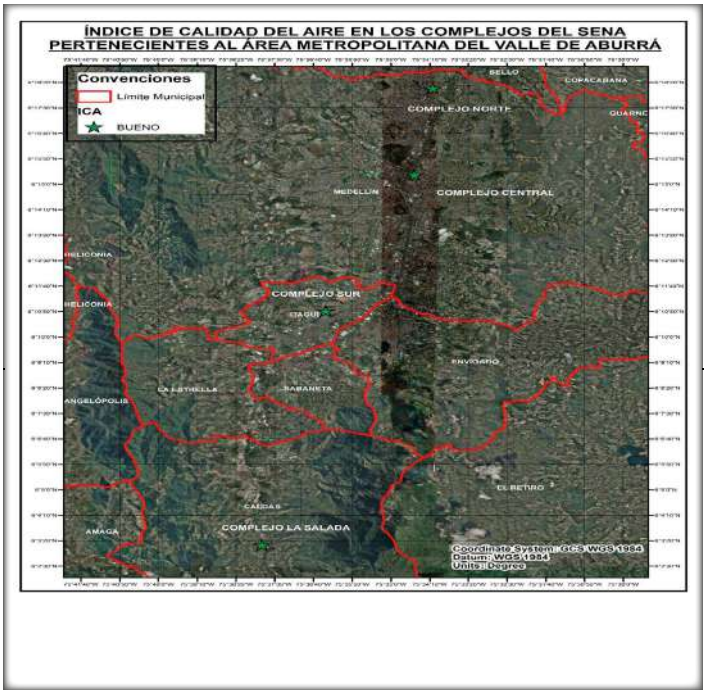
A continuación se presenta la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo.

Punto	Coordenada en X	Coordenada en Y	Altitud
Complejo Central	75°34'29.13"O	6°15'18.32"N	1473 msnm
Complejo La Salada	75°34'29.12"O	6° 3'11.58"N	1845 msnm
Complejo Norte	*6°18'8.25"N,*	*75°34'5.79"O*	1582 msnm
Complejo Sur	75°36'23.99"O	6°10'50.99"N	1607 msnm

Tabla 2: *Ubicación Geográfica puntos de monitoreo.*

La información obtenida se analiza teniendo en cuenta la época climática en que se realizó el muestreo; de tal manera que se pueda presentar la evaluación de la calidad del aire con sus respectivas variaciones espaciotemporales, determinando su incidencia en la comunidad educativa de cada centro de formación.

La ilustración 1 presenta la ubicación espacial de las estaciones de monitoreo de calidad del aire dentro de la zona de estudio.



4.1 Medición de Contaminantes Atmosféricos

El muestreo de contaminantes en ambiente se desarrolla de acuerdo con los métodos establecidos en el Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad el Aire del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y los protocolos establecidos por la Environmental Protection Agency – EPA de los Estados Unidos.

El proceso para el monitoreo de contaminantes

atmosféricos empezó con la ubicación geográfica de los puntos de medición, luego se procedió con la calibración y montaje de cada uno de los equipos a utilizar en la zona de estudio (Muestreador de alto volumen para PST (Hi-Vol) y Muestreador de alto volumen para PM10 (Hi-Vol PM10).

4.2 Partículas Totales en Suspensión (PST):
Se toma una cantidad medida de aire ambiente (1,1 a 1,7 m³/minuto) a través de una cubierta y un filtro de fibra de vidrio durante un período de muestreo de 24 horas. La tasa de flujo del muestreo y la geometría de la cubierta favorecen la recolección de partículas en el rango de 25-50 µm de diámetro aerodinámico. Una vez el filtro ha sido expuesto, éste se pesa en el laboratorio bajo condiciones de humedad y temperatura controladas, para determinar la ganancia de peso neto (masa) respecto a las condiciones iniciales antes de su utilización. El volumen total de aire muestreado, corregido a condiciones de referencia (25°C y 760 mmHg), se determina a partir del caudal de aire ambiente medido y del tiempo de muestreo. La concentración de material particulado suspendido total (PST) en el aire ambiente es calculada como la masa de partículas recolectadas dividida por el volumen de aire muestreado, corregida a condiciones de referencia y expresada en microgramos por metro cúbico (µg/m³).

4.3 Partículas Suspendidas Menores a 10 Micras (PM10):
Se succiona a través de un filtro de cuarzo una cantidad determinada de aire, a razón de 1,13 m³/minuto ± 10%, al interior de una caseta o coraza de protección, durante un período de muestreo de 24 ± 1 horas. El filtro se pesa en el laboratorio bajo condiciones de humedad y temperatura controladas, antes y después de su utilización, para determinar la ganancia de peso neto (masa). El volumen total de aire muestreado, corregido a condiciones de referencia (25°C y 760 mmHg), se determina a partir del caudal de aire ambiente medido y del tiempo de muestreo. La concentración de partículas menores que 10 micras en el aire se calcula dividiendo la masa de partículas colectadas en el filtro por el volumen de aire muestreado y se expresa en microgramos por metro cúbico (µg/m³) a condiciones de referencia.

4.4 Comparación de Resultados Respecto a la Normativa
Los resultados de las mediciones realizadas durante el monitoreo de calidad del aire se analizaron a la luz de la norma nacional vigente: Resolución 0610 de marzo 24 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), la cual establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión para todo el territorio colombiano (Tabla 1). Las concentraciones obtenidas para cada contaminante se calculan a condiciones de referencia, es decir, 25 °C y 760 mmHg, de manera que se pueda establecer una comparación directa con la norma de calidad del aire.

4.5 Índice de Calidad del Aire
Los indicadores de calidad del aire son una herramienta útil para comparar los niveles de contaminación en diferentes estaciones de monitoreo e informar a la población, de manera sencilla, sobre la calidad atmosférica en la zona donde habita y cómo puede verse afectada por su exposición. Esto es posible gracias a que el indicador permite hacer una relación directa entre los niveles de concentración del contaminante y los efectos en la salud.
En Colombia se utiliza el Índice de Calidad del Aire ICA, el cual ha sido adoptado de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

O3 (ppb) 1 Hora[1]	O3* (ppb) 8 horas	TSP (µg/m³) 24 Horas	PM10 (µg/m³) 24 Horas	PM2.5 (µg/m³) 24 Horas	CO (ppm) 8 Horas	SO2 (ppb) 24 Horas	NO2 (ppb) 1 Hora	RANGO ICA
--	0-64	0-75.4	0-54	0-15.4	0-4.4	0-34	0-650	**0-50**
--	65-84	75.5-260.4	55-154	15.5-65.4	4.5-9.4	35-144	-2	**51-100**
125-164	85-104	260.5-315.4	155-254	65.5-100.4	9.5-12.4	145-224	-2	**101-150**
165-204	105-124	315.5-375.4	255-354	100.5-150.4	12.5-15.4	225-304	-2	**151-200**
205-404	125-374	375.5-625.4	355-424	150.5-250.4	15.5-30.4	305-604	650-1240	**201-300**
(155-404)4	--	--	--	--	--	--	--	--
405-504	-3	625.5-875.4	425-504	250.5-350.4	30.5-40.4	605-804	1250-1640	301-400
505-604	-3	875.5-1001	505-604	350.5-500.4	40.5-50.4	804-1004	1650-2040	401-500

Tabla 3: *Tendencias de la calidad del aire en Colombia.*

(U.S. EPA). El ICA es un valor adimensional que oscila entre 0 y 500, el cual se asocia con una categoría cualitativa de calidad del aire y ésta a su vez con los efectos en la salud. En la tabla 3 se aprecian los puntos de corte del ICA y en la tabla 4 la relación directa con los efectos en la población.

El ICA incluye siete contaminantes: monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, partículas suspendidas totales, partículas menores a 10 micrómetros, partículas menores a 2.5 micrómetros y ozono. A partir de las concentraciones medidas, es posible calcular un valor del índice diario para cada contaminante.

El ICA se determina para cada uno de los contaminantes y la calidad del aire se define por el aquel que mayor subíndice genere, como resultado de la aplicación de la siguiente ecuación:

$$I_p = ((I_{HI} - I_{LO})/(BP_i - BP_{Lo}))(C_P - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

Ecuación 1. Cálculo de ICA

Donde:

Ip = índice del contaminante p

Cp = concentración medida para el contaminante p

BPHi = punto de corte mayor o igual a Cp

BPLO = punto de corte menor o igual a Cp

IHi = valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al BPHi

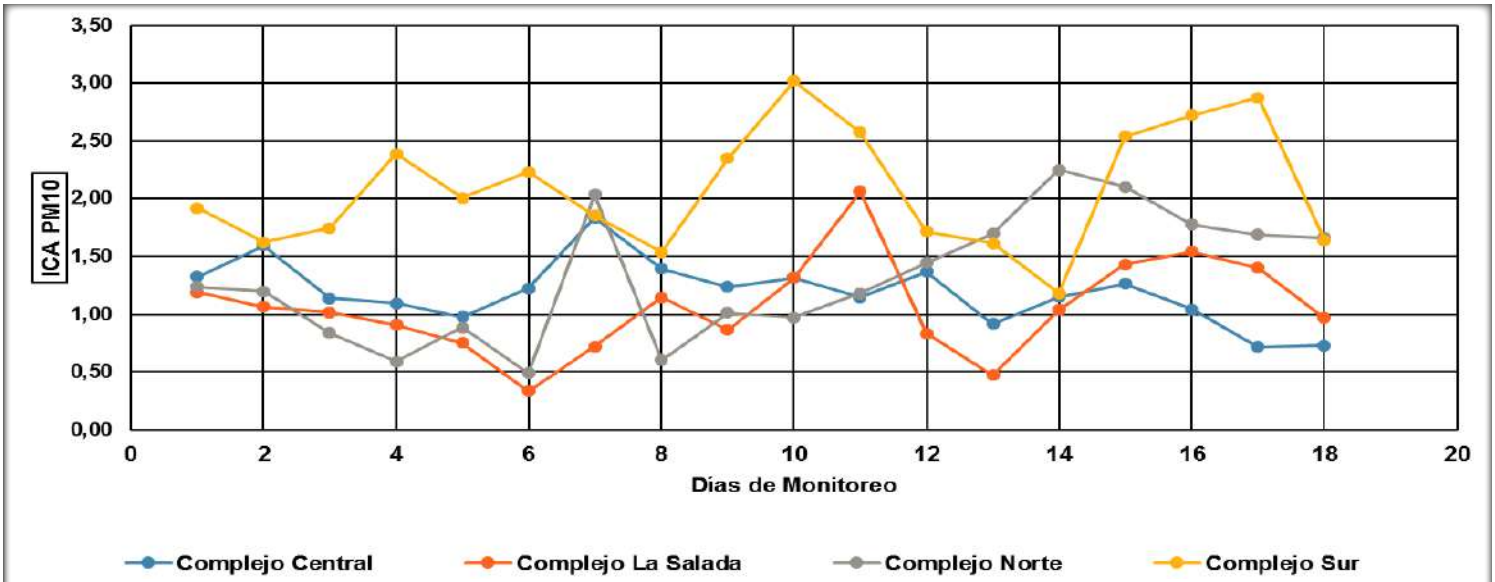
ILo = valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al BPLo

Categorías ICA	Valor Numérico ICA	Significado
Peligrosa	> 300	Es muy probable que la población entera sea afectada y se deben presentar advertencias en la salud por condiciones de emergencia.
Muy Insalubre	201 - 300	En este nivel se debe usar una alarma para prevenir efectos en salud de toda la población, pues todos pueden presentar problemas serios.
No Saludable	151 - 200	Representa un mensaje de advertencia para la población en general y puede generar efectos serios en la salud para grupos sensibles.
No Saludable para grupos sensibles	101 - 150	Representa un mensaje de advertencia para miembros de grupos sensibles. Esto significa que es muy probable que sean afectados por niveles más bajos de contaminación. Por ejemplo, la población con enfermedades del pulmón está en mayor riesgo si se expone al ozono, mientras que las personas con enfermedades de pulmón o con enfermedades cardíacas están en mayor riesgo cuando son expuestas a la contaminación de partículas. Este nivel de ICA no presenta afecciones para el público en general.
Moderada	51 - 100	Transmite un mensaje de que la calidad del aire diaria es aceptable desde el punto de vista de salud pública, pero cada día en éste rango puede ocasionar efectos crónicos en la salud.
Buena	0 - 50	Transmite un mensaje positivo acerca de la calidad del aire. La calidad del aire se considera satisfactoria, y la contaminación atmosférica plantea poco o nada de riesgo.

Tabla 4: *Categoria de riesgo ICA*

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

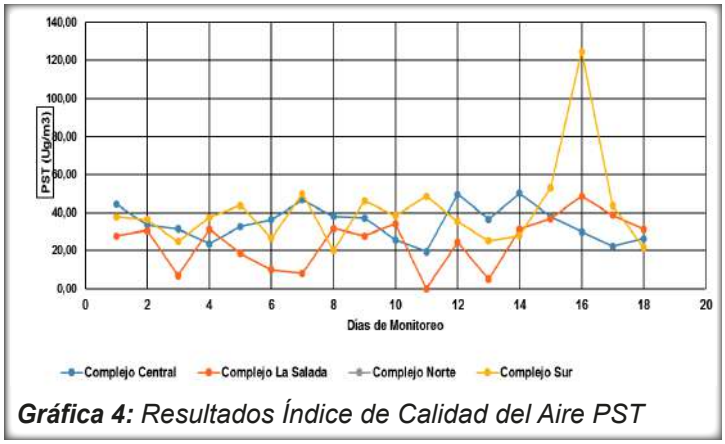
En la gráfica 1 se presenta la variación de la concentración durante los 18 días de monitoreo en las diferentes estaciones, se observa claramente que durante estos días y en las



Gráfica 2: *Variación de la concentración de PM10 en los centros de formación del SENA pertenecientes al AMVA.*

fechas de medición, no se presentaron excedencias a la norma Resolución 610 de 2010 en la cual se establece un límite máximo permisible para PM10 de 100 µg/m³ para un tiempo de exposición diario.

En la gráfica 2 se presenta la variación de la concentración durante los 18 días de monitoreo en las diferentes estaciones, se observa claramente que durante estos días y en las fechas de medición, no se presentaron excedencias a la norma Resolución 610 de 2010 en la cual se establece un límite máximo permisible para PST de 300 µg/m³ para un periodo de exposición diario.



Gráfica 4: *Resultados Índice de Calidad del Aire PST*

6. CONCLUSIONES

Las estaciones de monitoreo de los diferentes complejos del SENA pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Antioquia obtuvieron resultados positivos; ya que en ninguna de las fechas de medición sobrepasaron los límites máximos permisibles estipulados en la Resolución 610 de 2010 en cuanto a PM10 y PST hace referencia.

Los resultados son un punto de partida o una referencia de las condiciones del lugar para futuros estudios de calidad de aire, además los datos serán de gran ayuda para realizar estudios de impacto a la salud con referencia estos contaminantes.

7. BIBLIOGRAFÍA

• E. Roberts Alleys and Associates, E. Roberts Alley. 2001. Manual de control de la calidad del aire. Nashville, Tennessee. McGraw-Hill.

• MARTÍNEZ, Ana Patricia y ROMIEU, Isabelle. Introducción al Monitoreo Atmosférico. Centro Panamericano de Ecología y Ambiente. OPS.

OMS. México. (1997)

• Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2002. Gestión ambiental : planeación del monitoreo para evaluar la calidad del aire ambiente. Bogotá, D.C. ICONTEC

• Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2000. Calidad del aire: manejo de datos de temperatura, presión y humedad. Bogotá, D.C. ICONTEC

• Ministerio de medio ambiente y desarrollo territorial. 2010. Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Bogotá d.C.

• Ministerio de medio ambiente y desarrollo territorial. 2010. Manual de diseño de sistemas de vigilancia de calidad de aire. Bogotá d.C.

ESTADO ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LOS COLEGIOS DE CALIDAD EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN

Facultad de Arquitectura e ingeniería
Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

CAROL VANESSA CANGREJO BOCANEGRA[1]
HERNÁN DARÍO CAÑOLA[2]

1. Constructora Civil - Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.
Carolcangrejo@hotmail.com

2. Arquitecto Constructor, Profesor Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.
Hernan.canola@colmayor.edu.co

RESUMEN

Esta investigación fue realizada a partir de la necesidad de verificar durante el año 2016 las alteraciones patológicas más recurrentes presentes en los colegios de calidad en la ciudad de Medellín. Para este trabajo fue necesario plantear una metodología basada en seis fases para el análisis de 10 colegios públicos construidos durante los años 2004 – 2007. La metodología desarrollada se fundamenta en la recopilación de antecedentes, inspección visual y fotográfica de las instituciones, para una posterior caracterización de las alteraciones patológicas presentes en los colegios. Entre los resultados más destacados, se estableció que las alteraciones físicas por ensuciamientos y mecánicas por desprendimientos predominan en las instituciones educativas con porcentajes de 17,39% para las primeras y 16,15% para las segundas de un total de 322 alteraciones analizadas; además se determinó que la institución con mayor número de lesiones patológicas corresponde a la I.E. Héctor Abad Gómez y la institución con menor número de lesiones pertenece a la I.E. Benedikta Zur Nieden. Como conclusión a esta investigación se determinó que la presencia de lesiones en las instituciones es constate y su causa más probable corresponde a la falta de acciones preventivas que minimicen o solucionen las alteraciones patológicas.

Palabras claves: Colegios de calidad, Lesiones, Patología, conservación, Mantenimiento

1. INTRODUCCIÓN

Según cifras oficiales, entre los años 2004 y 2007, parte del presupuesto del Municipio de Medellín fue destinado para el programa “Medellín la más educada”, en consecuencia se realizaron diferentes estudios determinando que