



UNIVERSIDAD ESTATAL DE CUENCA

“MAESTRIA EN TOXICOLOGIA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL”

TITULO:

Caracterización de metales: silicio, calcio y magnesio en material particulado PM₁₀ y su efecto toxicológico en los habitantes de la ciudad de Azogues

**TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
MAGISTER EN TOXICOLOGÍA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL**

AUTOR: Bqf. María Elena Carrasco Tinoco

DIRECTORA: Dra. María Elena Cazar Ramírez Ph.D

CUENCA, ECUADOR

2014



RESUMEN

En el presente trabajo se determinó la presencia de silicio, calcio y magnesio; en el material particulado PM_{10} recolectado en la ciudad de Azogues; y se estableció el posible riesgo a la salud al que se encuentra expuesta la población; al relacionar los resultados obtenidos con la incidencia de enfermedades de las vías respiratorias.

Las muestras de aire de la ciudad de Azogues fueron obtenidas a través de un monitoreo en zonas y horarios específicos, mediante el uso del muestreador de altos volúmenes (High Volume Sampler, HVS); los filtros fueron recolectados cada 24 horas, y se repitió el muestreo en intervalos de 3 días; obteniendo un total de 10 filtros al mes en las dos zonas seleccionadas para el estudio. Estas muestras se analizaron mediante absorción atómica en el laboratorio CESEMIN de la Universidad de Cuenca; y se determinó la presencia y concentración de los metales mencionados. Adicional se investigó la opinión de los pobladores mediante una encuesta. Los análisis demostraron que en el aire ambiente de la ciudad la concentración de silicio, calcio y magnesio están por debajo de los límites de detección, mientras en el 2013 las enfermedades de las vías respiratorias fueron la segunda causa de morbilidad. Sin embargo, al no ser detectables los metales objeto de este estudio se puede concluir que las emisiones de material particulado PM_{10} por parte de la fábrica de Cemento no implican un riesgo para la salud de los habitantes de la ciudad.

PALABRAS CLAVES:

Material particulado, PM_{10} , Aire ambiente, Contaminación, Metales ligeros, Enfermedades respiratorias.



ABSTRACT

In this present work the presence of silicon, calcium and magnesium were determined; in the particulated material PM₁₀ collected in the city of Azogues; and the possible health risk to which the population is exposed was established; to relate the results obtained with the incidence of diseases of the respiratory tracts.

The air samples from the city of Azogues were obtained by monitoring in specific areas and times, using the high volume sampler (High Volume Sampler HVS). The filters were collected every 24 hours and sampling was repeated every 3 days; obtaining a total of 10 filters per month in the two selected areas for the study. These samples were analyzed by atomic absorption in the CESEMIN laboratory of the University of Cuenca; and the presence and concentration of the mentioned metals was determined. Additionally the opinion from residents was investigated by a survey.

The analyzes showed that in the ambient air of the city of Azogues the concentration of silicon, calcium and magnesium are below detection limits, while in 2013 the respiratory tract diseases were the second leading cause of morbidity.

However, because the metals objects of study are not detectable it can be concluded that the emissions of particulated material PM₁₀ by the cement factory do not imply a health risk for the inhabitants of the city.

KEY WORDS:

Particulated material, PM₁₀, Air, Contamination, Light metals, Respiratory diseases.



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Límites máximos permisibles de emisiones al aire para elaboración de cemento.....	32
Tabla 2. Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire.....	36
Tabla 3. Número de casos ingresados por área al hospital Homero Castañer Crespo en el año 2013.....	45
TABLA 4. Relación de las enfermedades (EPOC y cancer de pulmón) de matrices EPI del hospital Homero Castañer Crespo de la ciudad de Azogues durante los meses de estudio.....	47



LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación de las fuentes de material particulado de origen antrópico.....	16
Figura 2: Principales causas de morbilidad ingresadas por Emergencia durante el año 2013 en el hospital Homero Castañer Crespo de la ciudad de Azogues.....	45
Figura 3: Principales causas de morbilidad en Egreso Hospitalario durante el año 2013 en el hospital Homero Castañer Crespo de la ciudad de Azogues.....	46
Figura 4: Principales causas de morbilidad en Consulta Externa durante el año 2013 en el hospital Homero Castañer Crespo de la ciudad de Azogues.....	46
Figura 5: Principales enfermedades que han sufrido los encuestados durante los meses de desarrollo de este trabajo y sus rango de edades.....	49



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
LISTA DE TABLAS	3
LISTA DE FIGURAS	4
TABLA DE CONTENIDOS	5
AGRADECIMIENTOS	9
DEDICATORIA.....	10
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1 HIPOTESIS	13
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	13
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 CONTAMINACION	14
2.2 CEMENTO	18
2.2.1 Cemento Portland	18
2.2.1.1 Preparación de las materias primas	18
2.2.1.2 Producción del Clinker	19
2.2.1.3 Preparación del cemento.....	19
2.3 ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR LA ASPIRACION DE CEMENTO	20
2.3.1 Tos.....	20
2.3.2 Odinofagia.....	20
2.3.3 Sinusitis	20
2.3.4 Asma.....	20
2.3.5 Asma Ocupacional	20
2.3.6 Insuficiencia Respiratoria	21
2.3.7 Neumonía	21
2.3.8 Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)	21
2.3.9 Alergia por aspiración de polvo	21
2.3.10 Silicosis	22
2.3.10.1 Silicosis Crónica	22
2.3.10.2 Silicosis Acelerada	22
2.3.10.3 Silicosis Aguda	22
2.4 METALES LIGEROS PRESENTES EN EL CEMENTO	23



2.4.1 Calcio.....	23
2.4.2 Silicio	24
2.4.3 Magnesio	25
2.5 MARCO LEGAL ACTUAL.....	26
2.5.1 Ley de Gestión Ambiental	27
2.5.2 Libro VI, de la Calidad Ambiental	29
2.5.2.1 Del sistema único de manejo ambiental	29
2.5.2.2 Libro VI, ANEXO 3, Norma de emisiones al aire desde fuentes de combustión.....	30
2.5.2.2.1 Elaboración del cemento	32
2.5.2.3 Libro VI, ANEXO 4, Norma de calidad de aire ambiente	32
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1 ESTUDIO REALIZADO	39
3.2 DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO	39
3.3 HIGH VOLUME SAMPLER (HVS) PARA LA DETERMINACIÓN DE PM ₁₀	40
3.3.1 Fundamento del Funcionamiento	40
3.3.2 Dispositivo	41
3.4 ANÁLISIS DE LOS FILTROS	41
3.4.1 Grupo a.....	42
3.4.2 Grupo b.....	42
3.5 ENCUESTA.....	43
CAPITULO IV: RESULTADOS	44
4.1 DETERMINACIÓN DE CALCIO, SILICIO Y MAGNESIO POR ABSORCIÓN ATÓMICA.....	44
4.2 ENFERMEDADES INFECCIOSAS MÁS FRECUENTES EN EL HOSPITAL HOMERO CASTAÑER, AZOGUES	44
4.3 APLICACIÓN DE ENCUESTA PARA DETERMINAR LA PREVALENCIA DE INFECCIONES RESPIRATORIAS	48
CAPITULO V: DISCUSIÓN	51
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
6.1 CONCLUSIONES.....	56
6.2 RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	58
ANEXOS.....	66



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

María Elena Carrasco Tinoco, autora de la tesis "Caracterización de metales: silicio, calcio y magnesio en material particulado PM₁₀ y su efecto toxicológico en los habitantes de la ciudad de Azogues", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Magister en Toxicología Industrial y Ambiental. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, febrero de 2015

María Elena Carrasco Tinoco

C.I: 0103999918



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

María Elena Carrasco Tinoco, autora de la tesis "Caracterización de metales: silicio, calcio y magnesio en material particulado PM₁₀ y su efecto toxicológico en los habitantes de la ciudad de Azogues", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, febrero de 2015

María Elena Carrasco Tinoco

C.I: 0103999918



AGRADECIMIENTOS

A mi familia que siempre ha sido un apoyo incondicional en mi formación profesional, y con los que espero disfrutar de sus frutos.

Este trabajo se ha realizado gracias al apoyo de la directora de la tesis; la Dra. María Elena Cazar Ph.D, quien ha dado el soporte técnico necesario para el desarrollo de la misma.

A la Ing. Diana Moscoso que se ha dado el tiempo necesario para escuchar todas las consultas y a través de ella; al Centro de Estudios Ambientales, responsable del desarrollo de la maestría.

Al Ing. Edgar Vivar, compañero con el que hemos desarrollado un estudio de amplio espectro, importante para la industria Cementera; así como para la población de la ciudad de Azogues.

A la empresa cementera; que al facilitar el equipo muestreador de altos volúmenes (HVS), permitió el muestreo necesario para el desarrollo del presente trabajo.

Al Hospital Homero Castanier Crespo, que abrió sus puertas y facilitó la obtención de datos.

.

Bqf. María Elena Carrasco Tinoco



DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado indudablemente a mi familia, sin su apoyo no habría podido realizar este logro más en mi vida, pero sobre todo a mi padre que me acompañó durante 29 años de mi vida, y aunque no está a mi lado este momento; su recuerdo, y sus enseñanzas me acompañarán el resto de mi vida.

Bqf. María Elena Carrasco Tinoco



1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Azogues tiene una densidad poblacional neta de 70.064 habitantes en 1323.47 hectáreas; (48.58 Hab/Ha) (INEC Censo 2010). Actualmente circulan alrededor de 18.800 vehículos (Concejo Nacional de Tránsito. 2012), se trata de una ciudad en constante crecimiento que se enfrenta a un escenario de contaminación ambiental. La industria cementera que se encuentra cerca de la ciudad produce y comercializa cemento; principalmente en la región austral del Ecuador. (ANEXO 1)

El material particulado PM_{10} es una compleja mezcla de partículas suspendidas como polvo, ceniza, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, que dependen de la fuente de emisión, dispersas en la atmósfera, cuyo diámetro es menor a 10 μ m. El material particulado PM_{10} está formado principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos, aluminatos y material orgánico asociado a partículas de carbono. Estas partículas por su estructura penetran fácilmente al sistema respiratorio causando efectos adversos a la salud, y considerándose un factor de riesgo en patologías asociadas al cáncer. [1,2]

La producción de PM_{10} no solo se asocia a los fenómenos naturales como erupciones volcánicas, tormentas de polvo, incendios forestales, etc.; sino a la actividad antropogénica; por ejemplo vanadio, cobalto, molibdeno, níquel, antimonio, cromo, hierro, manganeso y estroncio son emitidos durante los procesos de combustión de hidrocarburos fósiles. [3] El arsénico, cromo, cobre, manganeso y zinc son relacionados con emisiones directas provenientes de industrias metalmeccánicas [4]. La contaminación causada por el tráfico vehicular implica la emisión de importantes cantidades de metales traza en donde se incluye hierro, bario, plomo, cobre, zinc y cadmio. [5]



La evaluación de la composición química de las partículas determina no solo su potencial toxicológico y su comportamiento en el ambiente, sino que constituye una ayuda muy valiosa para evaluar la contribución de las distintas fuentes, sobre todo a la hora de desarrollar estrategias para controlar y abatir la contaminación atmosférica. [6]

La fabricación de cemento comienza con el transporte de materiales pulverizados desde la cantera de piedra caliza liberándose grandes cantidades de polvo a la atmósfera; adicional existen emisiones de partículas provenientes de las operaciones de la planta; por lo que hay una creciente preocupación de los habitantes de la ciudad de Azogues ya que es notorio como el polvo sedimenta sobre calles y vehículos en el transcurso del día.

El aire contaminado con partículas ingresa directamente al sistema respiratorio minando paulatinamente los diversos mecanismos de protección natural con los que cuenta el cuerpo humano. Un adulto inhala cada día en promedio entre 10,000 y 12,000 litros de aire; ya en el interior del cuerpo, las partículas se adhieren a las paredes de las vías respiratorias y algunas llegan a alojarse en el interior de las paredes de los pulmones. [7]

En la presente investigación se determinaron cuantitativamente las concentraciones de metales traza presente en filtros que contienen el material particulado PM_{10} y su potencial relación con las afecciones respiratorias más comunes de la zona de estudio; con el fin de responder las siguientes preguntas:



¿Tienen los habitantes de la ciudad de Azogues conocimiento al riesgo que están expuestos con el material particulado PM_{10} presente en el aire ambiente de la ciudad?

¿Los fabricantes de cemento tienen conocimiento del monitoreo periódico que deben realizar en su planta para controlar las emisiones de polvo al aire ambiente; de tal manera que cumplan con las regulaciones ambientales establecidas? Para desarrollar la siguiente investigación se plantearon la siguiente hipótesis y objetivos:

1.1 HIPÓTESIS:

Si el material particulado PM_{10} recolectado en la ciudad de Azogues presenta silicio, calcio y magnesio en su composición, supone un posible riesgo para la salud de los habitantes de dicha ciudad.

1.2 OBJETIVO GENERAL:

Determinar la presencia de silicio, calcio y magnesio en el material particulado PM_{10} recolectado en la ciudad de Azogues; y su efecto en la población.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar la presencia de silicio, calcio y magnesio en el material particulado PM_{10} recolectado en la ciudad de Azogues.
- Establecer una relación entre la presencia de silicio calcio y magnesio en el material particulado PM_{10} recolectado en la ciudad de Azogues con las principales enfermedades de vías respiratorias.



2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONTAMINACION

La contaminación es la introducción de un contaminante en un medio, que provoca daños reversibles o irreversibles en el medio inicial; lo que determina que este sea inseguro o no apto para su uso. El medio puede ser un ecosistema, un medio físico o un ser vivo. El contaminante puede ser una sustancia química o energía (como sonido, calor, luz o radioactividad). [8]

Este fenómeno es una alteración negativa del estado natural del medio, y por lo general, se genera como consecuencia de la actividad humana considerándose una forma de impacto ambiental.

La contaminación del aire consiste en una elevada concentración de gases y partículas que flotan en el ambiente reduciendo la calidad del mismo. El aire puede estar contaminado en la ciudad y en el campo. [9]

La contaminación puede clasificarse según el tipo de fuente de donde proviene, o por la forma de contaminante que emite o medio que contamina. Existen muchos agentes contaminantes; que pueden producir enfermedades, daños en los ecosistemas o el medioambiente; así como generar fenómenos atmosféricos, como la lluvia ácida, el debilitamiento de la capa de ozono, y el cambio climático. [10, 43]

Los contaminantes pueden ser primarios o secundarios; los primarios son los que se emiten directamente a la atmósfera y los secundarios son aquellos que se forman mediante procesos químicos atmosféricos que actúan sobre los contaminantes primarios o sobre especies no contaminantes en la atmósfera. Ambos



contaminantes, primarios y secundarios pueden depositarse en la superficie de la tierra por precipitación, deposición seca o húmeda e impactar en determinados receptores, como personas, animales, ecosistemas acuáticos, bosques, cosechas y materiales. En todos los países existen límites impuestos a determinados contaminantes que pueden incidir sobre la salud de la población y su bienestar. [11]

La contaminación del aire puede causar trastornos tales como ardor en los ojos y en la nariz, irritación y picazón de la garganta y problemas respiratorios. Bajo determinadas circunstancias, algunas sustancias químicas que se hallan en el aire contaminado pueden producir cáncer, malformaciones congénitas, daños cerebrales y trastornos del sistema nervioso, así como lesiones pulmonares y de las vías respiratorias. A determinado nivel de concentración y después de cierto tiempo de exposición, ciertos contaminantes del aire son sumamente peligrosos y pueden causar serios trastornos e incluso la muerte.

La polución del aire también provoca daños en el medio ambiente, habiendo afectado la flora arbórea, la fauna y los lagos; así como el deterioro de edificios, monumentos, estatuas y otras estructuras. [9]

Se denomina PM_{10} a pequeñas partículas sólidas de polvo, ceniza, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro es menor que $10\ \mu m$ (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro). Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales ligeros y pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín). [1,12]

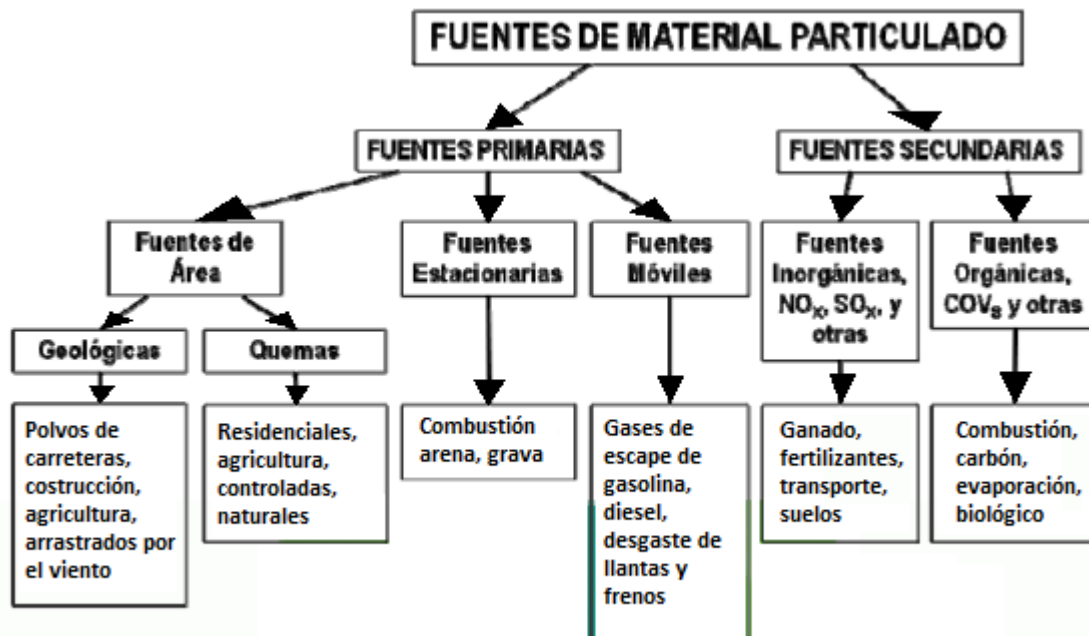


Figura 1.- Clasificación de las fuentes de material particulado de origen antrópico. [12]

Los contaminantes del aire que deben ser evaluados permanentemente conforme a las recomendaciones de la OMS (Organización Mundial de la Salud) son:

- 1.-Monóxido de Carbono
- 2.-Óxidos de Nitrógeno
- 3.-Óxidos de Azufre
- 4.-Material Particulado (Partículas en suspensión-fracción respirable)

Estos cuatro contaminantes primarios atmosféricos son los que se encuentran con mayor frecuencia, sus efectos son más conocidos y su acción se manifiesta en corto plazo.

Para evaluar la calidad del aire, las partículas de interés son aquellas que se mantienen en suspensión en la atmósfera durante períodos relativamente largos. El tiempo que las partículas permanecen suspendidas en el aire depende principalmente de su tamaño:



- Las partículas con un diámetro menor a $0,1\mu\text{m}$ se mantienen en suspensión durante períodos muy largos, debido a la interacción de las fuerzas moleculares que las mantienen en constante movimiento y flotando en el aire
- Las partículas con un diámetro entre $0,1$ y $20\mu\text{m}$ tienen una fuerza de sedimentación pequeña comparada con la fuerza del viento que las levanta, por lo que este las mantiene suspendidas.
- Las partículas con un diámetro mayor a $20\mu\text{m}$ tienen velocidades de sedimentación relativamente grandes, por lo que se eliminan rápidamente por gravedad y otros procesos de inercia. [13]

En relación a las partículas, interesa principalmente la concentración de aquellas de diámetro inferior a $10\mu\text{m}$ y también su composición. Las partículas naturales, como el polvo de las calles por ejemplo, son en general de mayor tamaño y no forman parte de la fracción respirable; estas son inertes y su acción nociva consiste en actuar como núcleo de adsorción de otros compuestos químicos gaseosos que se aglomeran en torno a la partícula inerte. [14]

Las partículas de diámetro inferior a $10\mu\text{m}$ (PM_{10}) se conocen como la fracción respirable y son un indicador que representa el porcentaje de las partículas suspendidas totales susceptibles de causar efectos a la salud de la población, debido a que por su tamaño pueden penetrar a las vías respiratorias, las partículas suspendidas con un diámetro mayor a $10\mu\text{m}$ no penetran más allá de la nariz porque se quedan atrapadas en las estructuras nasales filtrantes que protegen al resto del aparato respiratorio. [15]



2.2 CEMENTO

Se denomina cemento a un aglutinante o conglomerante hidráulico formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas que crea una mezcla uniforme, manejable y plástica capaz de fraguar y endurecer al reaccionar con el agua y adquiriendo por ello consistencia pétreo y constituyendo el hormigón o concreto. Su uso está muy generalizado, siendo su principal función la de aglutinante en construcción. [16,17]

2.2.1 Cemento Portland:

El cemento Portland es el tipo de cemento más utilizado como aglomerante para la preparación del hormigón o concreto.

Fue inventado en 1824 en Inglaterra por el albañil Joseph Aspdin. El nombre se debe a la semejanza en su aspecto con las rocas encontradas en Portland, una isla en el condado de Dorset.

La fabricación del cemento Portland se da en tres fases: Preparación de la mezcla de las materias primas; producción del Clinker; y preparación del cemento. [18]

El cemento portland que se comercializa en el Ecuador debe cumplir con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 490:2010. (ANEXO 2)

2.2.1.1 Preparación de la mezcla de las materias primas:

Las materias primas para la producción del Portland son minerales que contienen: óxido de calcio (44%), óxido de silicio (14,5%), óxido de aluminio (3,5%), óxido de hierro (3%) y óxido de magnesio (1,6%).



La extracción de estos minerales se hace en canteras, que preferiblemente deben estar próximas a la fábrica, con frecuencia los minerales ya tienen la composición deseada, sin embargo en algunos casos es necesario agregar arcilla o bien minerales de hierro, bauxita, u otros minerales residuales de fundiciones.

La mezcla es calentada en un horno especial, constituido de un inmenso cilindro (llamado *Klim*); la temperatura crece a lo largo del cilindro hasta llegar a aproximadamente 1400°C; lo que permite que los minerales se combinen pero no se fundan o vitrifiquen.

2.2.1.2 Producción de Clinker:

En la sección de temperatura menor, el carbonato de calcio (CaCO_3) se separa en óxido de calcio y dióxido de carbono (CO_2). En la zona de alta temperatura el óxido de calcio reacciona con los silicatos y forma silicatos de calcio ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ y $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$). Se forma también una pequeña cantidad de aluminato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) y Aluminoferrito de tetracalcico ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$). El material resultante es denominado clinker. El clinker puede ser conservado durante años antes de proceder a la producción del cemento, con la condición de que no entre en contacto con el agua.

2.2.1.3 Preparación del cemento:

El clinker obtenido, es luego molido con pequeñas cantidades de yeso (aproximadamente 2%) para finalmente obtener cemento; que consiste en un polvo grisáceo listo para ser usado.



El cemento obtenido tiene una composición de 64% óxido de calcio, 21% óxido de silicio, 5,5% óxido de aluminio, 4,5% óxido de hierro, 2,4% óxido de magnesio, 1,6% sulfatos 1% otros materiales [16, 18, 19]

2.3 ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR LA ASPIRACION DE CEMENTO

2.3.1 Tos: Expulsión brusca, violenta y ruidosa del aire contenido en los pulmones producida por la irritación de las vías respiratorias. [16]

2.3.2 Odinofagia: Es el término médico para describir el síntoma consistente en un dolor de garganta producido al tragar fluidos, frecuentemente como consecuencia de una inflamación de la mucosa esofágica o de los músculos esofágicos.

La intensidad del dolor puede ser desde leve hasta tan severa que los pacientes ni siquiera pueden tragar su propia saliva. Dependiendo de la intensidad puede llegar a producir disfagia. Las causas más frecuentes son infecciones de la garganta como amigdalitis y faringitis. [16]

2.3.3 Sinusitis: Inflamación de los senos paranasales que son espacios llenos de aire en el cráneo; están localizados por detrás de la frente, en los huesos de la nariz, las mejillas y los ojos debida a la acumulación de moco que permite que microorganismos y bacterias se reproduzcan fácilmente. [16]

2.3.4 Asma: Enfermedad del aparato respiratorio que se caracteriza por una respiración anhelosa y difícil, tos, sensación de ahogo y ruidos sibilantes en el pecho. [16]

2.3.5 Asma ocupacional: El asma ocupacional es un tipo de asma causado por la exposición a irritantes inhalados en el lugar de trabajo. El asma ocupacional es a



menudo una enfermedad reversible, lo que significa que los síntomas pueden desaparecer cuando se evitan los irritantes que causaron el asma. Sin embargo, puede producirse un daño permanente si la persona experimenta una exposición prolongada. Ejemplos de irritantes en los lugares de trabajo incluyen: polvo, gases, humos y vapores. [16]

2.3.6 Insuficiencia Respiratoria: La insuficiencia respiratoria es la incapacidad del organismo para mantener los niveles arteriales de oxígeno (O_2) y dióxido de carbono (CO_2) adecuados para las demandas del metabolismo celular. [16]

2.3.7 Neumonía: También llamada pulmonía es una enfermedad del sistema respiratorio que consiste en la inflamación de los espacios alveolares de los pulmones; que cuando llega a la zona más distal de las vías aéreas (bronquios); se denomina bronconeumonía. [16]

2.3.8 Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC): es un trastorno pulmonar que se caracteriza por la existencia de una obstrucción de las vías aéreas generalmente progresiva e irreversible; produce como síntoma principal una disminución de la capacidad respiratoria, que avanza lentamente con el paso de los años y ocasiona un deterioro considerable en la calidad de vida de las personas afectadas, pudiendo ocasionar una muerte prematura. [20]

2.3.9 Alergia por aspiración de polvo: Reacción exagerada de nuestro cuerpo ante ciertas sustancias externas. Cuando se padece alergia es porque nuestro sistema inmunológico reacciona con excesiva sensibilidad ante partículas de polvo que identifica como extrañas y que no son una amenaza para el organismo. Los síntomas pueden ser muy variados: alteraciones del aparato digestivo (dolor de



barriga, diarrea, etc.), alteraciones en la piel (urticaria y dermatitis atópica), afecciones de la nariz (rinitis), asma, conjuntivitis, etc. [20]

2.3.10 Silicosis: La silicosis aparece principalmente por aspiración de polvo de cuarzo, arena y granito. Debido al depósito de partículas de sílice, en el pulmón ocasiona la destrucción del mismo y formación de fibrosis (cicatrización) de los tejidos pulmonares incluidos los vasos sanguíneos y linfáticos.

Los síntomas aparecen tras más de 10-20 años de exposición y el más frecuente es la dificultad respiratoria.

En el peor de los casos, comienza con una silicosis simple y progresa hacia una condición conocida como silicosis conglomerada, en la que nódulos de fibras individuales se unen y forman grandes masas de tejido cicatrizante. Este tipo de silicosis impide al pulmón tomar la cantidad de oxígeno necesaria para el organismo, que con el tiempo causa complicaciones severas, como el enfisema, dolencia en la que los alvéolos pulmonares pierden su elasticidad y funcionalidad.

Hay tres tipos de silicosis que se clasifican según la concentración en el aire de sílice cristalina a la que un trabajador estuvo expuesto:

2.3.10.1 Silicosis Crónica, ocurre normalmente después de 10 años o más de sobre exposición; y suele complicarse con tuberculosis.

2.3.10.2 Silicosis acelerada, resulta de la exposición a altas concentraciones de sílice cristalina y se desarrolla de 5 a 10 años después de la exposición inicial.

2.3.10.3 Silicosis aguda, ocurre donde las exposiciones son las más altas y puede causar el desarrollo de síntomas entre algunas semanas y 5 años.



La causa directa es la inhalación de sílice que queda en el aire cuando se extraen minerales de rocas que contiene cuarzo. Los mineros de oro, plomo, zinc y cobre corren el riesgo de desarrollar silicosis, así como aquéllos que trabajan con antracita y otros carbones bituminosos. También están expuestos al polvo de cuarzo quienes trabajan en limpieza con chorro de arena, cerámica o porcelana, extracción de granito, pulimiento de piedras y ciertos tipos de fundición. [20]

2.4 METALES LIGEROS PRESENTES EN EL CEMENTO:

2.4.1 Calcio (Ca^{+2}): Es un metal alcalino térreo; de número atómico 20; arde con llama roja formando óxido de calcio. Reacciona violentamente con el agua en su estado metálico para formar hidróxido $\text{Ca}(\text{OH})_2$ desprendiendo hidrógeno. Se encuentra en el medio interno de los organismos en forma iónica o formando parte de otras moléculas y participa de cofactor en muchas reacciones enzimáticas, interviene en el metabolismo del glucógeno, y junto al potasio y el sodio regula la contracción muscular, y también forman parte de los huesos. Es el quinto elemento en abundancia en la corteza terrestre (3,6 % en peso) pero no se encuentra en estado natural sino formando compuestos de gran interés industrial como el carbonato (calcita, mármol, caliza y dolomita) y el sulfato (aljez, alabastro) a partir de los cuales se obtienen la cal viva (CaO), la escayola, el cemento, etc.; la cal se ha usado, desde la más remota antigüedad, de conglomerante en la construcción; también para pintar muros y fachadas de los edificios construidos con adobes o tapial

El Calcio en forma de óxido (CaO) se utiliza como materia prima en un 64% en el proceso de fabricación de cemento; siendo tóxico por inhalación; pudiendo causar



irritación en piel y las vías respiratorias, dolor de garganta e implica un riesgo de daño ocular grave. [21, 39]

De acuerdo a la ficha de seguridad química, el óxido de calcio (CaO) constituye un riesgo de inhalación ya que las partículas se dispersan fácilmente en el aire produciendo sensación de quemazón de nariz y garganta, tos y jadeo. El límite de exposición es: TLV: $2\text{mg}/\text{m}^3$ (ACGIH 1990-1991). [22] (ANEXO 3)

2.4.2 Silicio (Si^{+4}): Es un metaloide que forma parte de los carbonoides, de número atómico 14, se presenta en estado natural en forma amorfa y cristalizada (cuarzo), Es uno de los productos menos reactivos y más insolubles, incoloro y blanco. Es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre (27,7 % en peso); es un componente esencial del vidrio común y se utiliza también ampliamente en la industria cerámica; en la fabricación y uso de productos abrasivos, de polvos de limpieza, de esmeriles y pastas de pulir que contienen sílice libre, en la industria metalúrgica, la joyería y la preparación de prótesis dentales.

Existe un riesgo de intoxicación para todos aquellos trabajadores que estén expuestos a la inhalación de sílice en los procesos de extracción en minas de rocas que contienen sílice libre, en la construcción y demolición. Puede producir la enfermedad denominada silicosis; que se puede combinar con la tuberculosis, también se la suele denominar asma o caquexia de los mineros. [23, 37]

De acuerdo a la ficha de seguridad química, el dióxido de silicio (SiO_2) constituye un riesgo de inhalación ya que las partículas se dispersan fácilmente en el aire produciendo tos. El límite de exposición es: VLA - ED: (fracción respirable) 0,1



mg/m^3 y está clasificado por la agencia Internacional Agency for Research on Cancer (IARC) en el grupo 1: Posible carcinogénico en humanos. [24] (ANEXO 4)

Los silicatos son el grupo de minerales de mayor abundancia; constituyen más del 95% de la corteza terrestre, son el grupo de más importancia geológica por ser petrogénicos, es decir, los minerales que forman las rocas. Todos los silicatos están compuestos por silicio y oxígeno. Estos elementos pueden estar acompañados de otros entre los que destacan aluminio, hierro, magnesio o calcio. [23]

El Silicato cálcico hidratado (denominado también gel CSH por tener fórmula $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, o a veces como C-S-H) es un silicato cálcico que ha sufrido una reacción de hidratación (monohidratada) para convertirse en un gel cementoso. Es uno de los compuestos hidratados principales del cemento Portland y es el responsable de las propiedades resistentes del cemento. Este compuesto es irritante por vía respiratoria.

De acuerdo a la ficha de seguridad química, el silicato de calcio (SiO_3Ca) constituye un riesgo de inhalación ya que las partículas se dispersan fácilmente en el aire produciendo tos y dolor de garganta. El límite de exposición es: TLV: 10 mg/m^3 (ACGIH 2003). [25] (ANEXO 5)

2.4.3 Magnesio (Mg^{2+}): Es un metal alcalino térreo de número atómico 12, es el séptimo elemento en abundancia en la corteza terrestre (2 % en peso) y el tercero más abundante disuelto en el agua de mar, en su estado elemental es liviano, medianamente fuerte, color blanco plateado, altamente inflamable; al arder en el aire produce una llama blanca muy intensa incandescente, la cual fue muy utilizada cuando comenzó la fotografía. No se encuentra en la naturaleza en estado libre



(como metal), sino que forma parte de numerosos compuestos, en su mayoría óxidos y sales.

El magnesio es utilizado como un elemento de aleación. Los compuestos de magnesio, principalmente su óxido, se usan como material refractario en hornos para la producción de hierro y acero, metales no férreos, cristal y cemento, así como en agricultura e industrias químicas y de construcción. [23, 38]

De acuerdo a la ficha de seguridad química, el óxido de magnesio (MgO) constituye un riesgo de inhalación ya que las partículas se dispersan fácilmente en el aire produciendo tos. El límite de exposición es: TLV: 10 mg/m³ (fracción respirable) (ACGIH 2010); adicional presenta un riesgo para el embarazo: grupo c (estudios en reproducción animal han demostrado un efecto adverso sobre el feto o no se ha podido demostrar su inocuidad). [26] (ANEXO 6)

2.5 MARCO LEGAL ACTUAL:

El Ministerio del Ambiente, creado en el año 1996, es la autoridad nacional ambiental y estableció un marco general para el desarrollo y aprobación de la normativa ambiental, dentro de los principios de desarrollo sustentable, establecidos en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, y ratificados en la Constitución Política de la República

Con la promulgación de la Constitución Política de la República del Ecuador en 1998, que reconoce a las personas, el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación; preservado el medio ambiente y de esta manera garantizando un desarrollo sustentable; fue promulgada la Ley de



Gestión Ambiental publicado en Registro Oficial N° 245 el 30 de julio de 1999 para cumplir con dichos objetivos.

2.5.1 Ley de Gestión Ambiental

La Ley de Gestión Ambiental constituye el cuerpo legal específico más importante atinente a la protección ambiental en el país. Esta ley está relacionada directamente con la prevención, control y sanción a las actividades contaminantes a los recursos naturales y establece las directrices de política ambiental, así como determina las obligaciones, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones dentro de este campo.

Dispone que el Ministerio del Ambiente, por su parte, debe coordinar con los organismos competentes sistemas de control para la verificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes. Por otro lado, se establece que las obras públicas, privadas o mixtas y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, deben previamente a su ejecución ser calificados, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental.

La Ley de gestión ambiental y el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental; establecen los siguientes contenidos:

- Libro I: Autoridad ambiental;
- Libro II: Gestión ambiental;



- Libro III: Régimen forestal, Anexo 1: Determinación del valor de restauración, Anexo 2: Guía conceptual de los métodos de valoración de los daños ambientales, Anexo 3: Formulario para presentaciones de datos del área a ser declarada bosque y vegetación protectora;
- Libro IV: Biodiversidad, Anexo 1: Lista de especies de aves amenazadas o en peligro de extinción en el Ecuador;
- Libro V: Recursos costeros;
- Libro VI: Calidad ambiental, Anexo 1: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes : recurso agua, Anexo 2: Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados, Anexo 3: Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión, Anexo 4: Norma de calidad del aire ambiente, Anexo 5: Límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles, y para vibraciones, Anexo 6: Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos, Anexo 7: Listados nacionales de productos químicos prohibidos, peligrosos y de uso severamente restringido que se utilicen en el Ecuador;
- Libro VII: Régimen especial: Galápagos;
- Libro VIII: Instituto para el Eco desarrollo Regional Amazónico (ECORAE);
- Libro IX: Sistema de derecho o tasas por los servicios que presta el ministerio del ambiente por el uso y aprovechamiento de bienes nacionales que se encuentran bajo su cargo y protección.

Para este estudio revisaremos el Libro VI y más específicamente los anexos 3 y 4, que hacen referencia a la calidad de aire ambiente.



2.5.2 Libro VI, de la calidad ambiental

2.5.2.1 Del sistema único de manejo ambiental

Este libro hace referencia a mecanismos de coordinación interinstitucional y los elementos del sub-sistema de evaluación de impacto ambiental, el proceso de evaluación de impacto ambiental, así como los procedimientos de impugnación, suspensión revocatoria y registro de licencias ambientales. Además proporciona los elementos para establecer la evaluación de impactos ambientales en procesos de revisión, licenciamiento y seguimiento ambiental de una actividad o un proyecto propuesto; estableciendo como principios: el mejoramiento, la transparencia, la agilidad, la eficacia y la eficiencia así como la coordinación interinstitucional de las decisiones relativas a actividades o proyectos propuestos con potencial impacto y/o riesgo ambiental, para impulsar el desarrollo sustentable del país mediante la inclusión explícita de consideraciones ambientales y de la participación ciudadana, desde las fases más tempranas del ciclo de vida de toda actividad o proyecto propuesto y dentro del marco establecido mediante este Título.

De la misma manera establece las prohibiciones generales, infracciones y sanciones.

Para tener una visión general de la norma; se esquematiza el Proceso de evaluación de impactos ambientales de acuerdo al Sistema Único de Manejo Ambiental.
(ANEXO 7)



2.5.2.2 LIBRO VI, ANEXO 3 Norma de Emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión:

Esta norma técnica es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para emisiones de contaminantes del aire hacia la atmósfera desde fuentes fijas de combustión.
- Los métodos y procedimientos destinados a la determinación de las cantidades emitidas de contaminantes del aire desde fuentes fijas de combustión.

La presente norma tiene como objetivo principal el preservar o conservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general. Para cumplir con este objetivo, esta norma establece los límites permisibles de emisiones al aire desde diferentes actividades. La norma provee los métodos y procedimientos destinados a la determinación de las emisiones al aire que se verifiquen desde procesos de combustión en fuentes fijas. Se provee también de herramientas de gestión destinadas a promover el cumplimiento con los valores de calidad de aire ambiente establecidos en la normativa pertinente.



Esta norma establece los límites máximos permisibles, tanto de concentraciones de contaminantes comunes, a nivel del suelo, en el aire ambiente, como de contaminantes emitidos desde fuentes fijas de combustión. La norma establece la presente clasificación:

1. Límites permisibles de emisión de contaminantes al aire desde combustión en fuentes fijas.
2. Métodos y equipos de medición de emisiones desde fuentes fijas de combustión.
3. Límites permisibles de emisión de contaminantes al aire para procesos productivos:
 - a. Límites permisibles de emisión desde procesos de elaboración de cemento.
 - b. Límites permisibles de emisión desde procesos de elaboración de envases de vidrio.
 - c. Límites permisibles de emisión desde procesos de elaboración de pulpa de papel.
 - d. Límites permisibles de emisión desde procesos de fundición de metales ferrosos.
 - e. Normas de emisión desde combustión de bagazo en equipos de combustión de instalaciones de elaboración de azúcar.



2.5.2.2.1 Elaboración de cemento

CONTAMINANTE EMITIDO	OBSERVACIONES	FUENTES EXISTENTES	FUENTES NUEVAS	UNIDADES
Partículas Totales	Horno de clínker	150	50	mg/m ³
	Enfriador de clínker	100	50	mg/m ³
Óxidos de Nitrógeno	--	1 800	1 300	mg/m ³
Dióxido de Azufre	--	800	600	mg/m ³

Tabla 1. Límites máximos permisibles de emisiones al aire para elaboración de cemento

2.5.2.3 LIBRO VI, ANEXO 4 Norma de Calidad del aire ambiente

La presente norma técnica es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece los objetivos de calidad del aire ambiente y los métodos y procedimientos a la determinación de los contaminantes en el aire ambiente.



La presente norma tiene como objetivo principal el preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general. Para cumplir con este objetivo, esta norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en el aire ambiente a nivel del suelo. La norma también provee los métodos y procedimientos destinados a la determinación de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente. Para efectos de esta norma se establecen como contaminantes comunes del aire ambiente a los siguientes:

Partículas Sedimentables.

- Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 (diez) μm . Se abrevia PM_{10} .
- Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 2,5 (dos enteros cinco décimos) μm . Se abrevia $\text{PM}_{2,5}$.
- Óxidos de Nitrógeno: NO y NO_2 , y expresados como NO_2 .
- Dióxido de Azufre SO_2 .
- Monóxido de Carbono.
- Oxidantes Fotoquímicos, expresados como Ozono

La responsabilidad de la determinación de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente recaerá en la Entidad Ambiental de Control. Los equipos, métodos y procedimientos a utilizarse en la determinación de la concentración de contaminantes, tendrán como referencia a aquellos descritos en la legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América (*Code of Federal Regulations, Anexos 40 CFR 50*).



Partículas sedimentables.- La máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 (treinta) días de forma continua, será de un miligramo por centímetro cuadrado ($1 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$).

Material particulado menor a $10\mu\text{m}$ (PM_{10}).- El promedio aritmético de la concentración de PM_{10} de todas las muestras en un año no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico ($50 \mu\text{g/m}^3$). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder ciento cincuenta microgramos por metro cúbico ($150 \mu\text{g/m}^3$), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año.

Los valores de concentración de contaminantes comunes del aire, establecidos en esta norma, así como los que sean determinados en los programas públicos de medición, están sujetos a las condiciones de referencia de 25°C y 760 mm Hg .

Las mediciones observadas de concentraciones de contaminantes comunes del aire deberán corregirse de acuerdo a las condiciones de la localidad en que se efectúen dichas mediciones, para lo cual se utilizará la siguiente ecuación:

$$C_c = C_o * \frac{760 \text{ mmHg}}{P_b \text{ mmHg}} * \frac{(273 + t^\circ\text{C})^\circ\text{K}}{298^\circ\text{K}}$$

donde:

C_c : concentración corregida

C_o : concentración observada

P_b : presión atmosférica local, en milímetros de mercurio.

$t^\circ\text{C}$: temperatura local, en grados centígrados.



De los planes de alerta, alarma y emergencia de la calidad del aire

La Entidad Ambiental de Control establecerá un Plan de Alerta, de Alarma y de Emergencia ante Situaciones Críticas de Contaminación del Aire, basado en el establecimiento de tres niveles de concentración de contaminantes. La ocurrencia de estos niveles determinará la existencia de los estados de Alerta, Alarma y Emergencia.

Se definen los siguientes niveles de alerta, de alarma y de emergencia en lo referente a la calidad del aire (Tabla 1). Cada uno de los tres niveles será declarado por la Entidad Ambiental de Control cuando uno o más de los contaminantes comunes indicados exceda la concentración establecida en la siguiente tabla, o cuando las condiciones atmosféricas se espera que sean desfavorables en las próximas 24 horas.

CONTAMINANTE Y PERÍODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA	UNIDADES ^[1]
Monóxido de Carbono				
Concentración promedio en ocho horas	15 000	30 000	40 000	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Oxidantes Fotoquímicos, expresados como ozono.				
Concentración promedio en una hora	300	600	800	$\mu\text{g}/\text{m}^3$



CONTAMINANTE Y PERÍODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA	UNIDADES ^[1]
Óxidos de Nitrógeno, como NO ₂ Concentración promedio en una hora	1 200	2 300	3 000	µg/m ³
Dióxido de Azufre Concentración promedio en veinticuatro horas	800	1 600	2 100	µg/m ³
Material Particulado PM ₁₀ Concentración en veinticuatro horas	250	400	500	µg/m ³

Tabla 2. Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire

Nota: ^[1] Todos los valores de concentración expresados en microgramos por metro cúbico de aire, a condiciones de 25 °C y 760 mm Hg.

Cada plan contemplará la adopción de medidas que, de acuerdo a los niveles de calidad de aire que se determinen, autoricen a limitar o prohibir las operaciones y actividades en la zona afectada, a fin de preservar la salud de la población.

La Entidad Ambiental de Control podrá proceder a la ejecución de las siguientes actividades mínimas:



En Nivel de Alerta: Informar al público, mediante los medios de comunicación, del establecimiento del Nivel de Alerta.

Restringir la circulación de vehículos así como la operación de fuentes fijas de combustión en la zona en que se está verificando el nivel de alerta para uno o más contaminantes específicos. Estas últimas acciones podrán consistir en limitar las actividades de mantenimiento de fuentes fijas de combustión, tales como soplado de hollín, o solicitar a determinadas fuentes fijas no reiniciar un proceso de combustión que se encontrase fuera de operación

En Nivel de Alarma: Informar al público del establecimiento del Nivel de Alarma.

Restringir, e inclusive prohibir, la circulación de vehículos así como la operación de fuentes fijas de combustión en la zona en que se está verificando el nivel de alarma. Esto podrá incluir en limitar el tiempo de operación para aquellas fuentes fijas que no se encontraren en cumplimiento con las normas de emisión.

Suspender cualquier quema a cielo abierto.

En Nivel de Emergencia: Informar al público del establecimiento del Nivel de Emergencia. Prohibir la circulación y el estacionamiento de vehículos así como la operación de fuentes fijas de combustión en la zona en que se está verificando el nivel de emergencia. Se deberá considerar extender estas prohibiciones a todo el conjunto de fuentes fijas de combustión, así como vehículos automotores, presentes en la región bajo responsabilidad de la Entidad Ambiental de Control.

Suspender cualquier quema a cielo abierto, e inclusive, proceder a combatir dichas quemas. [27]



En general los límites máximos permitidos establecidos en la legislación ecuatoriana para emisiones de material particulado PM_{10} son $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio anual) y $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio 24 horas); estos valores son equiparables con los existentes en la mayoría de los países latinoamericanos e incluso con los fijados por la Agencia Estadounidense de Protección Ambiental, USEPA; mientras los límites propuestos por la OMS establece un límite anual recomendado para PM_{10} de $20\mu\text{g}/\text{m}^3$. [10]



3. MATERIALES Y METODOS

3.1 ESTUDIO REALIZADO

La presente es una investigación cualitativa – cuantitativa que incluye un estudio descriptivo y analítico transversal en donde se determinó la presencia de Calcio, Silicio y Magnesio en material particulado PM_{10} recolectado en la ciudad de Azogues y las posible enfermedades del aparato respiratorio registradas en la población.

3.2 DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

El monitoreo se llevó a cabo en la ciudad de Azogues. (ANEXO 8).

Las características que debe cumplir la zona de muestreo de acuerdo al manual del equipo que se utilizó; deben ser en el centro de la ciudad, sector industrial, comercial, con gran densidad de tráfico y residencial; estar libre de la influencia de árboles, edificios, estructuras alejadas al menos 10 veces la altura de los obstáculos (ejemplo: debe estar a 50 m de un edificio de 5 m). El sitio debe garantizar la permanencia de los equipos; es decir ofrecer la seguridad necesaria; así como protegerlo de fenómenos de la naturaleza.

El muestreo se realizó durante 6 meses en dos zonas representativas de la ciudad de Azogues:

1. En la terraza del colegio “LA SALLE”. Ubicado en la Calle Luis Cordero N° 3-02 cuya altura respecto a la av. 24 de mayo es de 12 m. El monitoreo se realizó durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2013; con



intervalos de 3 días. Cada filtro se recolectó a las 24 horas, obteniendo un total de 10 filtros al mes.

2. En la Terraza del terminal terrestre de la Ciudad de Azogues que se encuentra localizado en la zona sur de la ciudad, a 1 Km del centro; cuya altura respecto a la vía es de 5,5 m. El monitoreo se realizó durante los meses de enero, febrero y marzo de 2014; .Los filtros fueron recolectados cada 24 horas, y se repitió el muestreo en intervalos de 3 días; obteniendo un total de 10 filtros al mes. (ANEXO 9)

3.3 HIGH VOLUME SAMPLER (HVS) PARA LA DETERMINACIÓN DE PM₁₀:

3.3.1 Fundamento del funcionamiento:

El Método de Referencia Federal (FRM) describe los requerimientos básicos de ejecución para todos los muestreadores de PM₁₀. Este equipo extrae las partículas cuyo diámetro es menor a 10 µm, mismas que son retenidas sobre un filtro que es pesado antes y después del muestreo para determinar la masa neta ganado de la muestra. El tiempo es controlado por un temporizador con exactitud de ± 15 minutos sobre un periodo de muestreo de 24 horas. La concentración de PM₁₀ en el ambiente es computarizado como la masa neta dividida para el volumen de aire muestreado. Debido a que el muestreador opera en condiciones actuales o promedios de temporada, la rata de flujo operacional deberá ser corregida a las condiciones de referencia de la US EPA (298 k, 760 mmHg) para reportar. Las concentraciones serán expresadas en microgramos por metro cúbico estándar (µg/std.m³). [28]



Al encender el equipo, se recomienda que éste permanezca en funcionamiento al menos unos 5 minutos hasta estabilizar el flujo de aire, al cabo de éste tiempo se coloca el porta filtro con el filtro nuevo que ha sido previamente tratado en el laboratorio. (ANEXO 10)

3.3.2 Dispositivo:

El equipo consta de una estructura metálica de aluminio, su masa aproximada es de 40 Kg y su altura de 1,62 m. Básicamente consta de dos partes: i) la estructura inferior, que contiene el motor que funciona con una corriente de 110 V, y dispositivos electrónicos de configuración de tiempos de monitoreo; ii) la estructura superior, consiste de un cabezal móvil, por cuyos bordes ingresa el aire succionado por el motor; en su interior se encuentran tubos y boquillas de ventilación, y en la base del cabezal se encuentra instalado un porta filtros extraíble que consiste en una malla sobre la cual se fija el filtro.

Éste equipo fue facilitado por la empresa Industrias Guapán a través de la firma de Convenio suscrito con la facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca. (ANEXO 11)

3.4 ANALISIS DE LOS FILTROS

Se emplearon filtros de microfibra de cuarzo de alta pureza de 20.3 por 24cm marca Whatman. De acuerdo a lo recomendado por la USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos); el muestreo se debe realizar cada 24Horas con intervalos de 6 días; sin embargo gracias la experiencia de los técnicos del Centro de Estudios Ambientales de la Universidad de Cuenca; se procedió a realizar el



muestreo con intervalos de 3 días; obteniéndose una población total de 60 filtros que corresponden a los 6 meses de muestreo.

De los 60 filtros obtenidos; se tomó una muestra significativa de 7 filtros por cada mes (42 filtros); mismos que fueron divididos para establecer dos grupos que fueron analizados en el laboratorio CESEMIN de la Universidad de Cuenca; de la siguiente manera: (ANEXO 12, 13)

3.4.1 Grupo a: Se busca calcio, silicio y magnesio como metales libres provenientes principalmente de las materias primas necesarias para la fabricación del cemento; se establecieron 6 muestras, cada muestra formada por 7 medios filtros que corresponden a un mes de muestreo cada una; fueron sometidas a una digestión completa con ácido nítrico (HNO_3); luego una vez filtrada la muestra, se realizan las diluciones necesarias para lograr una lectura óptima en el equipo de absorción atómica; el método se fundamenta en el principio que los átomos libres en estado fundamental pueden absorber la luz a una cierta longitud de onda. La absorción es específica, por lo que cada elemento absorbe a longitudes de onda únicas. A continuación la muestra es atomizada dentro de una llama de aire acetileno u óxido acetileno con un límite de detección para el Calcio de 0,015 ppm, para el magnesio de 0,002 ppm y para el silicio del 1 ppm. La comparación se realizó frente a un blanco.

3.4.2. Grupo b: Se busca calcio y magnesio silicizados que se encuentran principalmente en el cemento; se establecieron 6 muestras, cada muestra formada por 7 medios filtros que corresponden a un mes de muestreo cada una; las muestras fueron raspadas intentando obtener la mayor cantidad de material particulado



impregnado en el filtro, del total del raspado se tomó aproximadamente 1 g por cada muestra y se procedió a una fusión con hidróxidos seguida de una extracción con ácido clorhídrico (HCl); finalmente se diluyó la muestra y se lleva a lectura en el equipo de absorción atómica en busca de Calcio y Magnesio.

El Silicio se busca utilizando un método gravimétrico que se fundamenta en determinar la cantidad del mismo presente en la muestra, eliminando todas las sustancias que interfieren y convirtiendo en un compuesto de composición definida (SiO_2), que sea susceptible de pesarse. La gravimetría es un método analítico cuantitativo, es decir, que determina la cantidad de silicio, midiendo el peso del mismo con una balanza analítica. [43]

3.5 ENCUESTA

Se aplicó una encuesta a los pobladores de la ciudad de Azogues con el fin de conocer las opiniones acerca del posible efecto del polvo presente en el aire ambiente y relación con la industria cementera; al investigar la prevalencia de las enfermedades de las vías respiratorias. (ANEXO 14)



4. RESULTADOS

4.1 DETERMINACIÓN DE CALCIO, SILICIO Y MAGNESIO POR ABSORCIÓN ATÓMICA

Los resultados de ambos grupos analizados demostraron que la concentración de los metales buscados; calcio, silicio y magnesio en forma de metales libres y silicizados no fueron detectados de acuerdo al método y equipo utilizados; por lo que se requiere una técnica de mayor sensibilidad; y considerar que el residuo de PM₁₀ recolectado pudo no ser suficiente. (Anexo 15)

4.2 ENFERMEDADES INFECCIOSAS MÁS FRECUENTES EN EL HOSPITAL HOMERO CASTAÑER, AZOGUES.

En el Hospital se realiza un análisis anual de las 10 principales causas de morbilidad de cada año en las tres áreas consideradas: emergencia, egreso hospitalario y consulta externa; adicional cada mes se llena una matriz establecida por el Ministerio de Salud Pública en donde se consideran las principales enfermedades de vigilancia epidemiológica (EPI). Tomando en cuenta que la investigación de este trabajo se desarrolló en el último trimestre del 2013; y en los meses de febrero, marzo y abril del 2014; se consideraron los datos generales del 2013; así como las matrices EPI de cada uno de los meses en los que se desarrolló el estudio.

En el 2013 se atendieron un total de 85369 pacientes divididos de la siguiente manera:

Área	Número de casos
Emergencia	66709
Egreso Hospitalario	131222
Consulta Externa	260397

Tabla 3: Número de casos ingresados por área al hospital Homero Castañer Crespo en el año 2013

En cada una de estas áreas las 10 principales causas de morbilidad constituyen alrededor del 50% en el caso de Emergencia, y alrededor del 30% en egreso hospitalario y consulta externa, el resto 50 y 70% restantes hacen referencia a otras causas.

Para este análisis se consideran las 6 primeras causas de morbilidad en cada una de las áreas estudiadas; en busca de la relación con el efecto en la salud del material particulado PM₁₀ en el aire ambiente de la ciudad de Azogues; estos datos fueron analizados en el software de Excel.

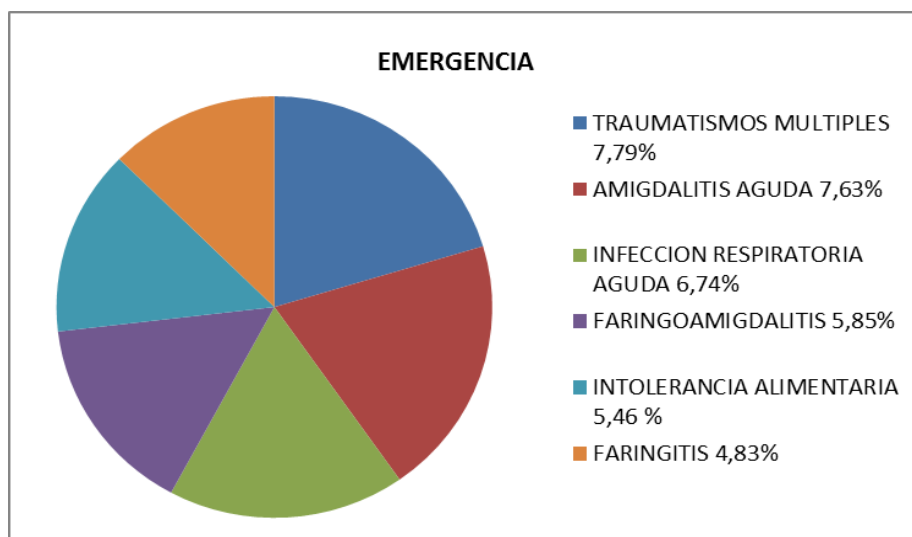


Figura 2: Principales causas de morbilidad ingresadas por Emergencia durante el año 2013 en el hospital Homero Castañer Crespo de la ciudad de Azogues.

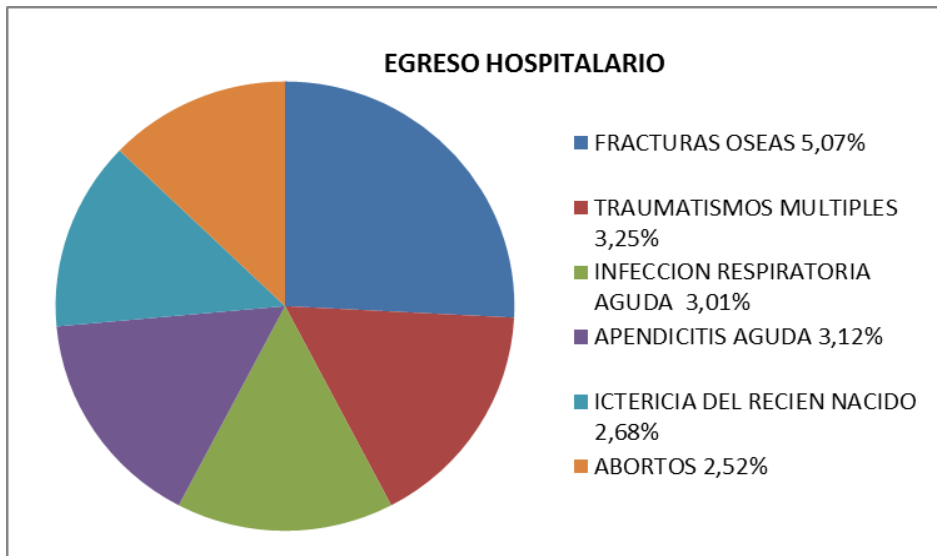


Figura 3: Principales causas de morbilidad en Egreso Hospitalario durante el año 2013 en el hospital Homero Castañer Crespo de la ciudad de Azogues.

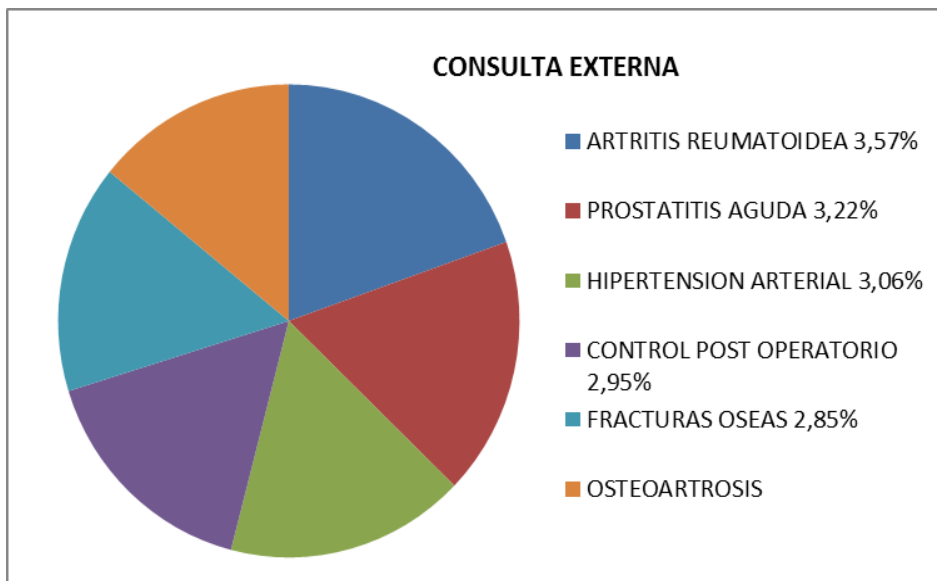


Figura 4: Principales causas de morbilidad en Consulta Externa durante el año 2013 en el hospital Homero Castañer Crespo de la ciudad de Azogues.



Las matrices EPI establecidas por el Ministerio de Salud Pública hacen referencia al número de casos de enfermedades de transmisión sexual, enfermedades crónicas, cáncer, enfermedades tropicales, enfermedades zoonóticas, enfermedades tuberculosas, comportamiento humano, otros eventos y accidentes, presentados cada mes como casos nuevos confirmados divididos en grupos de edades, sexo y el número de fallecimientos; en consulta externa y emergencia. En este estudio consideraremos el número de casos de Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) y cáncer pulmonar en los meses en los que se realizó el estudio, en relación con el número de casos total de cada mes.

		10-14	15-19	20-49	50-64	65Y+	TOTAL		TOTAL CASOS/MES
							MASCULINO	FEMENINO	
OCTUBRE	EPOC	1				4	2	3	351
	CA PULMÓN			1				1	
NOVIEMBRE	EPOC			1	1	4	5	1	533
	CA PULMÓN					2		2	
DICIEMBRE	EPOC	1			1	1	2	1	406
	CA PULMÓN								
FEBRERO	EPOC					1	1		321
	CA PULMÓN								
MARZO	EPOC					2	2		328
	CA PULMÓN								
ABRIL	EPOC					2	1	1	397
	CA PULMÓN								

TABLA 4: Relación de las enfermedades (EPOC y cáncer de pulmón) de matrices EPI del hospital Homero Castañer Crespo de la ciudad de Azogues durante los meses de estudio.



4.3 APLICACIÓN DE ENCUESTA PARA DETERMINAR LA PREVALENCIA DE INFECCIONES RESPIRATORIAS.

La encuesta se aplicó el sábado 5 de julio de 2014, en la zona cercana a los dos puntos de monitoreo: Unidad Educativa La Salle y el Terminal Terrestre, en horario de 10h00 - 12h00. El principal objetivo de la encuesta realizada es determinar percepción de los pobladores de la ciudad de Azogues acerca de la posible relación que existe entre la contaminación del aire con material particulado PM₁₀; y la fabricación del cemento en la empresa Industria Guapán ubicada en dicha ciudad.

La encuesta se realizó a personas de entre 17 y 60 años, encontrándose la mayoría de los encuestados entre los 21 y 30 años, el sexo de los encuestados fue aproximadamente el 50% masculino y el 50% femenino; en cuanto al nivel de instrucción y ocupación; el 50% de los encuestados eran estudiantes universitarios, que ejercían sus actividades en aulas y al aire libre y el otro 50% eran empleados con nivel de instrucción secundaria que pasaban la mayor parte de la jornada diaria en oficinas. El 65% de los encuestados vive en el casco urbano; mientras el restante 35% vive en zonas rurales.

La percepción del 50% de los encuestados es que el aire de azogues tiene la misma cantidad de polvo que otras ciudades del Ecuador, mientras el otro 50% cree que en azogues hay mayor cantidad de polvo, por lo que el aire en dicha ciudad no garantiza la salud de la población.

La mayoría de los encuestados (63%), considera que el polvo que se encuentra en el aire ambiente de la ciudad se debe a emisiones de la fábrica de cemento



Industrias Guapán, mientras el resto de los encuestados relacionan el polvo con el tráfico vehicular.

La mayoría de los encuestados indican conocer que los principales riesgos de respirar polvo en el aire ambiente por tiempos prolongados son las enfermedades de las vías respiratorias, por lo que indican que fuera imperativo realizar estudios frecuentes sobre la calidad de aire en la ciudad, y de esta manera granizar la salud de sus pobladores.

Cerca del 100% de los encuestados han enfermado con alguna afección de las vías respiratorias dentro del lapso de tiempo en el que se realizó el análisis; principalmente con tos y amigdalitis.

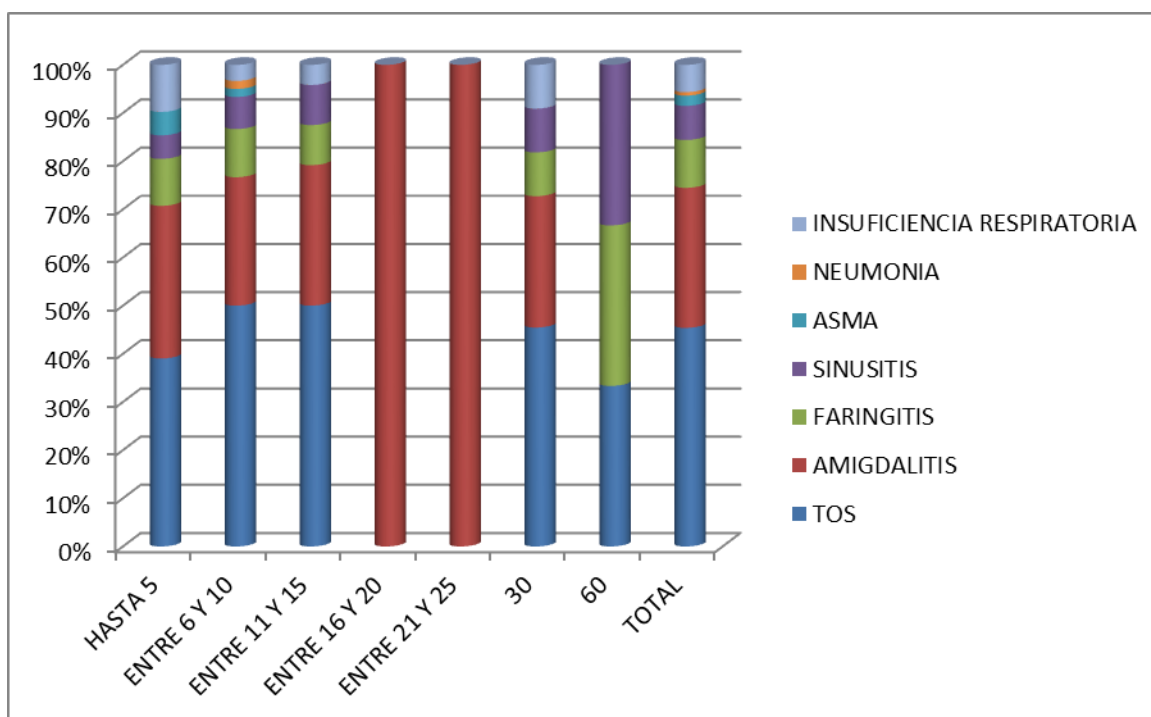


Figura 5: Principales enfermedades que han sufrido los encuestados durante los meses de desarrollo de este trabajo y sus rangos de edades.



Alrededor del 70% de los encuestados han asistido a centros de salud tanto públicos como privados máximo al segundo día de presentarse los síntomas, por lo que han recibido tratamiento médico oportuno y han superado su enfermedad respiratoria sin complicaciones.



5. DISCUSIÓN

El presente trabajo determinó la presencia de silicio, calcio y magnesio como fuente fija de contaminación y estableció el posible efecto en la salud al que se encuentra expuesta la población de la ciudad de Azogues; si bien en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA); libro IV, anexos 3 y 4 no establece valores límites para los metales ligeros propósito de este estudio; estos metales afectan la salud: principalmente a nivel de las vías respiratorias cuya intensidad es directamente proporcional al tiempo de exposición.

El texto unificado de legislación Ecuatoriana vigente; únicamente establece límites de partículas totales para fuentes fijas en el horno del Clinker, y enfriador del Clinker además establece límites para óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre; considerados como los principales contaminantes peligrosos procedentes del cemento; sin embargo en las fichas internacionales de seguridad de las materias primas responsables de la composición del cemento; se establece valores límites umbrales (TLV) establecidos por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales (ACGIH); y considerando que los metales analizados no se encontraron dentro de los límites de detección del equipo utilizado, se puede observar que la contaminación del cemento en la ciudad de Azogues no determina un posible efecto en la salud de sus habitantes, probablemente debido a que en las industrias cementeras existen electro filtros que evitan emisiones considerables del material particulado PM_{10} ; pudiendo considerarse el proceso de fabricación de cemento en esta empresa, amigable con el medio ambiente.



En el año 2010 el Ministerio del Ambiente publicó el PLAN NACIONAL DE LA CALIDAD DE AIRE; cuyo objetivo principal es: “Alcanzar una gestión ambiental adecuada de la calidad del recurso aire, para proteger la salud humana, los recursos naturales y el patrimonio cultural, contribuyendo así al mejoramiento de la calidad de vida de la población ecuatoriana”. Al no existir en Guayaquil una red de monitoreo permanente de la calidad, no se puede establecer datos reales sobre las condiciones de aire ambiente; sin embargo una comparación de datos de la antigua red PANAIRE, con datos recientes, indica un aumento en las concentraciones de material particulado y gases, principalmente CO y SO₂. En Quito en el 2004 se creó la corporación para el mejoramiento del aire de Quito (CORPAIRE); por lo que en esta ciudad hay un constante monitoreo de la calidad de aire; mientras en Cuenca, la empresa de telecomunicaciones, alcantarillado y agua potable de Cuenca (ETAPA), es la encargada del monitorio de la calidad de aire en la ciudad. [29]

Por lo expuesto anteriormente; en la región Ecuatoriana se han realizado varios estudios similares, en donde cuantifica la concentración de material particulado, su composición química en cuanto a iones, y los requisitos establecidos por la Legislación Ambiental; por ejemplo en un estudio realizado por CORPAIRE en junio del 2006 en 33 puntos de muestreo para monitorear la concentración de material particulado, PM_{2,5}, PM₁₀, y caracterización química de las muestras de PM₁₀, con la finalidad de determinar las fuentes de emisión de este contaminante y definir la estrategia más adecuada de control; los resultados obtenidos determinaron que el mayor problema de contaminación atmosférica se atribuye a las emisiones de material particulado (PM_{2,5}) o partículas sedimentables; mientras de la caracterización de PM₁₀ se determinó que el principal componente es polvo mineral



(41%). Seguido por 31% de carbón total, 25% de iones (sulfatos, nitratos, amonio y cloruros) y 3% de componentes no identificados. El efecto del alto contenido de azufre en los combustibles utilizados en el Quito y la influencia de los gases emitidos por los volcanes activos, determina que el 52% de los iones son sulfatos. [10]

En el 2011 se realizó un estudio en la ciudad de Cuenca, con 19 puntos de vigilancia distribuidos en diferentes sitios de la ciudad, en busca de los principales contaminantes del aire establecidos por la legislación ambiental; en donde se detectó el mayor promedio anual de material particulado PM_{10} , ($39,5\mu g/m^3$), al noreste de la ciudad, sin sobrepasar el límite legal establecido; mientras la concentración anual de $PM_{2.5}$ si sobrepasa en la mayoría de los sitios de muestreo el límite ambiental. En cuanto a dióxido de azufre, Dióxido de Nitrógeno, Ozono, y benceno fueron menores a los límites establecidos por la legislación ambiental. [30]

En Colombia se realizan estudios más frecuentes ya que disponen de una planificación anual para mantener controlada la calidad de aire ambiente; según un estudio realizado por el departamento de química de la facultad de ciencias básicas de la Universidad Pamplona, Colombia; en donde se analizaron los promedios geométricos de material particulado fracción respirable y la caracterización físico-química de los filtros de microcuarzo, recolectados durante los años de 1997,1998 y en los meses de Enero-Abril de 1999, en cuatro estaciones de muestreo localizadas en diferentes sitios de la ciudad de Bucaramanga-Colombia; después de someter los filtros a una digestión ácida, los metales fueron medidos por espectrofotometría de absorción atómica. En este estudio se determinó que en una de las estaciones, no se cumple con el límite establecido por la legislación colombiana para PM_{10} , así



como se detectó; de los 11 metales buscados; la presencia de aluminio, calcio, hierro, magnesio y zinc en todas las estaciones; en menor proporción se encontró plomo y algo de níquel y cobre en la estación con mayor cantidad de PM_{10} ; y no se detectó cadmio, cromo ni vanadio. [31]

En otro estudio realizado por el Departamento de Ingeniería Química de Facultad de Ingeniería y Arquitectura, de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales en el año 2012 en donde se estableció cinco puntos de muestreo en la ciudad de Manizales durante el período comprendido entre septiembre de 2009 y abril de 2011, se analizó la influencia del material particulado menor a diez micrómetros de diámetro (PM_{10}) y el fenómeno de precipitación ácida. Se evaluaron además los niveles de dioxinas, furanos y dl-PCBs en el PM_{10} y la dinámica del proceso de remoción (scavenging) del contenido iónico del PM_{10} (SO_4^{2-} , Ca^{2+} y NO_3^-) a través de la lluvia. Los mayores niveles de PM_{10} fueron obtenidos en la zona centro de la ciudad (sector Fundadores) con valores entre $22\mu g/m^3$ y $67\mu g/m^3$, y una concentración media de $43\mu g/m^3$; niveles de concentración que estuvieron asociados principalmente al alto tráfico vehicular. Además, las variables meteorológicas precipitación, humedad relativa y temperatura, fueron reconocidas como factores influyentes en los cambios de concentración del PM_{10} .

En general los valores medios de PM_{10} obtenidos en la ciudad no sobrepasaron la Norma Anual Colombiana ($50\mu g/m^3$), sin embargo al comparar estos valores con los límites propuestos por la OMS, en todas las estaciones se sobrepasó el límite anual recomendado ($20\mu g/m^3$). [32]

Este tipo de estudios realizados periódicamente aportan información valiosa en el estudio de fuentes de contaminación para un mejor entendimiento de la calidad del aire en la ciudad; sin embargo deben ser completos e incluir la concentración de



PM₁₀, PM_{2.5}; y una caracterización completa de este material considerando las empresas cercanas al punto de muestreo para determinar los iones y metales a analizar.



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Los metales calcio, silicio y magnesio, analizados en el presente trabajo se encuentran por debajo del límite de detección del equipo utilizado.

Las emisiones de material particulado PM_{10} desde la Industria Cementera son cada vez más grandes ya que a pesar de que las industrias utilizan electro filtros para retener parte del polvo generado durante el proceso de fabricación del cemento; este material particulado PM_{10} puede constituir un factor de contaminación que ocasione a corto, mediano o largo plazo efectos potenciales para la salud de los pobladores de la ciudad de Azogues.

Los resultados obtenidos evidencian que se requiere más biomasa del contaminante para su determinación; así como establecer una técnica de mayor sensibilidad que permita detectar la concentración de los metales.

De acuerdo a los datos obtenidos del hospital "Homero Castañer Crespo" las enfermedades del aparato respiratorio son la segunda causa de morbilidad en las áreas investigadas; por lo que los habitantes de la ciudad de Azogues se encuentran expuestos a un posible riesgo de contraer enfermedades del aparato respiratorio.

6.2 RECOMENDACIONES

Establecer una red de monitoreo de la calidad de aire de la ciudad de Azogues, fundamentado en un muestreo periódico, en diferentes puntos de la ciudad, para la determinación de concentraciones totales de Material Particulado PM_{10} , Monóxido de



Carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, entre otros; para comprobar el cumplimiento de la ley ambiental; combinado con un análisis de caracterización de metales presentes en el polvo; como: plomo, calcio, silicio, magnesio, e Iones; sulfatos y cloruros, para conocer el origen de la contaminación; y tener la seguridad que no existe un riesgo para la salud de los habitantes de la ciudad.

De tal manera que se pueda formular estándares de calidad de aire y establecer un sistema de vigilancia de riesgos ambientales y epidemiológica que consiste en una actividad sistemática y permanente recolección, análisis e interpretación de la información de interés sanitario que permita describir, medir y evaluar un problema de salud pública. La información procesada debe usarse para la planificación y realización de los programas de salud, así como para medir el impacto de estos; y su posible remediación.

Es necesario resaltar que la complejidad que involucra el establecer periodos de vigilancia de la calidad del aire, ya que obligan a contar con recursos técnicos modernos y complejos, pero más importante aún, es necesario contar con personal idóneo que sea capaz de interpretar los resultados de las mediciones y formular las políticas adecuadas.

Adicional es importante complementar el trabajo con estudios de riesgo toxicológico a partir de bioensayos de toxicidad aguda de estos sedimentos; así como estudios de genotoxicidad de silicio calcio y magnesio; metales presentes en el material particulado PM_{10} .



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Repetto, J. (2009). *Toxicología Fundamental (4ta edición)*.
2. Aldabe, J. (2011). *Caracterización físico química de material particulado en la comunidad foral de Navarra*. Universidad de Navarra. Pamplona, España.
Disponible en:
http://www.parquedebertiz.es/imgx_new/bertiz/bertiz/documentos_pdf/TESIS%20Caracterizaci%C3%B3n.pdf
3. Querol, X., Alastuey, A., Moreno, T., Viana, M., Casanova, J., Perez, L., Sunyer, J., Kunzli, N. (2006). *Calidad del aire urbano, salud y tráfico rodado*; Instituto de ciencias de la tierra "Jaume Almera". CSIC. España. Disponible en:
[http://www.fundaciongasnaturalfenosa.org/SiteCollectionDocuments/Publicaciones/Cuadernos/4%202011/Calidad del aire urbano salud y trafico rodado.pdf](http://www.fundaciongasnaturalfenosa.org/SiteCollectionDocuments/Publicaciones/Cuadernos/4%202011/Calidad%20del%20aire%20urbano%20salud%20y%20trafico%20rodado.pdf)
4. Arciniegas, C. (2012). *Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM₁₀*. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. Disponible en:
http://200.21.104.25/lunazul/downloads/Lunazul34_12.pdf
5. Herrera, J., Rodríguez, S. *Validación de un método de análisis para la determinación de metales pesados en partículas PM₁₀ colectadas en aire ambiente*. Tecnología en Marcha, Vol. 23, N.º 3, Julio-Setiembre 2010, pp. 33-46. San José, Puerto Rico.
6. Baldasano, J., Gasso, S., Jorba, O., Pay, T., Arévalo, G. (2008). *Caliope: sistema de pronóstico operacional de calidad del aire para Europa y España*. Barcelona Supercomputing Center–Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS).



- Universidad de Cataluña. Barcelona, España. Disponible en:
http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/17641/1/Baldasano_etal.pdf
7. Meza, L., Quintero, M., García, R., Ramirez, J. (2009). *Estimación de Factores de Emisión de PM₁₀ y PM_{2.5}, en vías Urbanas en Mexicali*. Instituto de ingeniería UABC. Baja California, México. Disponible en:
<http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v21n4/art07.pdf>
8. Gordillo, M. Cabrera, A., Hernández, M, Galindo, E., Otazo, E., Prieto, E. (2010). Evaluación regional del impacto antrópico sobre aire, agua y suelo. Caso: huasteca Hidalguense. Mexico. Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca-Tulancingo. Revista internacional de contaminación ambiental, Version impresa Vol. 26 N° 3. Disponible en:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992010000300006
9. Brak, A. Gonzáles A, Roca R. (2011). *Guía de evaluación de riesgos ambientales*. Ministerio del Ambiente, Perú. Disponible en:
http://redpeia.minam.gob.pe/admin/files/item/4d80cbb8f232b_Guia_riesgos_ambientales.pdf
10. Diaz, V., Páez, C.,(2006), *Contaminación por material particulado en Quito y caracterización química de las muestras*, Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito (CORPAIRE), Quito, Ecuador. Disponible en:
<http://www.ucbcba.edu.bo/Publicaciones/revistas/actanova/documentos/v3n2/v3n2.diaz.pdf>



11. Allen, D., (2002), *Particulate matter concentration, composition and sources in Southwest Texas*, State of science and critical research needs, University of Texas, Texas, Estados Unidos.
12. García, H., (2006) Evaluación de riesgo por emisiones de partículas en fuentes estacionarias de combustión; Bogotá, Colombia. Disponible en: http://tallerdearquitecturamexicana.com/observaleon.org/wp-content/uploads/2010/03/Material-Particulado_Vicente-Silva.pdf
13. Organización Mundial de la Salud. (2014). *Calidad de aire (exterior) y salud* (consulta 21 de agosto de 2014). Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
14. Silva, V. (2010). *Contaminación del aire por material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5})*. Observatorio urbano de León, México. Disponible en: http://tallerdearquitecturamexicana.com/observaleon.org/wp-content/uploads/2010/03/Material-Particulado_Vicente-Silva.pdf
15. Pérez, H., Launagómez, M., Acosta, L. (2010). Análisis de partículas suspendidas totales (pst) y partículas fracción respirable (PM₁₀). Division académica de ciencias básicas de la Universidad de la Rioja. Cunduacán-Tabasco. México. Disponible en: <http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/uciencia/agosto2010/3--479.pdf>
16. González, A. (2008). *Efectos nocivos de la contaminación producida por la empresa CEMEX en los habitantes de las poblaciones de pamatacualito y valle seco del municipio guanta*. Venezuela. Disponible en: www.monografias.com/trabajos57/contaminacion-guanta-venezuela/contaminacion-guanta-venezuela2.shtml



17. Abril, G. Diez, S. (2010). *Modelado de la dispersión de material particulado PM₁₀ mediante la estimación de las tasas de emisión considerando la influencia de la meteorología local*. Cordoba, Argentina. Disponible en: <http://www.congremet.prmarg.org/upload/abril-gabriela.pdf>
18. Blanco, M.T. Fernandez, A. Martinez, S. Palomo, A. Puertas, F. Vázquez, T. (2007). *Química de los cementos*. Instituto Eduardo Torroja (CSIC), Madrid, España. Disponible en: http://digital.csic.es/bitstream/10261/5425/1/Blanco_Varela_IETCC.pdf
19. Prodan, L., Barcchofen, G., Tercera edición de la Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, *Seguridad en la construcción – cemento y hormigón*. Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=2481>, (Consultado el 20 de mayo del 2014)
20. Ramirez, *Prevalencia de síntomas respiratorios en empleados expuestos a material particulado*. Universidad del valle. Cali, Colombia. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos904/prevalencia-sintomas-respiratorios/prevalencia-sintomas-respiratorios.shtml> (Consultado el 18 de Mayo del 2013)
21. Instituto español del cemento y sus aplicaciones. *Componentes y propiedades del cemento*. (Consulta 15 de septiembre 2014). Disponible en: https://www.ieca.es/gloCementos.asp?id_rep=179
22. Autores, Colectivo de: *Ficha internacional de seguridad química*. Oxido de Calcio. Disponible en:



- <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1401a1510/nspn1401.pdf> (Consultado el 20 de mayo del 2014)
23. Ruiz, J., (2010). *Componentes y procesos químicos del cemento*. Granada. España. Disponible en: http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_18/JAVIER_RUIZ_2.pdf
24. Autores, Colectivo de: *Ficha internacional de seguridad química. Dioxido de Silicio*. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/801a900/nspn0808.pdf> (Consultado el 20 de mayo del 2014).
25. Autores, Colectivo de: *Ficha internacional de seguridad química. Silicato de Calcio*. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1401a1510/nspn1401.pdf> (Consultado el 20 de mayo del 2014).
26. Autores, Colectivo de: *Ficha internacional de seguridad química. Oxido de Magnesio*. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/501a600/nspn0504.pdf>
27. Ministerio del Ambiente. (2003). *Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)*. Libro VI Anexos 3, 4. Disponible en: http://www.tecnologiaslimpias.cl/ecuador/ecuador_leyesamb.html
28. Andersen. T., *Manual de operación Muestreador de Alto Volumen PM₁₀ (HVPM₁₀)*. (Consultado el 25 de Julio del 2013)
29. Ministerio del Ambiente. (2010). *Plan Nacional de la Calidad de Aire*. Ecuador. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>



30. Municipio de Cuenca. (2012). *Informe Calidad de Aire Cuenca 2011*. Ecuador
31. Quijano, A. (2004). Promedios geométricos de material particulado fracción respirable (PM_{10}) y detección de metales en el aire de Bucaramanga – Colombia, Facultad de Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Química. Universidad de Pamplona, Grupo de Investigación de Química Ambiental, España. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90320203>.
32. González, C., (2012), *Calidad del aire en la zona centro y oriente de la ciudad de manizales: influencia del material particulado (PM_{10}) y lluvia ácida*, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química. Manizales. Colombia. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6900/1/8109506.2012.pdf>
33. Morno, S. Nieto, J. Abisambra, S. Erazo E. Gutierrez. E. (2009). *Elementos técnicos del plan decenal de descontaminación de Bogotá, (Caracterización de material particulado y modelos receptores)*. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Disponible en: http://ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=b5f3e23f-9c5f-40ef-912a-51a5822da320&groupId=55886
34. Ribera, J. Behrentz, E. (2008). *Identificación de fuentes de contaminación por material particulado en Bogotá*. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Disponible en: [http://ciia.uniandes.edu.co/presentaciones%20anteriores/files/Identificacion de fuentes.pdf](http://ciia.uniandes.edu.co/presentaciones%20anteriores/files/Identificacion%20de%20fuentes.pdf)
35. Juárez, A. Martínez, E. (1999). *¿Porque medir la calidad el aire?*, ELEMENTOS N° 34, Vol 6, Facultad de ciencias físico matemáticas, Universidad Alas



Peruanas, Perú. Disponible en:
<http://www.elementos.buap.mx/num34/htm/35.htm>

36. Ávila, J. (2008). *Contaminación atmosférica en las empresas cementeras*, Publicaciones Urbe, Venezuela. Disponible en:
[file:///C:/Users/Dell/Downloads/484-4200-2-PB%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Dell/Downloads/484-4200-2-PB%20(2).pdf)

Otras fuentes bibliográficas consultadas:

37. Autores, colectivo de. *Silicio*. Disponible en:
<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/si.htm> (Consultado el 18 de mayo del 2014)

38. Autores, colectivo de. *Magnesio*. Disponible en:
<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/mg.htm> (Consultado el 18 de mayo del 2014)

39. Autores, colectivo de. *Calcio*. Disponible en:
<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/fe.htm> (Consultado el 18 de mayo del 2014)

40. Enciclopedia en línea. *Wikipedia*. (2012). Disponible en:
http://es.wikibooks.org/wiki/Impactos_ambientales/Cemento (Consultado el 18 de mayo del 2014)

41. Autores, colectivo de. *Espectrofotometría de absorción atómica*, Disponible en:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leia/choussy_c_d/apendiceC.pdf
f (Consultado el 27 de mayo del 2014)





42. Enciclopedia en línea. *Wikipedia*. (2012). *Análisis Gravimétrico*, Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_gravim%C3%A9trico (Consultado el 27 de mayo del 2014)
43. Enciclopedia en línea. *Wikipedia*. (2012). *Contaminación, contaminación ambiental, PM₁₀*. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n>, [http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminacion del aire](http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminacion_del_aire) - [cite note- Introducci.C3.B3n a la qu.C3.ADmica ambiental-2](http://es.wikipedia.org/wiki/Introducci%C3%B3n_a_la_qu%C3%ADmica_ambiental-2), [http://es.wikipedia.org/wiki/PM₁₀](http://es.wikipedia.org/wiki/PM10) (Consultado el 26 de marzo del 2014)
44. Certificado de Producto, (2014) Industrias Guapan. Dponible en: <http://www.industriasguapan.com.ec/imagenes/uploads/File/CERTIFICADO%20DE%20PRODUCTO%20MARZO.pdf>

ANEXO 1: Industrias Cementera



ANEXO 2: Certificado de producto- cemento portland (Industrias Guapán) [44]



 	DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD		CODIGO: R.CK-7.1-09				
	CERTIFICADO DE PRODUCTO		REVISIÓN: 01				
				FECHA: 2014-01-02			
Información General							
Proveedor:	Unión Cementera Nacional C.E.M - Planta Guapán		Cliente: Todos				
Dirección:	Km 1-1/2 via a Guapan - Azogues		Servicio al Cliente: 07 - 2599800 Exts. 202 / 277 / 278				
Teléfono:	07 - 2240128 / 07 - 2599800						
Producto: Cemento Portlánd Puzolánico. Tipo IP							
Periodo de análisis: 01 al 31 de MARZO del 2014							
Requisitos Obligatorios según Norma NTE INEN 490:2010 -Quinta revisión-							
Requisitos Químicos				Requisitos Físicos			
Propiedad	Unidad	INEN 490	Resultado	Propiedad	Unidad	INEN 490	Resultado
SiO ₂	%	N/A	30,87	Finura (blaine)	cm ² /g	N/A	4050
Al ₂ O ₃	%	N/A	6,22	Retenido en 45 um (No. 325)	%	N/A	3,69
Fe ₂ O ₃	%	N/A	3,59	Expansión en Autoclave	%	0.8 máx.	
CaO	%	N/A	52,10	Contracción en Autoclave	%	0.2 máx.	0,006165
MgO	%	6.0 máx.	1,00	Fraguado inicial	minutos	45-420	154,2
SO ₃	%	4.0 máx.	2,00	Fraguado final	minutos	N/A	
Pérdida por calcinación	%	5.0 máx.	2,40	Contenido de aire en mortero	%	12 máx.	3,87
Residuo Insoluble	%	N/A		Contenido neto en la funda	kg	49,5-50,5	50,06
Requisitos opcionales				Resistencia a la Compresión			
Propiedad	Unidad	INEN 490	Resultado	1 Día	MPa	N/A	
Expansión barra de mortero (14 días)	%	0,02	N/D	3 Días	MPa	13.0 mín.	19,93
Expansión barra de mortero (8 semanas)	%	0,06	N/D	7 Días	MPa	20.0 mín.	22,63
Resistencia a sulfatos. Expansión a 180 días	%	0.10 máx.	N/D	28 Días	MPa	25.0 mín.	34,94
				PUZOLANA: Requisitos Físicos			
				Retenido en 45 um (No. 325)	%	20 máx.	13,8
				Índice de actividad puzolánica	%	75 mín.	88,91
El cemento portlánd puzolánico Tipo IP CUMPLE con las especificaciones de la NTE INEN 490 para cemento hidráulico compuesto.							
UCEM - PLANTA GUAPAN MANTIENE VIGENTE EL CERTIFICADO DE CONFORMIDAD CON SELLO DE CALIDAD INEN							
Observaciones							
<input type="checkbox"/> Los resultados de los análisis que se reportan corresponden al valor promedio obtenido en el periodo indicado, ensayado en muestras diarias de cemento despachado por la Planta Guapán.							
<input type="checkbox"/> Los resultados de los análisis químicos están calculados en porcentaje en peso.							
<input type="checkbox"/> La resistencia a 28 días corresponde al promedio del mes anterior.							
<input type="checkbox"/> Los ensayos de expansión barra de mortero se realizan en referencia a las normas INEN NTE 1508 / INEN 202 / ASTM 1012-04							
<input type="checkbox"/> (N/A) No aplica							
<input type="checkbox"/> (N/D) Resultado del ensayo para este periodo de producción no disponible							
Ing. Franklin Flores Jefe de Control de Calidad (E) UNION CEMENTERA NACIONAL COMPAÑÍA DE ECONOMIA MIXTA - PLANTA GUAPAN				Ing. Patricio Ruiz V. Representante de la Dirección			
				Fecha de reporte: 09/04/2014			

ANEXO 3: Ficha internacional de seguridad del óxido de calcio (CaO) [22]

Fichas Internacionales de Seguridad Química

OXIDO DE CALCIO

ICSC: 0409

			
OXIDO DE CALCIO Cal CaO Masa molecular: 56.1			
N° CAS 1305-78-8 N° RTECS EW3100000 N° ICSC 0409 N° NU 1910			
			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			Los bomberos deberían emplear indumentaria de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración.
EXPOSICION		¡EVITAR LA PRODUCCION DE NIEBLAS!	
• INHALACION	Sensación de quemazón de nariz y garganta, tos, jadeo.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo y someter a atención médica.
• PIEL	Enrojecimiento, quemaduras cutáneas, sensación de quemazón, dolor.	Guantes protectores, traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y solicitar atención médica.
• OJOS	Enrojecimiento, dolor, visión borrosa.	Gafas ajustadas de seguridad o pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después consultar a un médico.
• INGESTION	Calambres abdominales, dolor abdominal, sensación de quemazón en la boca, garganta y esófago, diarrea, vómitos, colapso.	No comer, beber ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. NO dar nada de beber y someter a atención médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente seco y después limpiar la zona con descarga abundante de agua. (Protección personal adicional: respirador de filtro P2 para partículas nocivas).	Separado de alimentos y piensos; separado de ácidos. Mantener en lugar seco.	Hermético. NO transportar con alimentos y piensos. Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: III	
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0409		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994	



Fichas Internacionales de Seguridad Química

OXIDO DE CALCIO

ICSC: 0409

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Polvo blanco higroscópico.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación y por ingestión.
	PELIGROS FISICOS	RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable, sin embargo se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire por dispersión.
	PELIGROS QUIMICOS Reacciona violentamente con ácidos fuertes, agua, trifluoruro de cloro o trifluoruro de boro; reacciona con agua generando el calor suficiente para encender materiales combustibles.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia es corrosiva de los ojos, piel y tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación de puede originar edema pulmonar (véanse Notas). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV: 2 mg/m ³ (ACGIH 1990-1991).	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis, ulceración y perforación del tabique nasal.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición a 101.325 kPa: 2850°C Punto de fusión: 2570°C	Densidad relativa (agua = 1): 3.3-3.4 Solubilidad en agua: reacciona formando hidróxido de calcio
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto a menudo hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son por ello imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un spray adecuado por un médico o persona por él autorizada. Las concreciones de óxido de calcio formadas por la reacción del compuesto con las lágrimas y las proteínas oculares son difíciles de extraer mediante irrigación. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir añadirla al agua siempre lentamente. Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-67		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 2-151 OXIDO DE CALCIO		
ICSC: 0409		OXIDO DE CALCIO
© CCE, IPCS, 1994		

NOTA LEGAL IMPORTANTE:

Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).

© INSHT

ANEXO 4: Ficha internacional de seguridad del dióxido de silicio (SiO₂) [24]

Fichas Internacionales de Seguridad Química

CUARZO		ICSC: 0808 Mayo 2010	
CAS: 14808-60-7 RTECS: VV7330000 CE / EINECS: 238-878-4		Silice cristalina, cuarzo. Dióxido de silicio cristalino, cuarzo. Silicio anhidro. SiO ₂ Masa molecular: 60.1	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado.
EXPLOSIÓN			
EXPOSICIÓN		¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	
Inhalación	Tos.	Evitar la inhalación de polvo. Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio y reposo.
Piel	Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad).
Ingestión		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Protección personal: filtro para partículas adaptado a la concentración de la sustancia en aire. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. Eliminar el residuo con agua abundante.		Clasificación GHS Peligro Puede provocar cáncer si se inhala. Provoca daños en los pulmones tras exposiciones prolongadas o repetidas si se inhala.	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2010			



Fichas Internacionales de Seguridad Química



CUARZO		ICSC: 0808
DATOS IMPORTANTES		
<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO Cristales de blanco a incoloros.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV: 0,025 mg/m³ (Fracción respirable); A2 (sospechoso de ser cancerígeno humano)(ACGIH 2010). MAK: Cancerígeno: categoría 1 (DFG 2009).</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire cuando se dispersa.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN Puede causar irritación mecánica.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA La sustancia puede afectar al pulmón, dando lugar a fibrosis (silicosis). Esta sustancia es carcinógena para los seres humanos.</p>	
PROPIEDADES FÍSICAS		
<p>Punto de ebullición: 2230°C Punto de fusión: 1610°C Densidad relativa (agua = 1): 2.6 Solubilidad en agua: ninguna.</p>		
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. NO llevar a casa la ropa de trabajo.		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2011):</p> <p>VLA-ED: (fracción respirable) 0,1 mg/m³</p> <p>Notas: Véase UNE EN 481 (Atmósferas en los puestos de trabajo: Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles). Reclasificado por la International Agency for Research on Cancer (IARC) de grupo 2A (probablemente carcinogénico en humanos) a grupo 1 (carcinogénico en humanos).</p>		
NOTA LEGAL	Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.	
© IPCS, CE 2010		

ANEXO 5: Ficha internacional de seguridad del silicato de calcio ((SiO₂) Ca) [25]

Fichas Internacionales de Seguridad Química

SILICATO DE CALCIO (no fibroso, <1% sílica cristalina)

ICSC: 1401

 <p style="text-align: center;">  INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO </p> <p style="text-align: center;"> Silicato de calcio sintético $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ Masa molecular: 116.1 </p> <p> Nº CAS 1344-95-2 Nº RTECS Nº ICSC 1401 </p>			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			
EXPOSICION		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO!	
• INHALACION	Tos. Dolor de garganta.	Extracción localizada.	
• PIEL		Guantes protectores.	
• OJOS	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
• INGESTION			
DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente. Eliminar el residuo con agua abundante. (Protección personal adicional: respirador de filtro P2 contra partículas nocivas).		NU (transporte): No clasificado. CE: No clasificado.	
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 1401		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS,2003	

Fichas Internacionales de Seguridad Química

SILICATO DE CALCIO (no fibroso, <1% sílica cristalina)

ICSC: 1401



D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Polvo blanco.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV: 10 mg/m ³ (como TWA); A4 (ACGIH 2003) MAK no establecido.	RIESGO DE INHALACION Se puede alcanzar rápidamente una concentración molesta de partículas en el aire, al dispersar.
		EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION Puede causar irritación mecánica de los ojos y del tracto respiratorio.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de fusión: 1540°C Densidad: 2 g/cm ³	Solubilidad en agua: escasa
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
INFORMACION ADICIONAL		
Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm		Última revisión IPCS: 2001 Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003
ICSC: 1401		SILICATO DE CALCIO (no fibroso, <1% silica cristalina)
© CE, IPCS, 2003		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.	




ANEXO 6: Ficha internacional de seguridad del óxido de magnesio (MgO) [26]

Fichas Internacionales de Seguridad Química

OXIDO DE MAGNESIO

ICSC: 0504

			
OXIDO DE MAGNESIO Magnesia calcinada Magnesia (polvo) MgO Masa molecular: 40.3			
N° CAS 1309-48-4 N° RTECS OM3850000 N° ICSC 0504			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible.	NO poner en contacto con ácidos fuertes.	En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			
EXPOSICION		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO!	
• INHALACION	Tos.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
• PIEL		Guantes de protección	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón
• OJOS	Enrojecimiento.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad).
• INGESTION		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. Protección personal: respirador de filtro para partículas.	Separado de ácidos fuertes. Seco. Bien cerrado		
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0504		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 2010	



Fichas Internacionales de Seguridad Química

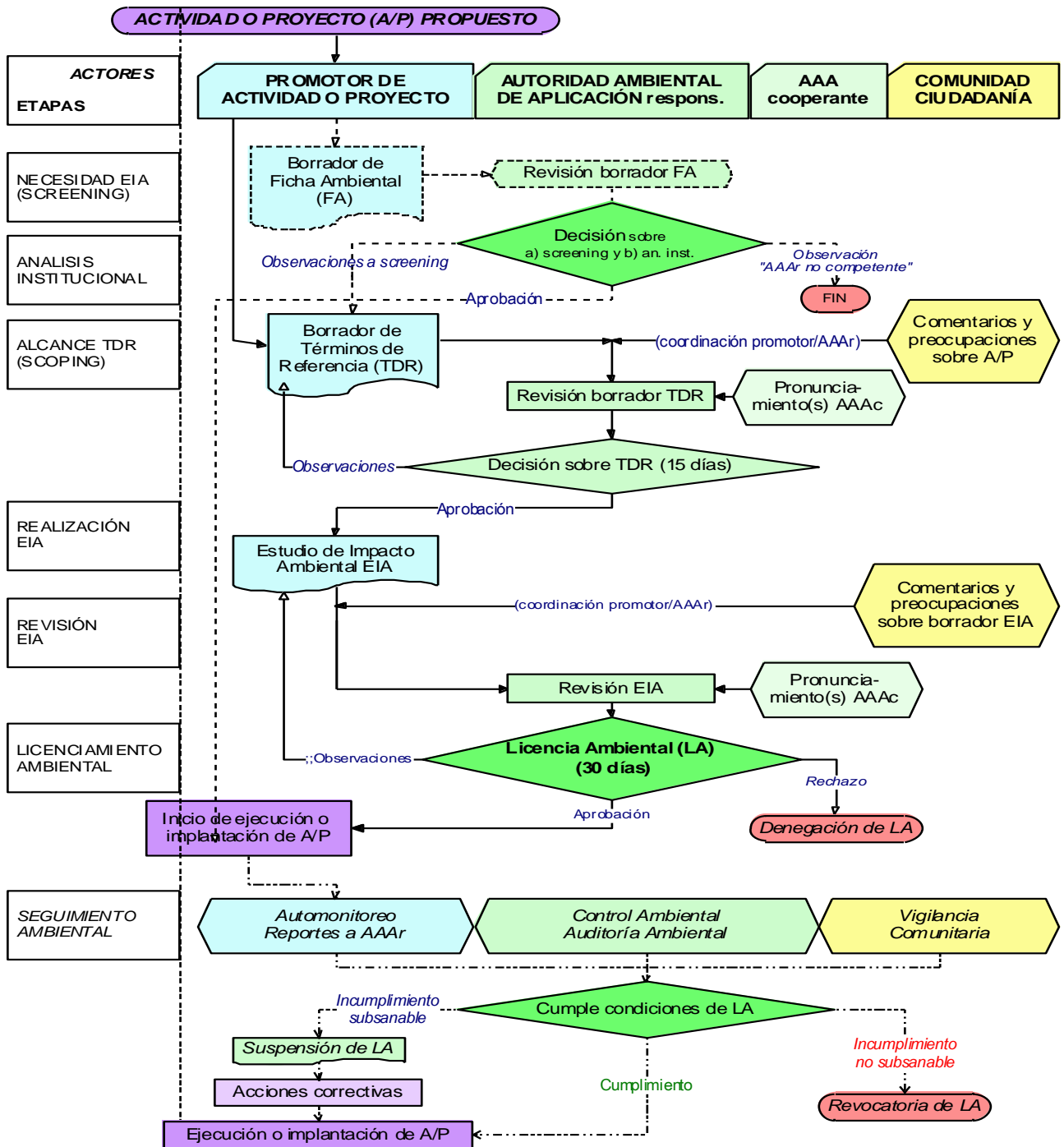
OXIDO DE MAGNESIO

ICSC: 0504

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Polvo blanco, muy fino, higroscópico.</p> <p>PELIGROS FISICOS .</p> <p>PELIGROS QUIMICOS Reacciona vigorosamente con ácidos fuertes.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA) : 10 mg/m³ (fracción inhalable), A4 (ACGIH 2010). MAK: 4 mg/m³ (Fracción inhalable), 1.5 mg/m³ (Fracción respirable), Riesgo para el embarazo: grupo C MAK: (humos MgO) IIb (no establecido pero hay datos disponibles) (DFG 2009)</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol o humo.</p> <p>RIESGO DE INHALACION Se puede alcanzar rápidamente una concentración molesta de partículas en el aire cuando es dispersado.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION Puede causar irritación mecánica.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida a las partículas de polvo.</p>
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 3600°C Punto de fusión: 2800°C	Densidad relativa (agua = 1): 3.6 Solubilidad en agua: escasa
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 2-152 OXIDO DE MAGNESIO		Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.insht.es/
ICSC: 0504		OXIDO DE MAGNESIO
© CCE, IPCS, 2010		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales.	



ANEXO 7: Sistema único de Manejo Ambiental. [27]



AA Autoridad Ambiental de Aplicación responsable
 Ar
 AA Autoridad Ambiental de Aplicación cooperante
 Ac
 A/P Actividad o proyecto
 EIA Estudio de Impacto Ambiental

FA Ficha Ambiental
 LA Licencia Ambiental
 TD Términos de Referencia
 R



ANEXO 8: Ubicación geográfica de la ciudad de Azogues



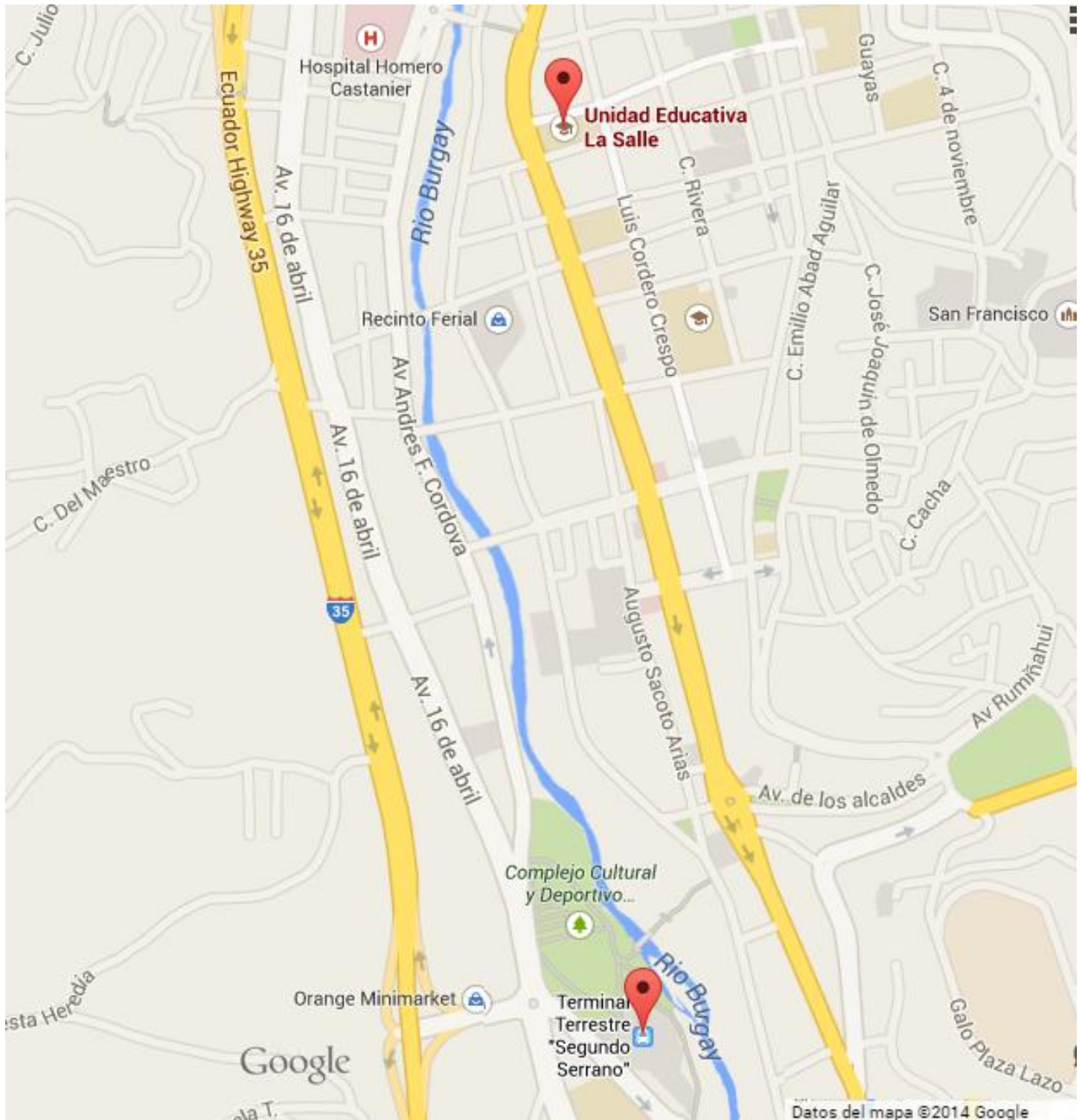
ANEXO 9: Ubicación del equipo High Volume Sampler, HVS en dos puntos de la ciudad:

1. Terraza del terminal terrestre de Azogues



2. Terraza de la Unidad Educativa "La Salle"

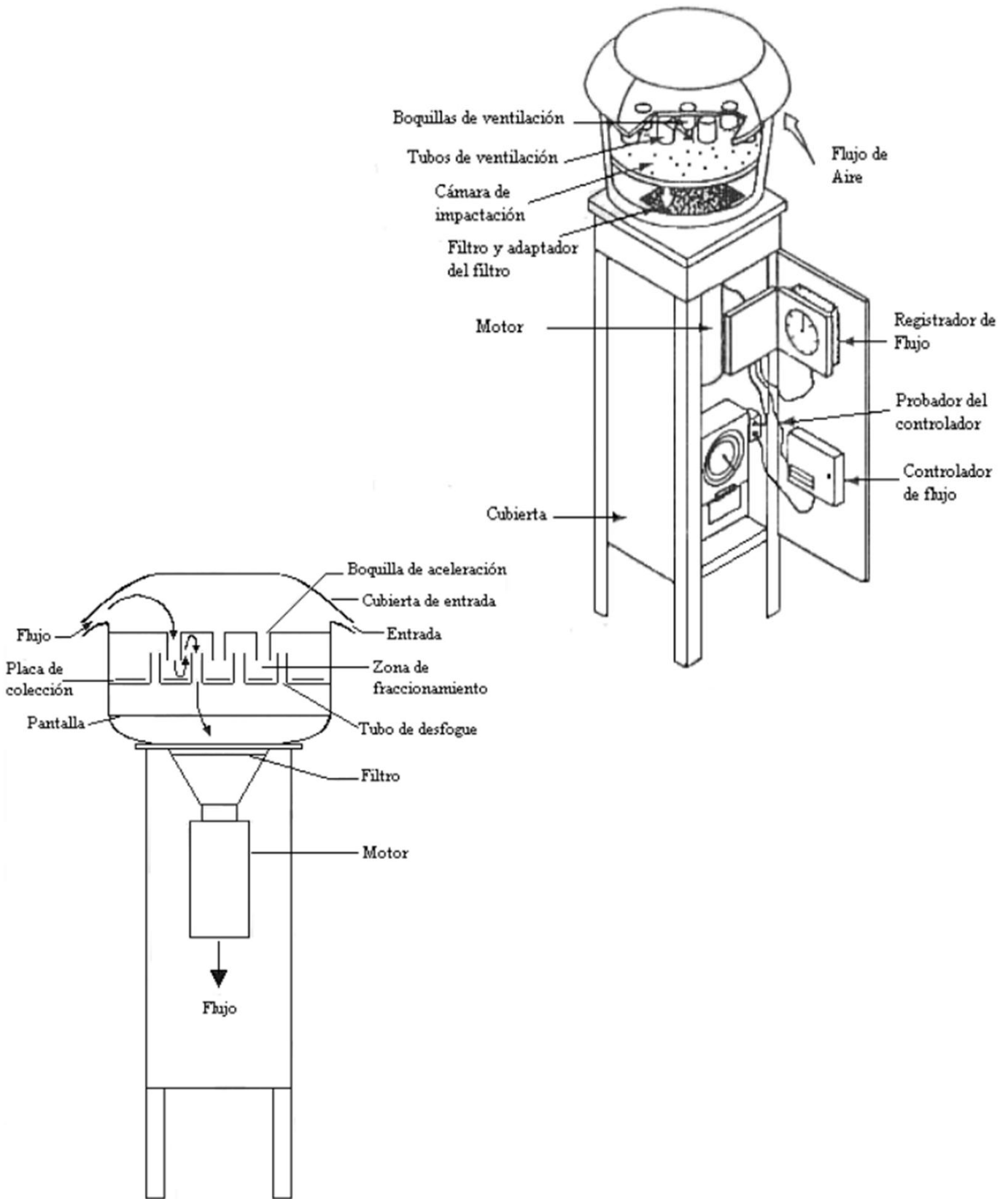




ANEXO 10: Características del equipo High Volume Sampler, HVS

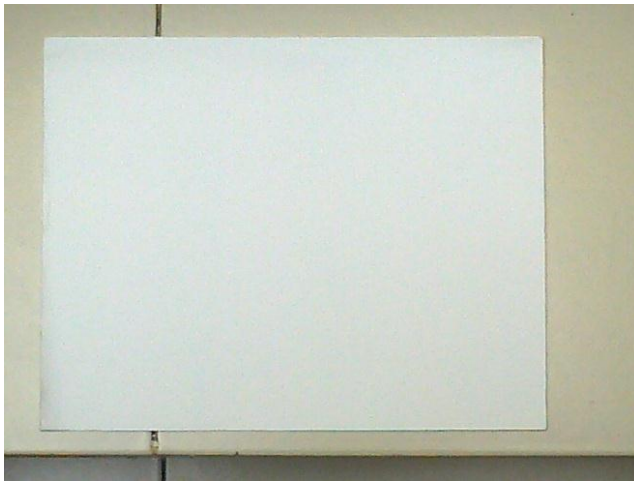


ANEXO 11: Descripción de las partes internas del muestreador de Alto Volumen de PM₁₀.

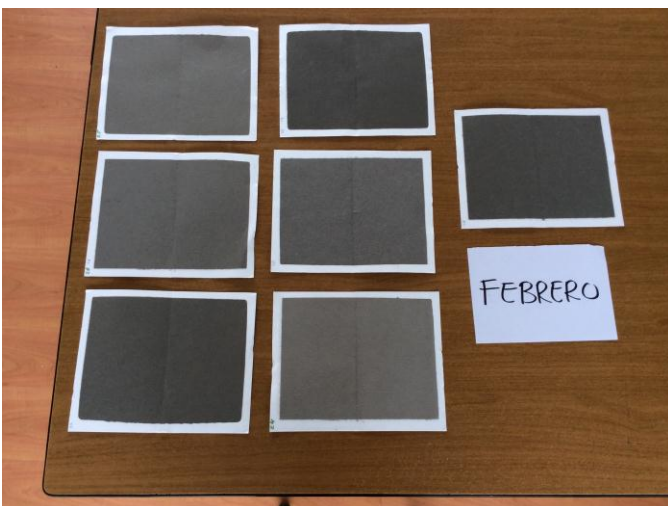
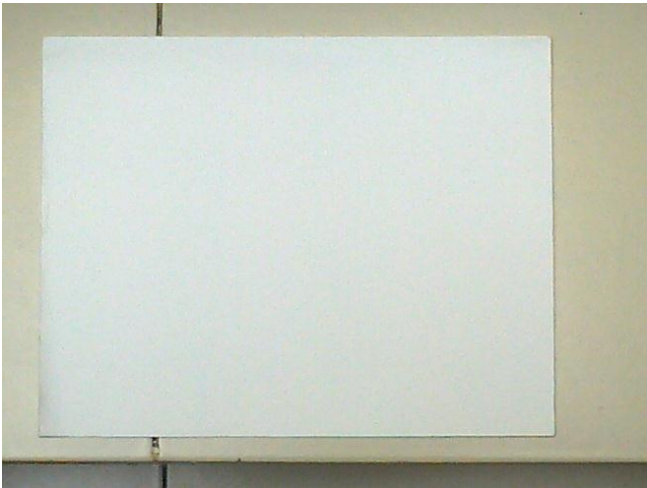




ANEXO 12: Filtros con polvo de los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2013 frente a un filtro blanco.



ANEXO 13: Filtros con polvo de los meses de febrero, marzo y abril del 2014 frente a un filtro blanco.





ANEXO 14: Formato de encuesta aplicada a los pobladores de la Ciudad de Azogues.

PREVALENCIA DE INFECCIONES RESPIRATORIAS EN LA CIUDAD DE AZOGUES

FECHA DE ENCUESTA:

NOMBRE:

EDAD (en años):

SEXO: masculino () femenino ()

1. Nivel de Educación:

Primaria () Secundaria () Universidad () Maestría y/o Postgrado ()

2. Ocupación _____

3. El trabajo que usted realiza, lo hace en:

Al interior de una casa () Al interior de una oficina() Al interior de un vehículo ()

Al interior de una fábrica () En la calle () En el campo ()

Otro () _____

3. Zona donde vive:

Urbana () Rural ()

4. ¿Estima Ud. que el aire que se respira en la ciudad de Azogues garantiza la salud de la población?

Si () No ()

5. ¿Cree usted que la cantidad de polvo en Azogues es mayor que la de otras ciudades del país?

Si () No ()

Si su respuesta fue “Si”, ¿A qué cree que se debe principalmente?:

Emisiones de la fábrica Guapán ()

Emisiones de los vehículos ()



Proveniente de las carreteras sin asfaltar ()

Labores artesanales como ladrilleras, bloqueras, picapedreros ()

Otros: _____

6. ¿Conoce usted de los riesgos de aspirar polvo en el aire ambiente durante tiempos prolongados?

Si () No ()

Si su respuesta fue “Si”, indique el riesgo más preocupante:

7. ¿Conoce Ud. si existen estudios sobre la calidad del aire en ciudad de Azogues?

Si () No ()

8. Estima Ud. que sería importante y necesaria que alguna entidad emprenda un proyecto de investigación sobre la calidad del aire de Azogues?

Si () No ()

Datos Sobre Enfermedad Respiratoria

9. Ha estado enfermo en los últimos 7 meses con: (Marcar con una (x) en las casillas que correspondan)

- Tos ()
- Dolor de garganta
 - Amigdalitis ()
 - Faringitis ()
- Sinusitis ()
- Asma ()
- Insuficiencia Respiratoria ()
- Neumonía ()
- Bronconeumonía ()
- EPOC (Enfermedad pulmonar obstructiva crónica) ()

10. ¿Cuánto tiempo le duró esta enfermedad?. (Anote número de días)?

.....

10.1 Enfermedad: _____ Número de días: _____

10.2 Enfermedad: _____ Número de días: _____

10.3 Enfermedad: _____ Número de días: _____



10.4 Enfermedad: _____ Número de días: _____

10.5 Enfermedad: _____ Número de días: _____

11. ¿Cuántas veces se ha enfermado en los últimos 7 meses?

12. ¿Cuántos días después de haberse enfermado acudió al médico?

El mismo día () al siguiente día () a los dos días () no
consultó ()

13. ¿Quién le dió tratamiento?

Centro de Salud () Médico Particular () Curandero ()
Farmacia () Auto medicado ()


14. ¿Qué tipo de tratamiento recibió?

Casero () Medicinas () Ancestral ()



ANEXO 15

RESULTADOS

 CESEMIN Centro de Servicios y Análisis de Minerales Metálicos y No Metálicos UNIVERSIDAD DE CUENCA	REPORTE DE RESULTADOS	N° RMG-320-321- 322-323-324-325 Hoja 1 de 2
---	------------------------------	---

CLIENTE: Dra. María Elena Carrasco
MUESTRAS: 6 muestras
FECHA: 2014-06-19

ANÁLISIS QUÍMICO

%	Filtro octubre B	Filtro noviembre B	Filtro diciembre B	Filtro febrero B	Filtro marzo B	Filtro abril B	BLANCO *
Ca	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SiO ₂	55,21	55,69	55,03	54,67	55,92	56,12	57,26

OBSERVACIONES:

1. Método: Fusión con Hidróxidos.
Extracción Ácida
2. ND: No Detectado
3. Límites de detección del Equipo:
Ca: 0,015mg/L
Mg: 0,002mg/L
4. Junto con las seis muestras la cliente entrega un filtro en blanco *.

Notas: Este informe sólo afecta a los objetos sometidos a ensayo.
 Este el informe no deberá reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del **CESEMIN**.
 El laboratorio no se responsabiliza del muestreo, los análisis se efectúan sobre la muestra entregada por el cliente.
 Los datos sobre la muestra, incluido el nombre, son proporcionados por el cliente y son de su entera responsabilidad.



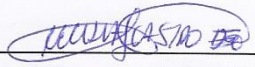
CESEMIN
Centro de Servicios y Análisis de
Minerales Metálicos y No Metálicos
UNIVERSIDAD DE CUENCA

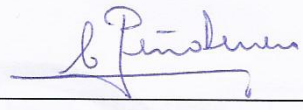
REPORTE DE RESULTADOS

Nº RMG-320-321-
322-323-324-325

Hoja 2 de 2

5. El CESEMIN no realiza el muestreo, los análisis se efectúan sobre la muestra entregada por el Cliente. Los datos sobre la muestra, incluido el nombre, fueron proporcionados por el Cliente y son de su entera responsabilidad.


Responsable análisis


Directora

cc. archivo

Notas: Este informe sólo afecta a los objetos sometidos a ensayo.

Este el informe no deberá reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del **CESEMIN**. El laboratorio no se responsabiliza del muestreo, los análisis se efectúan sobre la muestra entregada por el cliente. Los datos sobre la muestra, incluido el nombre, son proporcionados por el cliente y son de su entera responsabilidad.


FMC2302-01

Universidad de Cuenca, sector Balzaín- Telefax: (07) 4089561
Cuenca - Ecuador

Email: cesemin@ucuenca.edu.ec

<http://rai.ucuenca.edu.ec/cesemin/>



 CESEMIN Centro de Servicios y Análisis de Minerales Metálicos y No Metálicos UNIVERSIDAD DE CUENCA	REPORTE DE RESULTADOS	N° RMG 314-319 Hoja 1 de 1
--	------------------------------	-------------------------------

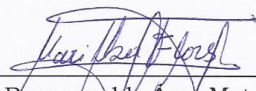
CLIENTE: MARÍA ELENA CARRASCO
MUESTRAS: FILTROS CON MUESTRAS DE AIRE
FECHA: 2014-06-11

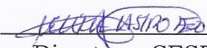
ANÁLISIS QUÍMICO

FILTRO	CALCIO mg	MAGNESIO mg	SILICIO mg
FILTRO OCTUBRE A	N.D	N.D	N.D
FILTRO NOVIEMBRE A	N.D	N.D	N.D
FILTRO DICIEMBRE A	N.D	N.D	N.D
FILTRO FEBRERO A	N.D	N.D	N.D
FILTRO MARZO A	N.D	N.D	N.D
FILTRO ABRIL A	N.D	N.D	N.D

OBSERVACIONES:

- Método: Digestión Ácida y Absorción Atómica
- N.D. = no detectado. Límites de detección: Calcio 0,015ppm; Magnesio 0,002ppm; Silicio 1ppm
- Fecha de recepción de muestra 2014-04-30


 Responsable Área Metales


 Directora CESEMIN

cc. archivo

Notas: Este informe sólo afecta a los objetos sometidos a ensayo.
 Este el informe no deberá reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del **CESEMIN**.
 El laboratorio no se responsabiliza del muestreo, los análisis se efectúan sobre la muestra entregada por el cliente.
 Los datos sobre la muestra, incluido el nombre, son proporcionados por el cliente y son de su entera responsabilidad.

FMC2302-01

Universidad de Cuenca, sector Balzaín- Telefax: (07) 4089561 Email: cesemin@ucuenca.edu.ec
 Cuenca - Ecuador
<http://rai.ucuenca.edu.ec/cesemin/>