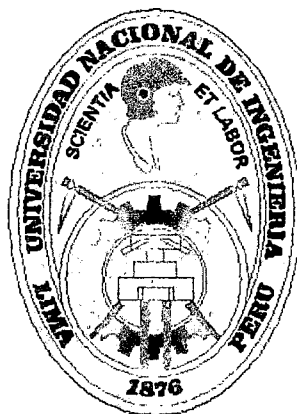


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL



**“ANÁLISIS DE RIESGO A LA SALUD DE LA POBLACION
EXPUESTA A EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO
(PM10) POR EL USO INTRADOMICILIARIO DE
COMBUSTIBLES SÓLIDOS”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO

PRESENTADO POR:

WILFREDO FERNANDO FLORES GONZÁLES
JOSÉ FRANCISCO JAVIER ZELA ESTEBAN

LIMA, PERÚ

2011

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

DEDICATORIA

A mi madre Consuelo Gonzáles, que nunca dudó en apoyarme para que yo sea un profesional. A mis hermanos, hermanas y cuñados, que siempre pusieron el hombro para alcanzar esta meta.

A mis amigos y hoy colegas, que siempre supieron tenderme la mano para seguir avanzando. A ti José Zela, por tu perseverancia y motivación. Y a todo aquel, que pone su conocimiento, experiencia y su inteligencia en favor de hacer una sociedad mejor, justa y solidaria.

Wilfredo Fernando

Para aquellos amigos y compañeros, estudiantes y profesores, que con su esfuerzo hacen una universidad más digna, y una sociedad más justa, siempre

José Francisco

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos a todas aquellas personas que han contribuido en la elaboración de nuestra tesis. Sin su apoyo la tarea hubiese sido muy ardua.

Al Ing. Juan Narciso, por su asesoría, consejo y seguimiento en el desarrollo del tema.

A la Ing. Amparo Becerra y sus colaboradores del Laboratorio de Seguridad e Higiene Industrial – LABHISI, que nos brindaron las facilidades para los trabajos de monitoreo.

A los Directivos de la Dirección General de Salud – DIGESA, por su apoyo en los análisis de las muestras aquí elaboradas.

A los Dirigentes y pobladores de la Comunidad de San José de Canta, que nos brindaron todo su apoyo y colaboración para la toma de datos de campo.

A nuestra Alma Mater, que a través de sus profesores nos han formado para ser profesionales constructores de una sociedad más humana.

A todos aquellos compañeros de nuestra facultad, que nos brindaron su apoyo en las múltiples tareas que demandaba la elaboración de nuestra tesis.

A nuestros padres y familiares por su permanente apoyo, material y moral.

RESUMEN

La costumbre milenaria de usar leña como combustible, (sólido), para la cocción de los alimentos, permanece hasta hoy en un poco más del tercio de nuestra población. Las condiciones sociales y económicas, condenan a este importante sector a emplear este tipo de combustible, quienes generalmente se ven obligadas a hacerlo al interior de sus viviendas, que por factores principalmente climáticos, no están lo suficientemente ventiladas.

Al quemar la leña, se produce una combustión incompleta que genera una serie de elementos y compuestos que, según estudios e informes a nivel mundial, afectan a la salud de las personas, siendo muchas veces de consecuencias letales, principalmente en la población infantil y las amas de casa, quienes son los más expuestos.

La combustión incompleta genera entre otros contaminantes, material particulado (PM) en altas concentraciones, que por sus características físicas, permanecen suspendido en el aire, lo cual contribuye a contaminar el aire que se respira al interior de las viviendas. Las partículas más dañinas la constituyen aquellas cuyo tamaño es inferior a los 10 μm , conocidas usualmente como PM10, visibles en las viviendas como hollín negro adherido en paredes y techos.

Las altas concentraciones de PM10 determinadas en este estudio, corroboran esta situación. La concentración más baja obtenida de nuestro monitoreo es de 188.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo bastante más alta a los estándares de calidad de aire recomendadas por los organismos mundiales. Los resultados sólo evidencian el peligro y el riesgo latente a la salud de las personas expuestas a estas emisiones.

Asimismo, la Concentración de Referencia determinada para nuestro lugar de estudio, (3.22 $\mu\text{g}/\text{kg} \times \text{día}$) nos permite, conocer el grado de contaminación al que

estaría expuesta la población bajo condiciones más adecuadas de ventilación y hábitos de cocina, y determinar los Índices de Riesgo de la población expuesta, que en el mejor de los casos es de 4.21, mucho mayor a la unidad, significando ello que el riesgo es bastante alto. Y al determinar la Máxima Frecuencia de Exposición tenemos el caso de una vivienda en la que sus habitantes solo deberían estar en ella como máximo 2 días al año, para no ver afectada su salud en comparación del ambiente ideal de cocina considerado en este estudio.

Los resultados pues, indican que existe un problema de riesgo a la salud de ese tercio de población expuesta, conformada principalmente por mujeres y niños; convirtiéndose estos hábitos de cocina en un “enemigo silencioso”, al que se debería prestar la adecuada atención, a fin de disminuir las molestias, enfermedades y defunciones de dicha población.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
1.0. INTRODUCCION	1
CAPÍTULO II.....	3
2.0. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2.1. ANTECEDENTES.....	3
2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
2.3. OBEJTIVO GENERAL.....	13
2.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
2.5. HIPÓTESIS.....	13
2.6. VARIABLES DE ESTUDIO.....	14
2.7. MARCO LEGAL.....	14
CAPÍTULO III.....	16
3.0. MARCO TEÓRICO	16
3.1. EL AIRE Y SUS CONTAMINANTES	16
3.2. COMBUSTIÓN.....	23
3.3. COMBUSTIBLES	27
3.4. ANÁLISIS DE RIESGO A LA SALUD.....	30
3.5. EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A LA COMBUSTIÓN DE BIOMASA INTRADOMICILIARIO SOBRE LA SALUD HUMANA.....	45

CAPÍTULO IV	53
4.0. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO – ANÁLISIS DE LOS DATOS	53
4.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	54
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN Y VIVIENDAS.....	58
CAPÍTULO V	64
5.0. EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD	64
5.1. CONCENTRACIÓN DE REFERENCIA	64
CAPÍTULO VI	68
6.0. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	68
6.1. DESCRIPCIÓN DE LA EXPOSICIÓN.....	68
6.2. MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE INTRADOMICILIARIO	70
6.3. CUANTIFICACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	89
6.4. CONCENTRACIÓN DIARIA DE EXPOSICIÓN	94
CAPÍTULO VII	96
7.0. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO	96
CAPÍTULO VIII	101
8.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
8.1. CONCLUSIONES	101
8.2. RECOMENDACIONES.....	103

BIBLIOGRAFÍA.....	106
ANEXOS	108
ANEXO 01: GLOSARIO.....	108
ANEXO 02: HOJA DE ENCUESTA	112
ANEXO 03: CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE MONITOREO	118
ANEXO 04: NORMA TÉCNICA PERUANA 900.030-2003.....	122
ANEXO 05: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE MONITOREO PM10.....	125
ANEXO 06: PANEL FOTOGRÁFICO.....	131

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 2.1:	Tipo de Combustible para Cocinar según Departamentos
Tabla N° 2.2:	Tipo de Combustible para Cocinar según Provincias - Lima
Tabla N° 2.3:	Tipo de Combustible para Cocinar según Distritos de Canta
Tabla N° 4.1:	Cantidad de personas por vivienda
Tabla N° 4.2:	Distribución de la Población por Edad y Sexo
Tabla N° 4.3:	Tiempo de Residencia en el Lugar
Tabla N° 4.4:	Material de las Viviendas de la zona
Tabla N° 4.5:	Tipo de Combustible Empleado
Tabla N° 4.6:	Tiempo de exposición durante el empleo de la leña
Tabla N° 4.7:	Empleo del ambiente de Cocina
Tabla N° 4.8:	Molestias presentadas durante el Empleo de la leña
Tabla N° 4.9:	Enfermedades relacionadas al Sistema Respiratorio
Tabla N° 4.10:	Probables causas de enfermedades
Tabla N° 5.1:	Valores estándar de Variables
Tabla N° 6.1:	Selección del Método de Monitoreo
Tabla N° 6.2:	Cronograma de Monitoreo
Tabla N° 6.3:	Hoja de Control de Monitoreo
Tabla N° 6.4:	Características de las Viviendas Monitoreadas
Tabla N° 6.5:	Determinación del Tiempo de Monitoreo
Tabla N° 6.6:	Condiciones Atmosféricas del Centro Poblado San José
Tabla N° 6.7:	Cálculo de Volumen de Monitoreo
Tabla N° 6.8:	Pesos de los Filtros
Tabla N° 6.9:	Determinación de la Concentración de PM10
Tabla N° 6.10:	Concentración Diaria de Exposición
Tabla N° 7.1:	Valores del Índice de Riesgo
Tabla N° 7.2:	Determinación del Índice de Riesgo
Tabla N° 7.3:	Frecuencia de Exposición Máxima

LISTA DE FIGURAS

- Figura N° 2.1:** Empleo de combustibles sólidos en los hogares:
- Figura N° 2.2:** Distribución mundial de Defunciones
- Figura N° 2.3:** Concentraciones de PM10 a comienzos del 2000
- Figura N° 2.4:** Empleo de Combustible Sólido al interior de la Vivienda
- Figura N° 2.5:** Impacto a la Salud por el uso de la leña
- Figura N° 3.1:** Fuente y Clasificación de los Contaminantes del Aire
- Figura N° 3.2:** Proceso de Combustión
- Figura N° 3.3:** Emisiones de Contaminantes por Combustibles
- Figura N° 3.4:** Elementos del Riesgo Ambiental
- Figura N° 3.5:** Etapas del Análisis de Riesgo
- Figura N° 3.6:** Curva Dosis Respuesta de un Contaminante
- Figura N° 3.7:** Descripción gráfica de la Ruta de Exposición
- Figura N° 3.8:** El Sistema Respiratorio
- Figura N° 4.1:** Centro Poblado San José de Canta
- Figura N° 4.2:** Ubicación del Centro Poblado San José
- Figura N° 4.3:** Vía de acceso al Centro Poblado San José
- Figura N° 6.1:** Descripción de la exposición al PM10
- Figura N° 6.2:** Determinación del Tamaño Muestral
- Figura N° 6.3:** Esquema del funcionamiento del Equipo de Monitoreo
- Figura N° 6.4:** Limpieza del Impactador
- Figura N° 6.5:** Ubicación del Filtro
- Figura N° 6.6:** Funcionamiento del Equipo de Monitoreo
- Figura N° 6.7:** Retiro del filtro
- Figura N° 6.8:** Muestra de Filtro dañado
- Figura N° 6.9:** Concentración del PM10
- Figura N° 7.1:** Índice de Riesgo de los Puntos de Monitoreo

CAPÍTULO I

1.0. INTRODUCCION

"Cada persona, en promedio, respira de 14 a 18 kg de aire, mientras consume de 1.5 a 2.0 lt de agua en una u otra forma. El hombre solo sobrevive unos pocos minutos sin aire, mientras que logra mantenerse vivo durante días sin beber agua y durante semanas sin ingerir alimentos.

Aunque se ha insistido durante mucho tiempo sobre la necesidad de agua potable y alimentos incontaminados, únicamente en estos últimos años se ha empezado seriamente a reconocer la importancia que para la salud tiene el aire limpio"

Albert Parker

"Contaminación del Aire por la Industria". – 1983

Motivados y preocupados por la contaminación al interior de las viviendas, primer espacio en el cual las personas se desenvuelven e interactúan, el presente estudio desarrolla un tema que muy poco se ha discutido e investigado en nuestro país.

Los escasos recursos y la costumbre milenaria de usar la leña como combustible para cocinar, en más de un tercio de la población (peruana y mundial), significa una fuente importante de contaminación en el espacio habitual de las personas, como es su vivienda, con el agravante que la mayor parte de éstas lo hacen al interior de las mismas, sin contar con una adecuada ventilación y/o aireamiento, pues en su mayoría, son familias que habitan en las regiones rurales de nuestro país.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo realizar un Análisis de Riesgo a la Salud por las emisiones del material particulado (PM-10), producto de la combustión de la leña, y que según estudios realizados por la OMS está relacionado

directamente a las infecciones de las vías respiratorias y a las enfermedades pulmonares, que las clasifica como uno de los diez riesgos mundial y regionalmente más importantes, por la carga de morbilidad que originan.

En tal sentido, esperamos que los resultados obtenidos de las investigaciones hechas en este trabajo, sean de utilidad para plantear e implementar acciones que ayuden a mejorar la calidad de vida de este significativo sector de la población.

CAPÍTULO II

2.0. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. ANTECEDENTES

Desde el descubrimiento del fuego, la humanidad ha usado la leña, residuos agrícolas, excremento de ganado y otros elementos sólidos como combustible para protegerse del frío y/o para la cocción de sus alimentos. Esta práctica, aún en nuestros días, se realiza mayormente al interior de las viviendas, las cuales no cuentan con una adecuada ventilación que ayude a evacuar los humos emitidos por la combustión incompleta que se produce con este tipo de materiales, lo que conlleva a crear una atmósfera sobresaturada de gases y material particulado.

Diversos organismos e instituciones, como la OMS, han venido realizando estudios e investigaciones, con el fin de alertar y advertir sobre la peligrosidad de esta práctica. Los diversos estudios nos revelan que este problema no sólo es causa de enfermedades sino también de muchas muertes.

En el año 2002, la OMS reportaba acerca de la peligrosidad del uso de combustibles sólidos para uso doméstico, ubicándola incluso dentro de los diez riesgos mundial y regionalmente más importantes por la carga de morbilidad que originan. Asimismo, dicho estudio estimaba que, a nivel mundial, ésta contaminación era causa del 36% de las infecciones de las vías respiratorias inferiores y el 22% de las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas.¹

Tres años después, la OMS revelaba que, al cocinar con los llamados combustibles sólidos, se produce un nivel de partículas 100 veces superior al registrado en las concentraciones típicas de aire exterior en las ciudades europeas; y cuando hay

¹ Informe sobre la Salud en el Mundo 2002 - OMS

poca ventilación, el humo hace que sea aún más difícil la respiración, siendo los niños pequeños los más expuestos a estos humos.²

Asimismo, en dicho informe, se menciona que la mayoría de muertes de niños menores de cinco años se debía a diversas afecciones. Estas afecciones, provocan entre el 70% y más del 90% de todas esas muertes, siendo las infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores las más letales, con un 19%, y que están relacionadas directamente a la contaminación por el empleo de combustibles sólidos en el interior de las viviendas.

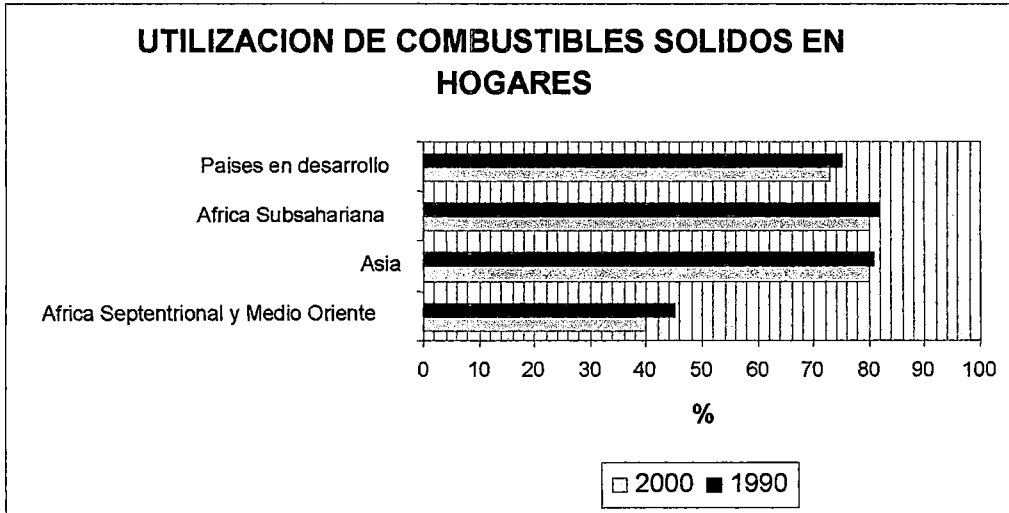
En el informe, *La salud y los Objetivos del Desarrollo del Milenio*, publicado por la OMS, a fines del 2005, nos describe que, para cerca de la mitad de la población del mundo, la biomasa (leña, carbón vegetal, residuos agrícolas y estiércol) y el carbón, son las principales fuentes de energía doméstica para cocinar y calentar la vivienda. Se calcula que la contaminación del aire en los locales cerrados provocada por esos combustibles causa más de 1,6 millones de defunciones al año, principalmente entre las mujeres y los niños.³

La utilización de ese tipo de combustibles, es especialmente común entre las familias pobres; y contrariamente, el consumo de combustibles sólidos para fines domésticos en los países en desarrollo no ha decrecido y más bien se ha mantenido estable entre los años 1990 y 2000 (Figura N° 2.1), lo que dificulta alcanzar los Objetivos del Desarrollo del Milenio planteados a nivel mundial.

² Informe sobre la Salud en el Mundo 2005 - OMS

³ La Salud y los Objetivos del Desarrollo del Milenio – 2005 - OMS

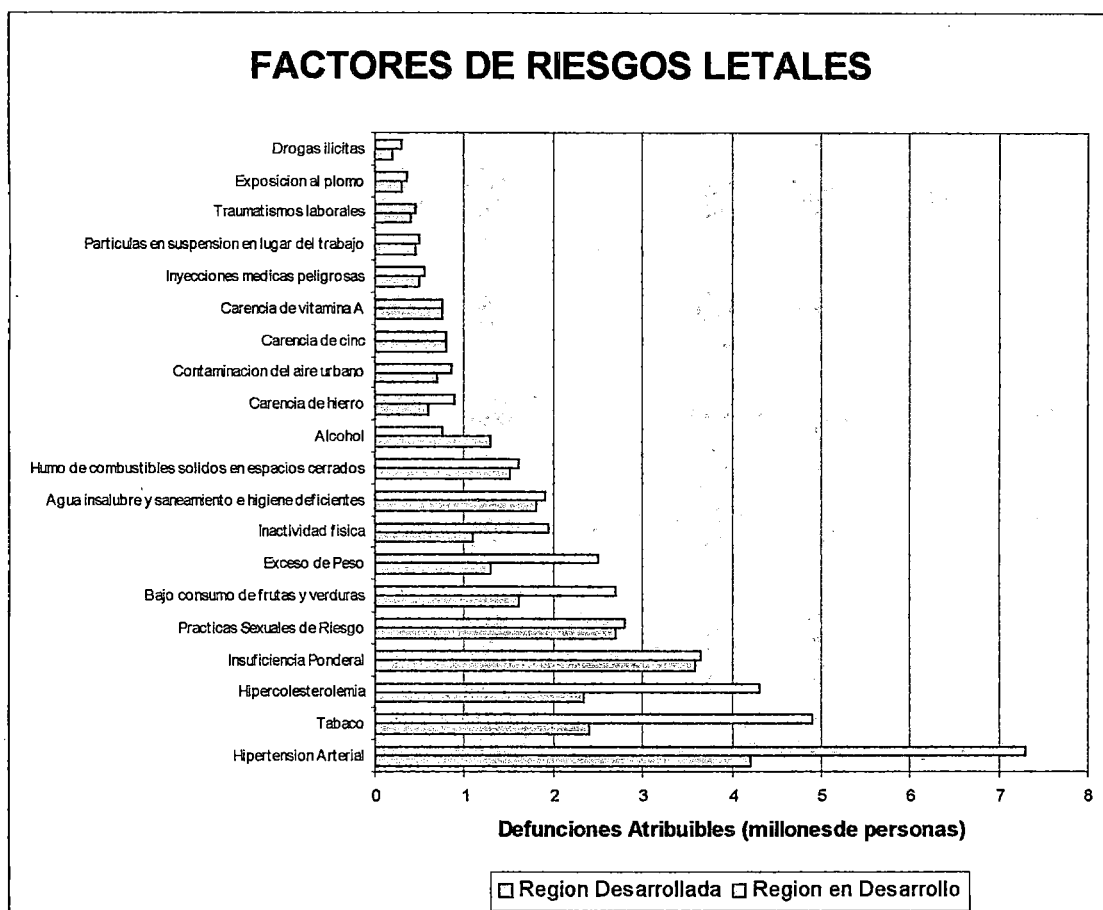
Figura N° 2.1: Empleo de combustibles sólidos en los hogares:



Fuente: OMS

Dicho informe, sigue advirtiendo que no se están tomando las medidas necesarias para controlar el problema de contaminación a causa del empleo de combustibles sólidos, puesto que este es una de las principales causas de defunciones en el mundo, como lo muestra la Figura N° 2.2

Figura N° 2.2: Distribución mundial de Defunciones



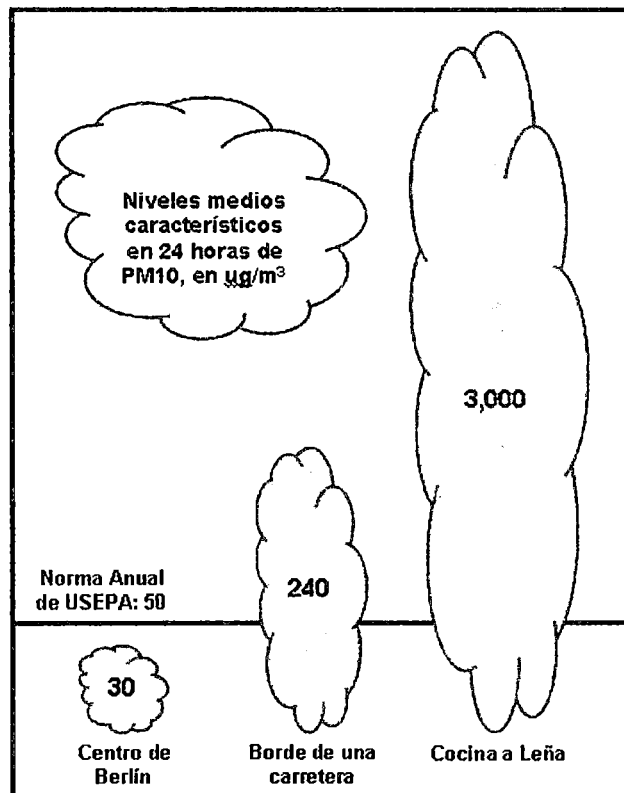
Fuente: OMS

En un nuevo informe de la OMS⁴, **Energía doméstica y salud: Combustibles para una vida mejor**, publicado en Mayo del 2006, se estima que más de 3 billones de personas en el mundo dependen de los combustibles sólidos, para satisfacer sus necesidades más importantes como: cocinar, hervir el agua y calentarse. Además reitera que, la quema de los combustibles sólidos produce elevados niveles de contaminación al interior de las viviendas, y esgrime que, usualmente en 24 horas el

⁴ Fuel for Life: Household Energy and Health – 2006 - OMS

nivel de PM10 de hogares que emplean combustibles sólidos en África, Asia o Latino América varía desde 300 a 3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pudiendo llegar a un pico de hasta 10,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en comparación con el valor estándar anual de la EPA para niveles de PM10 en el ambiente, que señala de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura N° 2.3: Concentraciones de PM10 a comienzos del 2000



Fuente: EPA

En el Perú, son escasos los estudios referidos a este tipo de contaminación. Aún así, en los últimos años, el gobierno y algunas ONG's, están implementando programas de "cocinas mejoradas" para mejorar sustancialmente la calidad del aire en las viviendas, basados principalmente en las molestias que aquejan a las personas, como el lagrimeo, picor en la piel y el mal aspecto que genera el hollín en los techos y paredes.

2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.2.1. Situación y manejo actual del problema

La quema de Combustibles Sólidos (carbón, leña, desechos orgánicos, etc.), cuya combustión incompleta implica la emisión de gases y material particulado (PM), constituye un grave riesgo a la salud de las personas que respiran ese aire contaminado.

En nuestro país, ya sea por costumbre o por las condiciones atmosféricas (especialmente por el frío), la mayoría de las personas que emplean este tipo de combustibles, lo hacen al interior de su vivienda, las cuales no tienen la debida ventilación, que permita evacuar los humos que se generan por la quema de la leña, originando un ambiente hostil para las personas que las habitan. La mayor manifestación de esta contaminación que se puede apreciar, es el hollín que se acumula en techos y paredes de las viviendas.

Figura N° 2.4: Empleo de Combustible Sólido al interior de la Vivienda



Asimismo, los últimos censos realizados a nivel nacional⁵, indican que, más de un tercio de la población, especialmente rural, emplea este tipo de combustible para la realización de sus actividades domésticas, como la cocción de sus alimentos.

Tabla N° 2.1: Tipo de Combustible para Cocinar según Departamentos

DEPARTAMENTO	TIPO DE COMBUSTIBLE QUE EMPLEAN							TOTAL
	Electricidad	Gas	Kerosene	Carbón	Leña	Otro tipo	No cocinan	
Amazonas	0.36%	19.01%	0.64%	0.19%	77.04%	0.12%	2.65%	100.00%
Ancash	0.39%	37.72%	4.65%	0.44%	53.33%	0.79%	2.68%	100.00%
Apurimac	0.38%	12.38%	1.02%	0.05%	78.94%	4.98%	2.25%	100.00%
Arequipa	1.13%	59.48%	17.74%	0.05%	15.70%	1.24%	4.66%	100.00%
Ayacucho	0.32%	20.05%	0.83%	0.06%	73.37%	2.96%	2.41%	100.00%
Cajamarca	0.25%	16.96%	1.24%	0.19%	79.55%	0.30%	1.51%	100.00%
Callao	1.36%	83.25%	11.00%	0.33%	1.31%	0.04%	2.70%	100.00%
Cusco	0.68%	25.10%	4.91%	0.15%	51.74%	13.81%	3.61%	100.00%
Huancavelica	0.42%	10.71%	0.79%	0.05%	72.45%	12.51%	3.08%	100.00%
Huánuco	0.27%	24.06%	1.34%	0.27%	68.55%	3.37%	2.13%	100.00%
Ica	0.90%	71.57%	8.04%	0.27%	15.52%	0.09%	3.63%	100.00%
Junín	0.65%	37.03%	3.73%	0.13%	51.29%	4.25%	2.92%	100.00%
La Libertad	0.47%	50.32%	4.23%	4.00%	37.04%	0.52%	3.42%	100.00%
Lambayeque	0.40%	56.18%	2.40%	9.48%	28.36%	0.09%	3.09%	100.00%
Lima	2.40%	79.76%	9.56%	0.69%	3.99%	0.11%	3.50%	100.00%
Loreto	0.44%	22.81%	6.63%	9.01%	58.32%	0.07%	2.73%	100.00%
Madre de Dios	0.43%	34.78%	1.30%	25.72%	27.67%	0.49%	9.61%	100.00%
Moquegua	2.22%	41.76%	16.17%	0.04%	32.21%	0.56%	7.03%	100.00%
Pasco	0.88%	30.60%	5.51%	0.74%	47.63%	11.27%	3.38%	100.00%
Piura	0.35%	36.30%	1.68%	14.89%	44.50%	0.05%	2.22%	100.00%
Puno	0.31%	22.97%	7.80%	0.04%	24.88%	41.28%	2.71%	100.00%
San Martín	0.34%	28.89%	0.47%	0.13%	66.25%	0.13%	3.79%	100.00%
Tacna	2.06%	56.00%	17.27%	0.10%	17.03%	0.59%	6.95%	100.00%
Tumbes	0.48%	80.59%	0.87%	1.31%	11.15%	0.04%	5.57%	100.00%
Ucayali	0.49%	42.44%	1.51%	4.37%	47.99%	0.18%	3.03%	100.00%
TOTAL	1.13%	50.57%	6.46%	2.18%	32.62%	3.82%	3.22%	100.00%

Fuente INEI: 2005

⁵ Fuente INEI - 2005

Si bien es cierto que, en Lima, debido a que el grueso de la población se concentra en las ciudades, el porcentaje de empleo de la leña es bajo cuando leemos la estadística nacional; sin embargo esta realidad se ve contrastada cuando vemos la situación de sus provincias, mayormente rurales, en las que los porcentajes del empleo de la leña aumentan considerablemente.

Tabla N° 2.2: Tipo de Combustible para Cocinar según Provincias - Lima

PROVINCIAS	TIPO DE COMBUSTIBLE							TOTAL
	Electricidad	Gas	Kerosene	Carbón	Leña	Otro tipo	No cocinan	
Lima	2.64%	82.32%	9.80%	0.65%	1.14%	0.07%	3.38%	100.00%
Barranca	0.46%	69.86%	4.23%	0.32%	18.38%	0.64%	6.11%	100.00%
Cajatambo	0.44%	5.53%	0.72%	0.79%	81.36%	5.39%	5.77%	100.00%
Canta	0.66%	34.54%	9.06%	0.15%	49.48%	1.48%	4.63%	100.00%
Cañete	0.50%	64.58%	10.47%	0.14%	20.81%	0.08%	3.43%	100.00%
Huarai	0.53%	66.10%	8.23%	0.45%	20.26%	0.09%	4.34%	100.00%
Huarochari	0.70%	41.32%	8.03%	0.25%	45.77%	0.73%	3.20%	100.00%
Huaura	0.54%	64.83%	6.80%	1.12%	21.68%	0.08%	4.94%	100.00%
Oyon	0.48%	22.95%	7.23%	22.75%	38.47%	0.33%	7.79%	100.00%
Yauyos	0.80%	6.65%	1.39%	0.07%	87.46%	1.81%	1.82%	100.00%

Fuente INEI: 2005

En las zonas rurales de la provincia de Canta el panorama es similar y dentro de los cuales se tiene al Distrito de San Buenaventura, donde se ubica la zona de estudio, el Centro Poblado San José de Canta.

Tabla N° 2.3: Tipo de Combustible para Cocinar según Distritos de Canta

DISTRITOS	TIPO DE COMBUSTIBLE							TOTAL
	Electricidad	Gas	Kerosene	Carbón	Leña	Otro tipo	No cocinan	
Canta	0.21%	31.84%	16.34%	0.10%	42.46%	0.42%	8.64%	100.00%
Arahuay	1.81%	31.41%	10.83%	-	52.35%	0.36%	3.25%	100.00%
Huamantanga	0.77%	8.25%	3.87%	-	85.05%	-	2.06%	100.00%
Huaros	0.36%	6.18%	12.36%	-	65.45%	14.91%	0.73%	100.00%
Lachaqui	0.27%	7.01%	7.82%	0.27%	78.71%	-	5.93%	100.00%
San Buenaventura	0.57%	6.29%	3.43%	-	80.57%	-	9.14%	100.00%
Sta. Rosa de Quives	0.87%	57.21%	6.01%	0.25%	31.83%	0.87%	2.97%	100.00%

Fuente INEI: 2005

2.2.2. Identificación del problema

Cocinar es una tarea doméstica común y necesaria, sin embargo, esta actividad puede representar una amenaza para la vida de una gran cantidad de personas si es que se realiza de una manera inadecuada. La quema ineficiente de los combustibles sólidos, en una fogata o fogón, en los interiores de la vivienda crea un cóctel peligroso de cientos de contaminantes nocivos para la salud.

Día tras día y durante varias horas seguidas, las mujeres y sus hijos pequeños inhalan excesivas cantidades de humo. No obstante, estas familias enfrentan una difícil disyuntiva, ya que abstenerse de usar combustibles sólidos implica no comer alimentos cocinados. La pobreza y las costumbres, condenan a una gran cantidad de personas a depender de modalidades de generación de energía doméstica contaminantes.

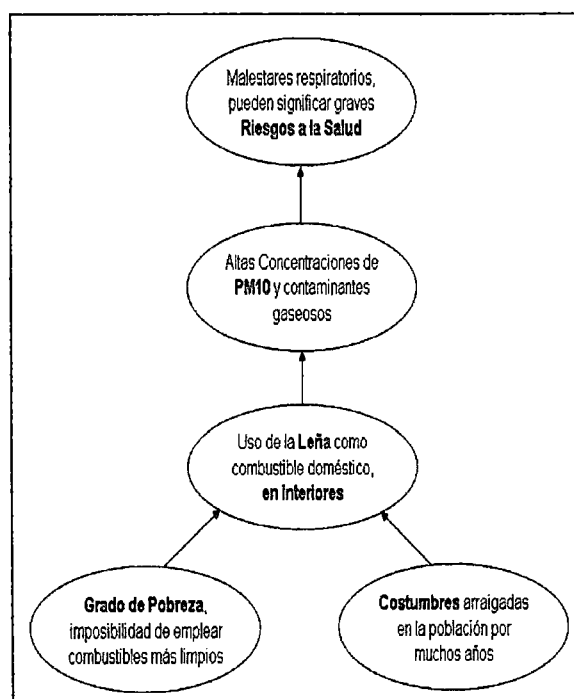


Figura N° 2.5: Impacto a la Salud por el uso de la leña

La quema de la leña como combustible genera elevadas concentraciones de material particulado en suspensión. Su peligrosidad muchas veces depende de su tamaño y permanencia en el aire. Teniendo en cuenta que si bien las partículas grandes permanecen suspendidas de 1 a 2 días, las más finas pueden llegar a "flotar" desde semanas a años.

2.2.3. Formulación del Problema

La carencia de estudios propios y de estándares de calidad de aire referidos a material particulado en ambientes interiores, nos lleva a realizar la presente investigación, a fin de que se pueda conocer los elevados grados de contaminación y los riesgos a la salud a la que están expuestas las personas que emplean combustibles sólidos; de manera que puedan servir de base para plantear, difundir, e innovar alternativas de solución que mejoren la calidad del aire al interior de las viviendas.

2.2.4. Justificación de la Investigación

En el Perú, un poco más de un tercio de su población, que por lo general reside en zonas rurales, utiliza la leña como combustible para la cocción de sus alimentos por razones culturales, de accesibilidad o económicas; lo que genera elevadas concentraciones de material particulado al interior de sus viviendas. Esta situación se agrava por las condiciones climáticas que influyen en el diseño de las viviendas, las que prácticamente carecen de ventanas, dificultando la adecuada ventilación y aireamientos de las mismas.

Esta investigación se elabora por la necesidad y urgencia de contar con información propia y real del país, con la cual se pueda identificar y evaluar los riesgos a la salud por la emisión del material particulado (PM10), generados por el empleo de la leña como combustible.

Este estudio no solo pretende dar a conocer a la población, autoridades y entidades involucradas en el tema, sobre los riesgos a la salud, si no también despertar conciencia y promover el desarrollo de estudios de mayor alcance que den alternativas de solución y mejoren la calidad de vida de las personas.

2.3. OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un Análisis de Riesgos a la Salud de la población asociados a la emisión de material particulado producido por el uso de combustibles sólidos al interior de las viviendas.

2.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Entre los objetivos específicos que se pretende alcanzar tenemos:

- Determinar los niveles de concentración de material particulado (PM10).
- Evaluar e identificar los problemas de salud por la exposición a este tipo de emisiones.
- Determinar una concentración de referencia del material particulado (PM10), bajo condiciones óptimas del ambiente y hábitos de cocina, para el lugar de estudio
- Determinar, el índice de riesgo, al que debería exponerse la población, que emplea combustibles sólidos.

2.5. HIPÓTESIS

El empleo intradomiciliario de los combustibles sólidos, genera altas concentraciones de Material Particulado (PM10), significando un riesgo a la salud en aquellas personas que lo emplean.

2.6. VARIABLES DE ESTUDIO

Con relación a los indicadores de contaminación intradomiliar de combustibles sólidos, se han considerado para el proceso de monitoreo, las siguientes variables:

- **Variables Dependientes:**

Integrada por el objeto o fenómeno de estudio que investigamos. Para el presente estudio consideramos las siguientes variables dependientes:

- Tipo de combustible sólido.
- Concentración del Material Particulado (PM10).

- **Variables Independientes:**

Integradas por todas aquellas propiedades o aspectos de la realidad que consideramos pueden estar influyendo de alguna manera en la ocurrencia del fenómeno a estudiar. Para el presente estudio consideramos las siguientes variables independientes:

- Ventilación de la vivienda.
- Tiempo de permanencia, durante el uso de los combustibles sólidos.
- Frecuencia del empleo de la cocina.
- Estado de salud de las personas.

2.7. MARCO LEGAL

Este Estudio de Investigación se basa en las normas Nacionales e Internacionales referentes a los Estándares de Calidad de Aire, Límites Máximos Permisibles, Monitoreo de Calidad de Aire y lo relacionado al problema del material particulado (PM10). La normativa que sirve de base y referencia para este Estudio, es la que a continuación se detalla:

- **Normativa Nacional:**

- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire – DS N° 074-2001-PCM.
- Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire – DS N° 009-2003-SA
- Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los datos 2005 – DIGESA
- NTP 900.030:2003 Gestión Ambiental. Calidad de aire. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM10 en la atmósfera
- Constitución Política del Perú, Art. 2 inc. 22; Art. 7

- **Normativa Internacional:**

- Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the atmosphere CFR 40, Pt. 50, App. J, Environmental Protection Agency (EPA) - 1987
- Guidelines for Air Quality, OMS – 2000
- Guías de calidad de aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre - 2005

CAPÍTULO III

3.0. MARCO TEÓRICO

3.1. EL AIRE Y SUS CONTAMINANTES

El aire es un término vagamente definido que se usa para describir la mezcla de gases existentes en una capa relativamente delgada alrededor de la tierra. El aire es esencial para la vida en el planeta, es particularmente delicado y está compuesto en proporciones ligeramente variables por diversas sustancias.

Asimismo, por sus características, el aire evita que nuestro planeta y sus formas de vida sean dañados. Los seres vivos que habitamos nuestro planeta poseemos la capacidad de emplear diversos componentes del aire para la alimentación y obtener energía.

Tales componentes son: el nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (variable entre 0-7%), ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y algunos gases nobles como el criptón o el argón, es decir, 1% de otras sustancias.

La contaminación del aire es un importante problema de salud ambiental que afecta a países desarrollados y en desarrollo de todo el mundo. En una escala global, se emiten a la atmósfera grandes cantidades de partículas y gases potencialmente nocivos que afectan la salud humana y el ambiente, y que a largo plazo dañan los recursos necesarios para el desarrollo sostenible del planeta.

Existen tres grandes fuentes de contaminación del aire provenientes de actividades humanas: fuentes estacionarias, móviles y de interiores.

- Fuentes estacionarias. Estas se pueden subdividir en:

- Fuentes de zonas rurales, como la producción agrícola, la minería y la extracción de minerales.
 - Fuentes industriales puntuales y del área, como la elaboración de productos químicos, productos minerales no metálicos, industrias metálicas básicas y generación de energía.
 - Fuentes comunitarias, como la calefacción de viviendas y edificios, incineradores de residuos urbanos y de lodos provenientes de aguas residuales, chimeneas y servicios de lavandería.
-
- Fuentes móviles. Están compuestas por cualquier tipo de vehículos de combustión a motor, como vehículos ligeros con motor de gasolina, vehículos ligeros y pesados con motor de diesel, motocicletas, aviones, incluidas fuentes lineales como las emisiones del tránsito vehicular.
 - Fuentes de interiores. Incluyen: consumo de tabaco, fuentes biológicas (como polen, ácaros, moho, insectos, microorganismos, etc.), emisiones de la combustión por uso de combustibles sólidos, emisiones de materiales o sustancias usadas en interiores como compuestos orgánicos volátiles, plomo, radón, asbesto, productos químicos sintéticos, etc.

Además, también existen fuentes naturales de contaminación, como las áreas erosionadas, los volcanes, algunas plantas que liberan grandes cantidades de polen, fuentes de bacterias, esporas, virus, etc.

3.1.1. Contaminantes del Aire

Los contaminantes del aire, son forma o materia de energía presente en un medio al que no pertenecen, o bien, por arriba de su concentración natural en un medio no contaminado.

A. Clasificación por su composición química:

Los principales contaminantes del aire se clasifican en:

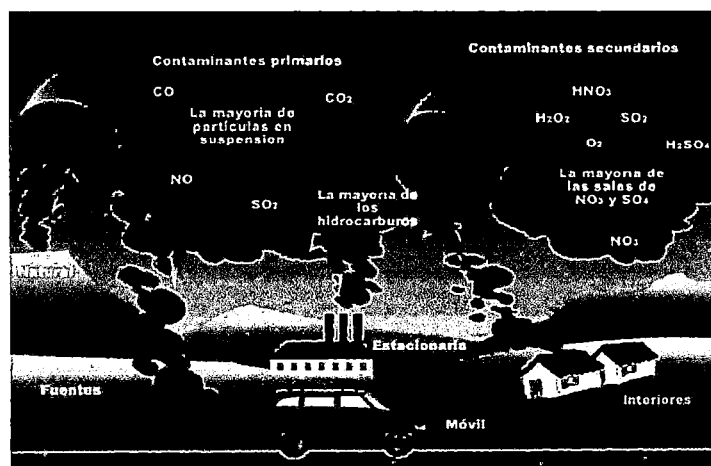
- **Primarios:** Son los que permanecen en la atmósfera tal y como fueron emitidos por la fuente. Para fines de evaluación de la calidad del aire se consideran: óxidos de azufre, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, hidrocarburos y partículas.
- **Secundarios:** Son los que han estado sujetos a cambios químicos, o bien, son el producto de la reacción de dos o más contaminantes primarios en la atmósfera. Entre ellos destacan los oxidantes fotoquímicos y algunos radicales de corta existencia como el ozono.

B. Clasificación por su estado:

Los contaminantes del aire generalmente se clasifican:

- Contaminantes gaseosos (gases y vapores).
- Olores.
- Partículas totales en suspensión (PTS).

Figura N° 3.1: Fuente y Clasificación de los Contaminantes del Aire



Fuente: Ecología y Medio Ambiente. G. Tyler Miller; Jr.

3.1.2. Partículas Totales En Suspensión (PTS)

Se define como partícula a cualquier material sólido o líquido con un diámetro que oscila entre 0.0002 y 500 micrómetros (μm). En conjunto se designan como partículas totales en suspensión o PTS.

Las Partículas Totales en Suspensión son una compleja mezcla de partículas suspendidas en el aire las que varían en tamaño y composición dependiendo de sus fuentes de emisiones.

Son producto de una gran cantidad de procesos naturales o antropogénicos. Entre las fuentes naturales tenemos: erosión del suelo, material biológico fraccionado, erupciones volcánicas, incendios forestales, etc. Entre las fuentes antropogénicas se encuentran: combustión incompleta de materiales orgánicos y de productos derivados del petróleo, quemas en campos agrícolas y diversos procesos industriales.

Después de su emisión, las partículas experimentan reacciones químicas en el aire, por esto su composición y tamaño varían dependiendo de la proximidad a las fuentes, el clima y otros factores.

Las partículas pueden tener una composición fisicoquímica homogénea o estar constituidas por diversos compuestos orgánicos e inorgánicos. Entre los componentes orgánicos se encuentran: fenoles, ácidos, alcoholes y material biológico (polen, protozoarios, bacterias, virus, hongos, esporas y algas). Entre los compuestos inorgánicos se encuentran nitratos, sulfatos, polímeros, silicatos, metales pesados (fierro, plomo, manganeso, zinc o vanadio) y elementos derivados de pesticidas y plaguicidas.

A. Clasificación

Las partículas se clasifican de acuerdo a:

- Características físicas.
- Producto derivado de un proceso natural o antropogénico.
- Efecto en la salud humana.

➤ **Características Físicas**

Por su velocidad de sedimentación que poseen las partículas, éstas se clasifican en suspendidas (su tamaño oscila entre 0.0002 μm y 10 μm) y sedimentables (tamaño superior a 10 μm).

Aquellas partículas clasificadas como suspendidas permanecen largos periodos de tiempo en la atmósfera (de días a semanas) que las partículas sedimentables y tienden a dispersarse a través de grandes áreas. Las partículas sedimentables tienden a depositarse más rápidamente y permanecen en la atmósfera solo durante algunos minutos u horas, de acuerdo a su tamaño, la velocidad del viento y otros factores.

➤ **Productos derivados de un proceso natural o antropogénico**

Antropogénicos:

- ***Polvos.***- Son partículas sólidas pequeñas (de 1 a 1,000 μm), se forman por fragmentación en procesos de molienda, cribado, explosiones y erosión del suelo. Se mantienen en suspensión y se desplazan mediante corrientes de aire.
- ***Humo.***- Son partículas sólidas finas que resultan de la combustión incompleta de materiales orgánicos como carbón, madera y tabaco. Su diámetro oscila en el intervalo de 0.5 a 1 μm .
- ***Fumos.***- Son partículas sólidas finas. Se forman por la condensación de los vapores originados en procesos de sublimación, destilación, calcinación y fundición. Miden entre 0.03 y 0.3 μm .

- **Cenizas.-** Son partículas finas no combustibles que provienen de la combustión del carbón. Su tamaño oscila entre 1 y 1,000 μm . Entre sus componentes se encuentran sustancias inorgánicas de metales, óxidos de silicio, aluminio, fierro y calcio. Al depositarse en superficies actúan como abrasivos.

Naturales:

- **Niebla.-** Son gotas pequeñas que se forman por condensación de un vapor, dispersión de un líquido o como producto de una reacción química. Miden entre 0.0002 y 10 μm .
- **Aerosoles.-** Un aerosol ambiental es una suspensión en el aire de partículas finas líquidas o sólidas. Se dividen en aerosoles primarios y secundarios. Los primarios son partículas relativamente estables que se emite directamente a la atmósfera, mientras que los secundarios son partículas que se forman en procesos de conversión de gas a partícula. Miden entre 0.01 y 100 μm de diámetro. Los aerosoles de diámetro de 0.01 a 0.1 μm se conocen como "partículas ultra finas". Estos son productos de la nucleación homogénea de vapores supersaturados.

Los aerosoles de diámetro entre 0.1 y 2.5 μm , se conocen como "partículas finas". Son formados en la coagulación de partículas ultra finas, a través de procesos de conversión - gas a partícula - conocidos como nucleación heterogénea y por condensación de gases.

Los aerosoles con aerodinámicos mayores a 2,5 μm , está compuesta principalmente por tierra y ceniza minerales provenientes de la combustión de combustibles, suspensión de tierra removida, etc.

Los aerosoles que contienen sulfatos y nitratos, reaccionan con las moléculas de agua (H_2O) dispersas en el ambiente, en forma de lluvia,

niebla, nieve o rocío, para formar ácidos. Este fenómeno se reconoce como lluvia ácida, el cual afecta gravemente a los ecosistemas.

➤ **Efectos en la salud humana**

- Partículas sedimentables ($>10 \mu\text{m}$).- Son partículas que por su peso tienden a precipitarse con facilidad, razón por lo cual permanecen suspendidas en el aire en períodos cortos de tiempo. Por lo general no representan riesgos significativos a la salud humana.

- Partículas menores a 10 micrómetros - PM10 ($\leq 10 \mu\text{m}$).- Son partículas de diámetro aerodinámico equivalente o menor a $10 \mu\text{m}$; su masa es tan mínima que la fuerza de gravedad no es capaz de atraerla al suelo permaneciendo como material en suspensión en el aire por largos períodos de tiempo. Se consideran perjudiciales para la salud debido a que no son retenidas por el sistema de limpieza natural del tracto respiratorio, considerándose como un índice de la concentración de la masa de partículas que pueden penetrar en el tórax del ser humano.

- Partículas menores a 2.5 micrómetros - PM2.5 ($\leq 2.5 \mu\text{m}$).- Son partículas de diámetro aerodinámico equivalente o menor a $2.5 \mu\text{m}$. Representan un mayor riesgo para salud humana, incluso puede ser un factor de muerte prematura en la población.

Éstas últimas son de gran importancia en el control de contaminantes, pues a través de ellos las redes de monitoreo ambiental determinan las medidas contra la contaminación atmosférica y las acciones a tomar para disminuir los riesgos a la población.

Por tal motivo los diversos estudios que pretenden derivar las relaciones de exposición – contaminación – riesgo, trabajan en base al PM10 y PM2.5, a

diferencia las partículas sedimentables, pues incluyen partículas que son demasiado grandes para ser inhaladas.

Un dato de importancia para el monitoreo en cuanto a las concentraciones, es que por lo general las concentraciones de PM-2.5 representan del 45 a 65% de las concentraciones de PM-10.

3.2. COMBUSTIÓN

La combustión es una reacción química en la que una sustancia o mezcla de sustancias llamada *combustible* se combina con el oxígeno o bien una mezcla de sustancias que contengan oxígeno, llamado *comburente*, desprendiendo calor y produciendo un óxido.

Comburente es la sustancia que participa en la combustión oxidando al combustible. El comburente más habitual es el oxígeno, que se encuentra normalmente en la atmósfera con una concentración porcentual en volumen aproximada del 21%. Para que se produzca la combustión es necesaria la presencia de una proporción mínima de oxígeno, que por regla general va de un 15% hasta en casos extremos de un 5%.

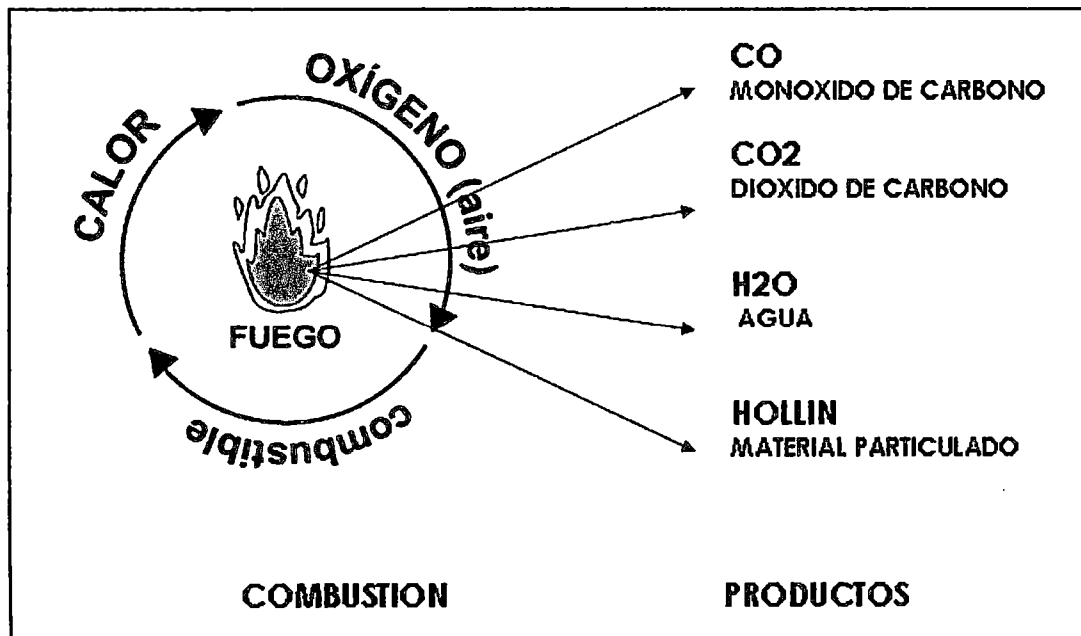
La combustión es una reacción exotérmica debido a que su descomposición en los elementos genera una llama, que es la masa gaseosa incandescente, que libera:

- Calor al quemar.
- Luz al arder.

La combustión, es la combinación rápida de un material con el oxígeno, acompañada de un gran desprendimiento de energía térmica y energía luminosa. Pese a quemarse, la materia no cambia su composición química.

Los tipos más frecuentes de combustible son los materiales orgánicos que contienen carbono e hidrógeno. La reacción del combustible con el oxígeno origina sustancias gaseosas entre las cuales las más comunes son el monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), agua (H₂O) además de material particulado en suspensión. Se denominan en forma genérica productos, humos o gases de combustión. Es importante destacar que el combustible solo reacciona con el oxígeno y no con el nitrógeno, el otro componente del aire. Por lo tanto el nitrógeno del aire pasará íntegramente a los productos de combustión sin reaccionar.

Figura N° 3.2: Proceso de Combustión



Según la cantidad de oxígeno disponible, la combustión también se clasifica en completa e incompleta:

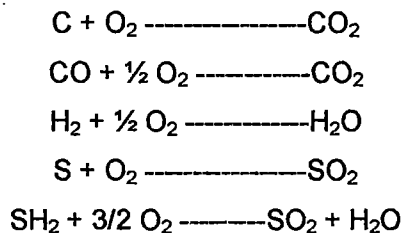
- **La combustión completa:** Cuando todo el carbono de la materia orgánica quemada se transforma en CO₂, la combustión es completa por la suficiencia del oxígeno. La principal característica de esta combustión es la llama azul que se produce al incinerar el material.

- *La combustión incompleta:* Se considera una combustión incompleta cuando parte del combustible no reacciona completamente porque el oxígeno no es suficiente. La llama que se produce en este tipo de combustión es amarillenta.

3.2.1. Combustión Completa

En la combustión completa se queman las sustancias combustibles hasta el máximo grado posible de oxidación. En este tipo de reacción no se encontrarán sustancias combustibles en los humos o gases de combustión ni en el material particulado. La combustión completa se produce cuando el total del combustible reacciona con el oxígeno.

Las reacciones químicas principales que se producen en este tipo de combustiones son:



Estas reacciones corresponden a reacciones completas de sustancias que pueden pertenecer a un combustible gaseoso, líquido o sólido y se expresan para 1 mol o 1 Kmol de sustancia combustible. Todas estas relaciones se utilizan para efectuar un balance másico completo de una reacción de combustión.

La combustión se denomina completa o perfecta, cuando toda la parte combustible se ha oxidado al máximo, es decir, no quedan residuos de combustible sin quemar

3.2.2. Combustión Incompleta

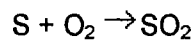
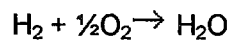
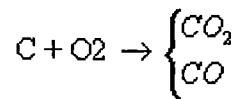
Este tipo de reacción se caracteriza por la presencia de sustancias combustibles o también llamados *inquemados* en los humos o gases de combustión y en el material particulado. Estas sustancias generalmente son carbono como hollín, CO, H₂ y también pueden aparecer pequeñas cantidades de los hidrocarburos que se utilizan como combustibles.

En la práctica se debe tener especial cuidado en los ambientes en que se puedan desarrollar este tipo de reacciones. Dada la generación de monóxido de carbono en este tipo de reacciones, que se presenta como un gas imperceptible al olfato, se debe tener especial cuidado en la ventilación de los ambientes donde ocurran, ya que el CO es un elemento nocivo para el cuerpo humano y puede producir la muerte, debido al bloqueo del transporte de oxígeno, generado por la molécula de hemoglobina, una proteína compleja presente en la sangre, donde el CO ejerce un efecto competitivo con el O₂, impidiendo la transferencia y el transporte de oxígeno en el cuerpo, produciéndose la muerte debido a una anoxia cerebral.

Otro producto de una combustión incompleta es el carbón, sólido, que por acción del calor se pone incandescente y da ese color amarillo-anaranjado a la llama, que por eso se le dice llama luminosa o fuliginosa. Este carbón, finamente dividido, se eleva por el calor que desprende la combustión, y se va enfriando a medida que se aleja de la fuente de calor, formando humo negro, que se deposita en los objetos cercanos, formando lo que se conoce como hollín.

También se produce agua, en estado de vapor, como otro producto más de una combustión incompleta. La combustión incompleta no sólo es peligrosa, sino que libera menor cantidad de calor que la combustión completa del mismo combustible, o sea que lo malgasta.

En la combustión incompleta, no todo el carbono del combustible se transforma en CO_2 , (compuesto estable), por las deficiencias de oxígeno en el proceso, o lo que es lo mismo, con defecto de aire. Las reacciones que van a tener lugar son:



3.3. COMBUSTIBLES

Combustible es cualquier material capaz de liberar energía cuando se quema, y luego cambiar o transformar su estructura química. Supone la liberación de una energía de su forma potencial a una forma utilizable (por ser una reacción química, se conoce como energía química). En general se trata de sustancias susceptibles de quemarse.

Por ser una sustancia capaz de arder, se debe poder combinar con el oxígeno de manera rápida. Además, en el transcurso de la reacción, se va a desprender una gran cantidad de calor.

➤ Características:

Las características de un combustible, son las que nos van a determinar la posibilidad de utilizar esa sustancia en un momento determinado. Entre las principales características tenemos:

- **Poder Calorífico:** Es la principal característica de un combustible, y representa la cantidad de calor generado al quemar una unidad de masa del material considerado como combustible. El poder calorífico está relacionado con la naturaleza del producto.

- **Temperatura de Combustión:** La temperatura de combustión va a aumentar con el poder calorífico y con la cantidad de residuos y productos que se generen en la combustión.
- **Residuos de Combustión:** Es lo que no arde en un combustible. Son de dos clases, según la fase en la cual se encuentren:
 - Gaseosos: Están en el seno de los humos o gases que se desprenden de los combustibles.
 - Sólidos: Cenizas o material particulado, formado por la parte orgánica de un combustible. Son perjudiciales tanto por su naturaleza (pueden contaminar el producto de cocción) como por su cantidad (entorpece el desarrollo normal de la combustión).

➤ **Clasificación:**

Los combustibles se pueden clasificar según su origen, grado de preparación, o estado de agregación.

- **Origen:**
 - Fósiles: Proceden de la fermentación de los seres vivos.
 - No fósiles: El resto.
- **Grado de Preparación:**
 - Naturales: Se utilizan tal y como aparecen en su origen.
 - Elaborados: Antes de ser consumidos se someten a determinados procesos de transformación.
- **Estado de Agregación:**
 - Sólidos: Se encuentran en tal estado en la naturaleza o una vez transformadas. Por ejemplo, leña, la madera, el carbón (vegetal, mineral, de coque).

- Líquidos: Cualquier líquido que pueda ser usado como combustible y que pueda ser vertido y bombeado; son lo más importantes desde el punto de vista de la generación del calor y potencia. Por ejemplo la gasolina, petróleo, queroseno, alcohol.
- Gaseosos: Se encuentran en estado gaseoso, son los más "limpios", su ventaja reside en la facilidad que tienen para mezclarse con el aire. Se incluye entre las principales al gas natural, propano, butano, acetileno.

3.3.1. LA LEÑA COMO COMBUSTIBLE

Como se ha venido mencionando, estudios realizados por instituciones dedicadas al tema, indican que un tercio de la población mundial, aún utiliza leña como combustible en los quehaceres domésticos. Los últimos censos en el Perú, también corroboran esta realidad, al verificarse que, efectivamente, la leña es el combustible usado por un tercio de la población peruana, mayormente rural.

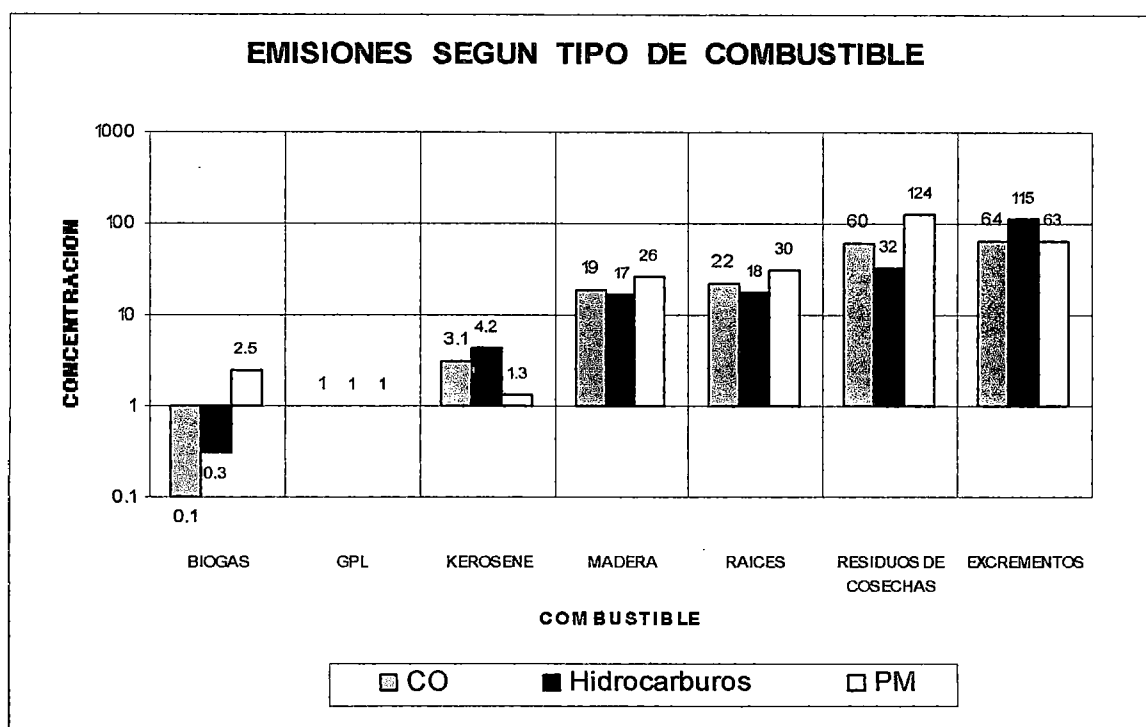
Todos los tejidos de la madera son inflamables, al menos potencialmente. Respecto a su composición elemental, no existen diferencias significativas entre los tipos de madera. En su composición química, la leña, (madera), está constituida por Carbono 50%; Oxígeno 41%; Hidrógeno 6%; Nitrógeno 1% y Cenizas 2%. Por tanto, la cantidad de Carbono por tonelada de materia seca se aproxima a 500 Kg. (50%).

La leña que no arde debidamente da lugar a productos de combustión incompleta, como los gases tóxicos y asfixiantes principalmente monóxido de carbono y además material particulado que representa el mejor indicador de peligro para la salud causado por el humo de combustión.

La leña húmeda produce mayores niveles de contaminantes y su eficiencia calórica es 50% menos que la leña seca.

En el cuadro N° 3.3, se muestra las emisiones de los principales contaminantes tóxicos derivados de la leña, en comparación con otros combustibles.⁶

Figura N° 3.3: Emisiones de Contaminantes por Combustibles



Fuente: Smith, Rogers y Cowlin, 2005.

3.4. ANÁLISIS DE RIESGO A LA SALUD

3.4.1. Riesgo

El *riesgo* se define como “la probabilidad de que la unidad social o sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia del impacto de un peligro”.⁷ El riesgo es función de un *peligro* o *amenaza* que tiene unas determinadas

⁶ Estudio realizado en la India Smith, Rogers y Cowlin - 2005

⁷ DGPM-MEF-2006

características, y de la *vulnerabilidad* de una unidad social (personas, familias, comunidad, sociedad), estructura física o actividad económica, a dicho peligro. Esto quiere decir que el riesgo es una función de ambos componentes:

$$\text{RIESGO} = f(\text{PELIGRO}, \text{VULNERABILIDAD})$$

Se dice que una persona se puso en “riesgo” cuando está expuesta a un “peligro” y la magnitud del riesgo es una función de la peligrosidad de la sustancia y la magnitud de la vulnerabilidad del cuerpo receptor.

La relación es positiva en ambos casos: a mayor peligro (intensidad, multiplicidad, frecuencia), mayor riesgo; y a mayor vulnerabilidad (que se explica por tres factores: mayor exposición, mayor fragilidad o menor resiliencia), mayor riesgo, es decir, que la probabilidad de daños y/o pérdidas sea mayor.

El nivel de riesgo se caracteriza por ser dinámico y cambiante, de acuerdo con las variaciones que sufren sus dos componentes (peligro y vulnerabilidad) en el tiempo, en el territorio, en el ambiente y en la sociedad.

A continuación se analizarán las características de los peligros y la vulnerabilidad que explican el riesgo.

A. Peligro

El primer elemento que explica el nivel de riesgo es el peligro. Este es un evento físico que tiene probabilidad de ocurrir y por tanto de causar daños a una unidad social o económica. El fenómeno físico se puede presentar en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo definido. Así, el grado o nivel de peligro está definido en función de características como intensidad, localización, área de impacto, duración y período de recurrencia.

Los peligros se pueden clasificar como:

- a) Naturales: son peligros asociados a fenómenos meteorológicos, oceanográficos, geotectónicos, biológicos, de carácter extremo o fuera de lo normal, tales como sismos, terremotos, etc.
- b) Socio-naturales: son peligros que se generan por una inadecuada relación hombre-naturaleza, debido a procesos de degradación ambiental o por la intervención humana sobre los ecosistemas.
- c) Antropogénicos: son peligros generados por la actividad humana, y es probablemente la de mayor "peligrosidad" para los hombres y el medio ambiente.

El conocimiento de los peligros dentro del proceso de identificación, formulación y evaluación de riesgos permite tomar en cuenta el potencial impacto que pueden ocasionar al medio ambiente y a la población, de tal manera que sea posible implementar medidas para reducir los riesgos y potenciales daños.

B. Vulnerabilidad

El segundo elemento que explica la condición de riesgo es la **vulnerabilidad**, la cual se entiende como la incapacidad de una unidad social (personas, familias, comunidad, sociedad), estructura física o actividad económica, de anticiparse, resistir y/o recuperarse de los daños que le ocasionaría la ocurrencia de un peligro o amenaza. La vulnerabilidad es, entre otros, el resultado de procesos de inapropiada ocupación del espacio y del inadecuado uso de los recursos naturales (suelo, agua, biodiversidad, entre otros), y la aplicación de estilos o modelos de desarrollo inapropiados, que afectan negativamente las posibilidades de un desarrollo sostenible.

Existen tres factores que determinan la vulnerabilidad:

- a) Exposición: Es el contacto de una unidad social (personas, familias, comunidad, sociedad) con una agente químico o físico. La magnitud de

la exposición se determina midiendo o estimando la cantidad (concentración) del agente que está presente en la superficie de contacto durante un período determinado. Cabe mencionar los siguientes factores que condicionan la exposición:

- a. Ruta de exposición: Es el camino que sigue un agente químico en el ambiente desde el lugar donde se emite hasta que llega a establecer contacto con la unidad social.
- b. Vía de exposición: Es el mecanismo por medio del cual el tóxico entra al organismo. Se consideran de importancia la ingestión, la respiración y el contacto cutáneo.
- c. Tiempo de exposición: Las exposiciones se clasifican de acuerdo a la magnitud del período de exposición en:
 - i. Exposiciones crónicas.- Son las exposiciones que duran entre 10 y el 100% del período de vida. Para el caso del hombre entre 7 y 70 años.
 - ii. Exposiciones subcrónicas.- Son exposiciones de corta duración, menores que el 10% del período vital.
 - iii. Exposiciones agudas.- Son exposiciones de un día o menos y que suceden en un solo evento.
- b) Fragilidad: se refiere al nivel o grado de resistencia y/o protección frente al impacto de un peligro, es decir, las condiciones de desventaja o debilidad relativa de una unidad social.
- c) Resiliencia: está asociada al nivel o grado de asimilación y/o recuperación que pueda tener la unidad social (personas, familias, comunidad, sociedad), después de la ocurrencia de un peligro-amenaza.

El análisis de los factores de vulnerabilidad permite examinar las condiciones de exposición, fragilidad y resiliencia existentes, para definir mecanismos y medidas que permitan reducir el riesgo al que puede estar expuesta una unidad social.

3.4.2. Análisis de Riesgo

El Análisis de Riesgo nace de la necesidad de organizar e interpretar datos científicos y otras informaciones, facilitando las decisiones y los acuerdos, con el objetivo de reducir el nivel de riesgo, logrando que no se activen nuevos peligros, no se generen nuevas condiciones de vulnerabilidad o se reduzcan las vulnerabilidades existentes. Se aplica, cuando la información es limitada y especialmente si existe incertidumbre para la toma de decisiones.

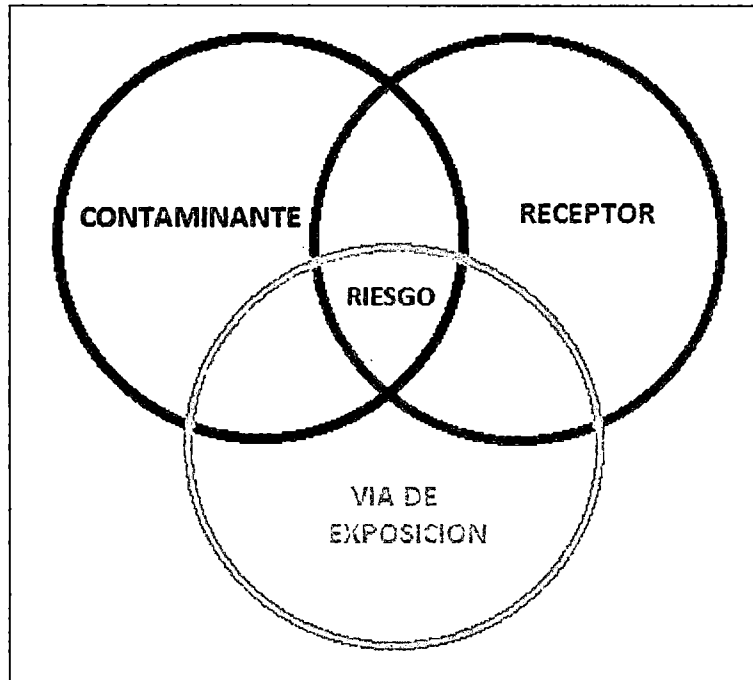
El Análisis de Riesgo es una combinación de la estimación del riesgo y de la evaluación del mismo. La estimación del riesgo involucra la identificación de la probabilidad de una acción o evento accidental. La evaluación de riesgo se define como el proceso de estimar la probabilidad de que ocurra un acontecimiento y la magnitud probable de los efectos adversos.

El Análisis de Riesgo a la salud humana es una disciplina enfocada a evaluar la probabilidad de que ocurran efectos nocivos a la salud como resultado de las actividades que generan contaminación en el medio ambiente.

Se puede indicar que existe un riesgo cuando se satisfacen las siguientes condiciones:

1. Debe estar presente una fuente de riesgo, esto es, debe existir un sistema, proceso o actividad que introduzca un agente de riesgo al ambiente.
2. Debe existir un proceso de exposición a través del cual el personal o población circundante entre en contacto con el agente de riesgo (ejemplo: algún contaminante químico).
3. Debe existir un proceso causal a partir del cual la exposición tenga consecuencias negativas a la salud o al entorno.

Figura N° 3.4: Elementos del Riesgo Ambiental



A. Uso del Análisis de Riesgo

Las técnicas de análisis se pueden aplicar a un amplio rango de situaciones de riesgo para la salud y el medio ambiente, incluyendo:

- Contaminación del aire, tanto en espacios interiores como en el ambiente exterior.
- La introducción o el descubrimiento de un agente en el ambiente
- La exposición ocupacional a un agente o radiación.
- Disposición de residuos peligrosos.
- Presencia de sustancias peligrosas en la cadena alimenticia.
- Instalaciones que manejan o crean sustancias tóxicas.

El análisis de riesgo también se puede aplicar a muy diferentes situaciones, por ejemplo, el riesgo asociado al uso de un producto farmacéutico o tratamiento médico, a la construcción de obras, etc.

B. Metodología y Técnicas

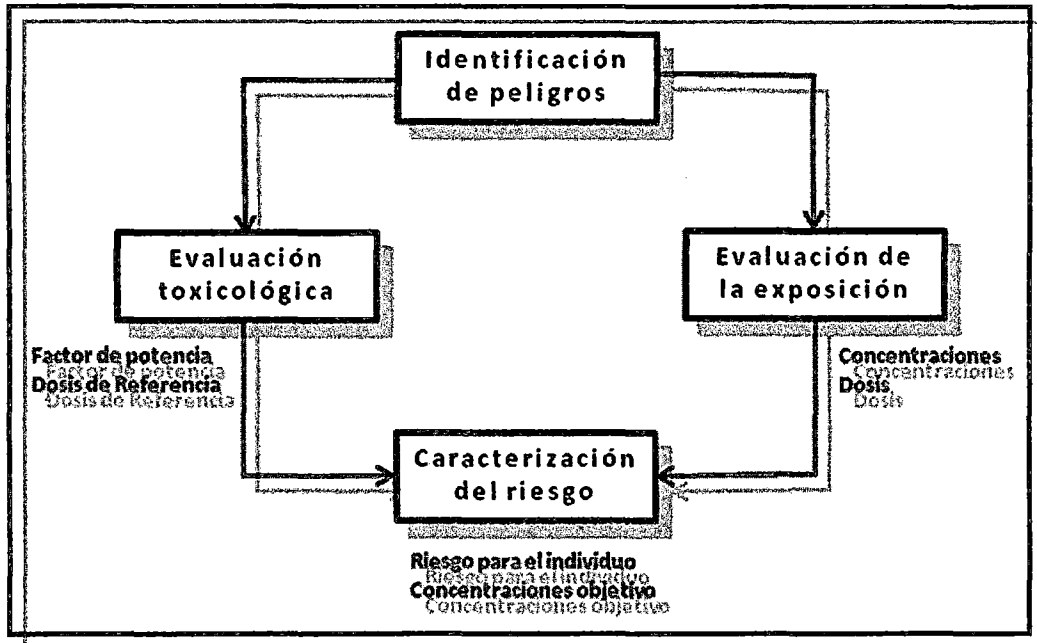
El análisis de riesgos usa una serie de técnicas que se aplican cuando las respuestas no son obvias y la información es ambigua e incierta. Se utilizan las herramientas de la ciencia, la ingeniería y la estadística para analizar la información relacionada con los riesgos y, para estimar y evaluar la probabilidad y magnitud del riesgo ambiental y de la salud.

El análisis de riesgos no proporciona una fórmula para tratar la problemática de riesgos. No resuelve las complicadas negociaciones políticas y sociales que se tienen que hacer en la toma de decisiones sobre riesgos. Lo que sí mejora es la capacidad de los científicos y tomadores de decisiones en la identificación, evaluación, control y reducción de riesgos asociados con actividades del hombre.

Desde 1970 se han desarrollado diferentes metodologías del análisis de riesgo. Sin embargo, la metodología desarrollada por la EPA en 1991 es una de las más consistentes y completas, además de ser una de las más utilizadas debido a su capacidad para adaptarse a diferentes objetivos de evaluación. La estructura de la metodología propuesta por la EPA se basa en cuatro etapas básicas, interrelacionadas cada una con ciertos métodos y técnicas.

- Identificación del peligro (Análisis de los datos).
- Evaluación de la exposición.
- Evaluación de la toxicidad.
- Caracterización de riesgo.

Figura N° 3.5: Etapas del Análisis de Riesgo



➤ **Primera Etapa: Análisis de los datos. (Identificación del Peligro)**

El objetivo de esta parte es identificar la información de buena calidad que existe sobre el sitio y determinar la información que se necesita generar o captar para realizar el estudio. En esta primera etapa se hace la selección preliminar de la lista de los tóxicos sobre los que se hará la evaluación de riesgos.

La identificación de "que cosa es la que puede andar mal" es una etapa importante de un proceso de evaluación o análisis de riesgos. Los accidentes solo pueden ser prevenidos anticipándose a la forma en que estos puedan ocurrir.

Los métodos para la identificación de riesgos suelen estar basados en los principios de diseño, listados de verificación, buenas prácticas, experiencia y sentido común e involucra la consideración rigurosa de todas las situaciones en las que potencialmente exista la posibilidad de un daño, seguida por un

análisis detallado de la combinación de secuencias de eventos que puedan transformar este potencial en un verdadero perjuicio.

La identificación efectiva de riesgos depende en gran medida del grado de conocimiento y experiencia que tenga el grupo evaluador, y el uso de métodos sistemáticos hacen que ese conocimiento y esa experiencia sean adecuadamente aplicadas.

➤ **Segunda Etapa: Evaluación de la Toxicidad**

Mediante la evaluación de la toxicidad se cuantifica la relación entre la exposición-dosis de la sustancia y los efectos adversos resultantes en la población. Uno de los principales objetivos de esta etapa es identificar los niveles de concentración de las sustancias en el ambiente que pueden ser peligrosas y así mismo establecer los niveles seguros de exposición.

La pregunta básica es, ¿cuál es la dosis con la que aparecerá el primer efecto adverso? ¿A qué nivel de concentración de la sustancia en el medio aparecerá el primer efecto adverso?

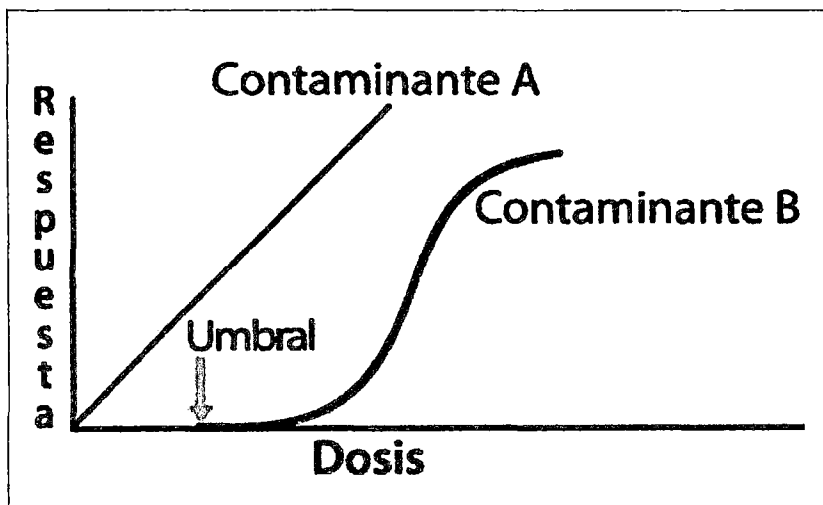
Esta información procede de estudios toxicológicos y epidemiológicos para un gran número de sustancias. Los resultados de los estudios epidemiológicos bien diseñados y conducidos que muestran una correlación positiva entre un agente y una enfermedad, presentan la evidencia más convincente de que el compuesto es un tóxico para humanos.

En esta etapa se tiene como objetivo obtener la información cualitativa y cuantitativa sobre los distintos tipos de efectos adversos a la salud, que producen las sustancias a las que se ha determinado que la población está expuesta o pudiera llegar a estar expuesta. La producción, interpretación y proyección de los datos de los contaminantes se clasifican en dos

categorías: sustancias que en la curva dosis-respuesta presentan un umbral y sustancias que no lo presentan, sin umbral.

- **Sustancias con Umbral:** En estos casos se considera que existe un valor umbral de exposición por debajo del cual no existe probabilidad de riesgo para la salud humana. Este nivel de exposición límite se estima para un día y para cada ruta de exposición y se suele expresar promediado para una vida, para obtener la dosis crónica. A este valor se le denomina "concentración de referencia" (Crf). (Ver contaminante B en la Figura N° 3.6)
- **Sustancia sin Umbral:** Son sustancias para las cuales no es posible definir un valor umbral sin riesgo a la población, en general son las de tipo cancerígeno; estas sustancias tienen la característica de que a cualquier dosis se puede producir un impacto biológico adverso, incluso a dosis extremadamente bajas. Esto indica que existe un riesgo finito a concentraciones y a dosis muy bajas, las que no es posible medir con las técnicas de laboratorio disponibles. (Ver contaminante A en la Figura N° 3.6)

Figura N° 3.6: Curva Dosis Respuesta de un Contaminante



Cabe destacar que para el caso específico de las partículas, no se ha establecido hasta el momento un umbral definido, lo que se debe fundamentalmente a que las partículas están constituidas por un conjunto heterogéneo de sustancias, que varían de un caso a otro en sus propiedades físico-químicas y en consecuencia en su potencial tóxico; además, influye de modo significativo la variación en su tamaño.

➤ **Tercera Etapa: Evaluación de la Exposición**

Se hace una estimación de la magnitud actual y futura de las exposiciones humanas, de la frecuencia y duración de estas exposiciones y de las rutas y vías potenciales de exposición.

A continuación se detallan los factores que son de gran importancia en esta etapa del estudio, y que se realizarán en el análisis:

Descripción de la Fuente: Las características fundamentales de la fuente son su localización y los mecanismos de emisión. Se localiza y describe utilizando los datos de muestreo y la información preliminar que se tenga acerca del sitio.

- **Fuente:** Se localizan los lugares dónde se están liberando, se liberaron o se espera que se liberen los tóxicos, identificando todos los mecanismos posibles de liberación y de medios receptores. La fuente puede ser también punto de contacto si los organismos receptores entran en contacto directo con la fuente.
- **Descripción del sitio:** El sitio se describe en función de las variables que puedan tener influencia sobre la movilidad de los tóxicos y los niveles de contaminación. Las características físicas importantes del escenario de exposición son: clima, vegetación, topografía, entre otros.

Descripción de la ruta de exposición: A continuación se describen cada uno de los elementos que integran una ruta de exposición típica completa.

- **Transporte y destino:** Después de que el agente ha sido liberado le puede pasar lo siguiente:
 - acumularse en uno o más medios incluyendo el de recepción
 - transportarse por una corriente de agua, disuelto o suspendido en algún sedimento, o por los vientos, en estado gaseoso o en los polvos
 - transformarse físicamente (volatilización, precipitación), químicamente (fotólisis, hidrólisis, oxidación, reducción, etc.) o biológicamente (biodegradación)

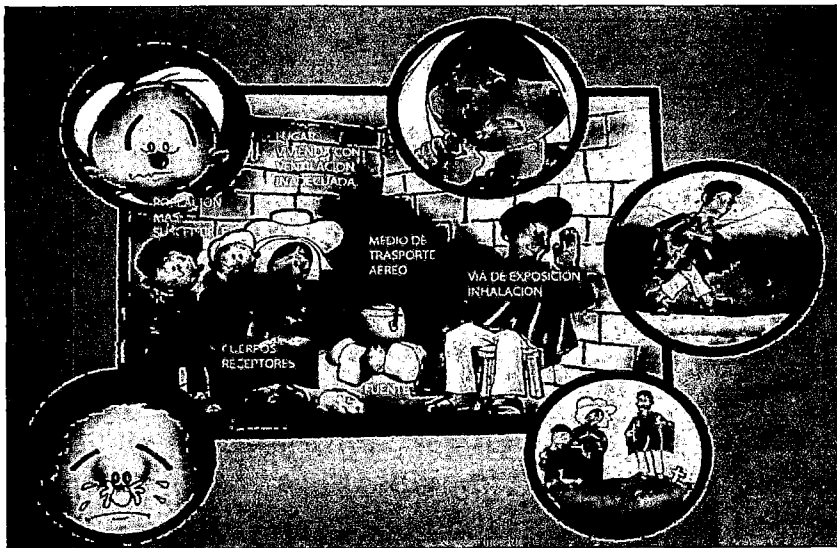
Para estudiar la distribución de una agente en el ambiente es necesario conocer sus propiedades físicas y químicas y las del medio y/o medios en los que se desplaza. Uno de los propósitos del análisis de destinos y transportes es predecir las exposiciones futuras y para servir de base en el diseño de estrategias de prevención de la contaminación.

- **Punto de exposición:** Cualquier contacto potencial entre los pobladores con un medio contaminado es un punto de exposición. Son más importantes los puntos de exposición dónde la concentración que va a ser contactada sea la más alta y dónde la población expuesta se clasifique como de interés especial por pertenecer a un grupo sensible.
- **Vías de exposición:** El último elemento de la ruta de exposición es la vía de exposición, que es el mecanismo por medio del cual el tóxico entra al organismo. En el caso de exposiciones ambientales las vías de exposición son ingestión, inhalación y contacto cutáneo. La selección de cuáles vías se deben de estudiar, depende de los medios en los que se encuentre el tóxico en el punto de contacto.

Descripción de las poblaciones: Las poblaciones se describen especificando aquellas características que influyen en la exposición y sus consecuencias.

- **Localización:** En lo referente a la localización de los asentamientos humanos, la información más importante es su posición relativa con respecto a la fuente de contaminación y a la dirección de los desplazamientos más probables de los tóxicos.
- **Sub-poblaciones especiales:** Las sub-poblaciones especiales son las más susceptibles de sufrir un daño al quedar expuestas a un determinado agente debido a:
 - que tienen una mayor sensibilidad, tales como, niños, ancianos, mujeres embarazadas o en período de lactancia y personas con enfermedades crónicas
 - que presenten un patrón de comportamiento que puede dar lugar a una mayor exposición. Un ejemplo son las personas que fuman constantemente
 - quienes se han sensibilizado por exposiciones anteriores o, que experimentan exposiciones simultáneas provenientes de otras fuentes. Por ejemplo; individuos expuestos a la contaminación del aire en su trabajo y residen o residieron en sitios contaminados.

Figura N° 3.7: Descripción gráfica de la Ruta de Exposición



Fuente: USAID

Cuantificación de la exposición: El estudio de la ruta de exposición tiene por objeto llegar a determinar la cantidad del agente tóxico que contacta un organismo durante el período de exposición y poder estimar las exposiciones futuras.

La cuantificación de la exposición consiste en determinar la magnitud, frecuencia y duración de las exposiciones de los individuos miembros de la población por cada una de las rutas significativas.

Si la exposición ocurre durante un determinado período, la exposición total se divide entre el tiempo de ocurrencia para calcular la tasa de exposición promedio por unidad de tiempo y frecuentemente esta tasa promedio de exposición se expresa por unidad de masa corporal. A este valor se le denomina **Dosis de Exposición**, el cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$[C_d] = \frac{C \times I \times EF \times ED}{W \times T_p}$$

Donde:

- [Cd] : Concentración diaria de exposición (µg/kg/día)
- C : Concentración de PM10 (µg/m³)
- I : Tasa de inhalación en interior (m³/día)
- EF : Frecuencia de Exposición (días/año)
- ED : Duración de la exposición (años)
- W : Peso corporal del individuo (kg)
- T_p : Tiempo promedio sobre el cual se promedia la exposición (días)

Dosis: La dosis de exposición está definida por la cantidad de sustancia a la que se expone el organismo y el tiempo durante el que estuvo expuesto. La dosis determina el tipo y magnitud de la respuesta biológica. El efecto adverso o daño es una función de la dosis y de las condiciones de exposición (vía de ingreso, duración y frecuencia de las exposiciones, tasa de contacto con el medio contaminado, etc.).

➤ **Cuarta Etapa: Caracterización de los Riesgos**

En esta etapa final se integran los datos de las tres fases previas. La caracterización de riesgo tiene como propósito determinar cualitativa o cuantitativamente el exceso del riesgo en humanos atribuible a la exposición a condiciones específicas de contaminación ambiental con compuestos tóxicos.

Se evalúan los riesgos producidos por cada tóxico en lo individual, bien sea que llegue a los individuos expuestos por una ruta o por varias. Se evalúan también los riesgos que representan las exposiciones a las mezclas de las distintas sustancias presentes.

La pregunta es: ¿cuál es la posibilidad que se produzca un efecto adverso en la salud en las condiciones locales de contaminación diagnosticadas? La caracterización cuantitativa se hace de modo diferente según si son sustancias con umbral o sin umbral:

- **Contaminantes con umbral (no cancerígenos):** Se utiliza el Índice de Riesgo (IR), que relaciona la Concentración de Exposición con la Concentración de Referencia para la ruta de exposición y el período de exposición correspondiente:

$$IR = \frac{C_{diaria}}{C_{ref}}$$

Donde:

- IR : Índice de Riesgo
 - IR > 1, se considera que existe un riesgo para la salud inaceptable y habrá que tomar medidas paliativas.
 - IR < 1, el riesgo es aceptable.
 - C_{diaria} : Concentración diaria de exposición (µg/kg/día)
 - C_{ref} : Concentración de Referencia (µg/kg/día)
- **Contaminantes cancerígenos:** el riesgo se caracteriza como la probabilidad incremental de desarrollar un cáncer a lo largo de una vida, que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Risk = E \times SF$$

Donde:

- Risk: Probabilidad de desarrollar un cáncer a lo largo de la vida.
- E: Dosis diaria de exposición crónica (µg/kg/día)
- SF: Factor de Potencia cancerígena o factor de pendiente (µg/kg/día)

Finalmente, si en la etapa de caracterización del riesgo se establece, que los valores del "IR" y de "Risk", es inadmisibles para alguno de los contaminantes estudiados, pueden deducirse, mediante un cálculo inverso a partir de las dos expresiones, las concentraciones objetivo hasta las que se debe reducir mediante un proceso de descontaminación la presencia de las sustancias tóxicas en el terreno para lograr niveles asumibles.

3.5. EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A LA COMBUSTIÓN DE BIOMASA INTRADOMICILIARIO SOBRE LA SALUD HUMANA

La contaminación del aire casero puede causar diferentes problemas de salud. Este estudio se dirige solamente a la influencia de la contaminación del aire casero en las vías respiratorias. La contaminación del aire casero a menudo es origen de

afecciones y problemas respiratorios como: Asma, Infecciones Respiratorias Agudas conocidas como IRA's, además de las molestias de las vías respiratorias.

Las afecciones y problemas respiratorios constituyen un importante problema de salud pública, puesto que constituyen una de las principales causas de enfermedades y muerte en los niños menores de cinco años, especialmente en el grupo de menores de un año.

3.5.1. El Sistema Respiratorio y el Material Particulado

El riesgo a la salud por partículas lo constituye su concentración en el aire y el tiempo de exposición; sin embargo, el tamaño es la característica física más importante para determinar su toxicidad y efectos en la salud humana.

El tamaño de la partícula es un factor crítico en la distribución de la dosis interna. La ubicación de la deposición inicial en las vías respiratorias depende del tamaño de las partículas: las partículas gruesas se depositan en las vías respiratorias superiores y las partículas finas se transportan al tracto respiratorio inferior.

Las partículas mayores a 10 μm son retenidas básicamente por las barreras naturales que el cuerpo ha diseñado, en las vías respiratorias superiores (los pelos de la nariz, las mucosidades del tracto respiratorio, etc.), para protegerse del entorno y ser eliminadas en su mayor parte por el sistema de limpieza natural del tracto respiratorio, por lo que no son consideradas significativamente dañinas para la salud, sin embargo la exposición continua a altas concentraciones puede causar irritación de garganta y mucosas.

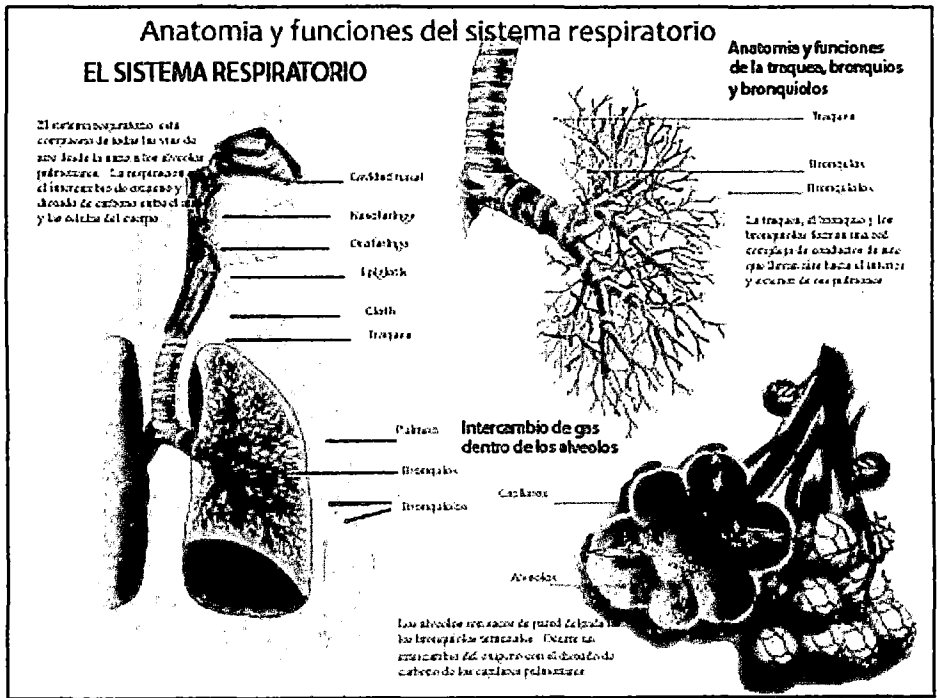
Por su parte, las PM₁₀ (fracción respirable), al ser tan diminutas, no son retenidas en las vías respiratorias superiores, cerca de un tercio penetra hasta los pulmones. Su efecto depende de su composición química, pueden producir

infecciones respiratorias, agravar el asma y favorecer las enfermedades cardiovasculares. En el corto plazo la contaminación por PM10 puede causar el deterioro de la función respiratoria. En el largo plazo se asocia con el desarrollo de enfermedades crónicas, el cáncer o la muerte prematura.

Las partículas penetran las vías respiratorias, toman contacto con las células traquéales (de la traquea), y las silias son destruidas por la acción abrasiva del contaminante. La célula, para tratar de reemplazarlas, genera cada vez más mucus y termina agotándose, quedándose finalmente sin silias y sin mucus, es decir, muy vulnerable.

A su vez, diversos estudios recientes demuestran que las PM2.5 tienen la capacidad de ingresar al espacio alveolar o al torrente sanguíneo, incrementando el riesgo de padecer enfermedades crónicas cardiovasculares y muerte prematura.

Figura N° 3.8: El Sistema Respiratorio



Una vez que las partículas se han depositado en el sistema respiratorio, su acción irritante es producto por una parte, de su composición química y su toxicidad y, por otra, de su facilidad de absorber y adsorber otras sustancias en su superficie, produciéndose un efecto sinérgico que incrementa su agresividad.

La exposición al material particulado causa serios problemas a la salud, incluso más difíciles de diagnosticar y tratar que los efectos agudos; mucho se debe a que no ha sido posible establecer la dosis bajo la cual no se perciben efectos nocivos, ya que se ha encontrado que incluso a bajas concentraciones de PM se observan efectos a la salud.

3.5.2. Afecciones y Enfermedades

A continuación se discutirán las afecciones y enfermedades de las vías respiratorias más comunes relacionadas con este tipo de contaminantes (PM10).

A. Molestias de las Vías Respiratorias

Las molestias respiratorias pueden causar problemas de salud de las personas. Además, dado que no todo el mundo acude al médico por molestias respiratorias, puede ser que muchas veces las afecciones y enfermedades respiratorias no sean diagnosticadas mientras que las personas sí las sufren y como consecuencia también padecen diversas molestias respiratorias.

A menudo las molestias respiratorias no aparecen solas, sino que se trata de varias molestias diferentes a la vez, que a continuación se mencionan:

- Tos continua por 15 días o más
- Tos seca continua por 15 días o más
- Estornudos continuos por 15 días o más

- Esguerrimiento de moco de la nariz continuo por 15 días o más
- Dolor o picazón de garganta continua por 15 días o más
- Lagrimeo y comezón en los ojos
- Ronquera o pérdida de la voz
- Silbidos de pecho
- Poca respiración
- Ataque de sofocación
- Sofocación en la noche

B. Infecciones Respiratorias Agudas

Las infecciones respiratorias agudas (IRA's) son un grupo de enfermedades que afectan en forma repentina distintas partes del aparato respiratorio, (tales como: la nariz, la faringe, la laringe, la tráquea, los bronquios, los bronquiolos y los pulmones). Se dice que son infecciones respiratorias agudas porque aparecen bruscamente y tienen una evolución menor a 15 días, pudiéndose complicar con neumonía.

Cuando la infección se localiza en la laringe o por encima de ella, por ejemplo en las amígdalas o en la nariz, se dice que la infección es del aparato respiratorio superior, mas, si la infección se sitúa por debajo de la laringe, por ejemplo, en la tráquea, los bronquios o en los pulmones, entonces la infección es en el aparato respiratorio inferior.

La clasificación anterior es importante porque las infecciones del aparato respiratorio inferior son más peligrosas, pues llegan a poner en peligro la vida. Se les da importancia porque ellas causan la muerte de un gran número de niños menores de cinco años a nivel mundial.

Las infecciones respiratorias agudas son producidas por microorganismos llamados virus y bacterias. Los virus generalmente atacan el aparato respiratorio

superior produciendo casos benignos que se resuelven en pocos días y sólo requieren cuidados en el hogar o medidas de apoyo. En cambio las bacterias usualmente atacan el aparato respiratorio inferior pudiendo causar la muerte según las condiciones del niño, los riesgos del medio ambiente y el tratamiento que se le dé.

Las IRA's se transmiten por contacto directo con una persona infectada o por inhalación de partículas llevadas por el aire (al respirar, estornudar o toser); asimismo por modo indirecto, por medio de las manos y artículos recién contaminados con exudados nasales o faríngeos de la persona infectada.

Generalmente, las IRA's se manifiestan con la presencia de uno o más síntomas o signos clínicos, tales como:

- Tos
- Obstrucción nasal, acompañada de mucosidad.
- Dificultad respiratoria, lo que obliga a la persona a respirar de manera rápida y agitada.
- Dificultad para comer.
- Dolor de garganta.
- Dolor de oído.
- Fiebre.
- Ronquido, quejido o silbido en el pecho al inhalar.

Se consideran como IRA's las siguientes afecciones:

- Rinofaringitis aguda o Resfriado Común
- Faringoamigdalitis
- Otitis Media
- Crup Infeccioso o Laringitis espasmódica
- Neumonía

3.5.3. Factores relacionados a los efectos de la exposición

Los factores más importantes que incrementan las posibilidades de contraer molestias y enfermedades relacionadas a la exposición del material particulado son:

A. Ambientales

- Contaminación ambiental dentro o fuera del hogar: El humo irrita los órganos del aparato respiratorio disminuyendo así ciertos mecanismos de defensa de las vías respiratorias que son necesarias para evitar las infecciones respiratorias. En consecuencia si los niños están expuestos al humo del cigarrillo, o del que producen los fogones o de cualquier otra fuente de humo entonces aumenta el riesgo de infección respiratoria aguda.
- Deficiente ventilación de la vivienda
- Tabaquismo pasivo
- Cambios bruscos de temperatura
- Contacto con personas enfermas de IRA

B. Individuales

- Edad. La frecuencia y gravedad son mayores en menores de un año y especialmente en los menores de dos meses de edad, así como en los ancianos
- Susceptibilidad individual. Relacionado con deficiencias en los mecanismos de defensa inmunológica y trastornos hereditarios.
- Ausencia de lactancia materna: En la leche de la madre se encuentran elementos que protegen al niño de las infecciones.
- Desnutrición: La desnutrición es un factor que aumenta mucho el riesgo de que el niño sea atacado y vencido por las infecciones respiratorias agudas.

- Esquema incompleto de vacunación: Hay vacunas que protegen contra graves infecciones respiratorias agudas.
- Trastornos de otros órganos, respiración por la boca debido a rinitis, sinusitis.
- Personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares previas.
- Estilo de vida: tabaquismo y otras adicciones, sedentarismo, entre otros.

C. Sociales

- Hacinamiento
- Tipo de material de las viviendas

En resumen, se sabe que el material particulado puede causar inflamación de las vías respiratorias y los pulmones y deteriorar la respuesta inmunitaria, pero todavía no se conoce el mecanismo preciso mediante el cual la exposición a la contaminación del aire de interiores se traduce en una enfermedad, sin embargo el material particulado participaría en:

- Origen de procesos inflamatorios
- Daño funcional en los pulmones
- Aumento en el riesgo de infarto cardíaco
- Efectos sistémicos en todo el organismo a través de la sangre
- Efectos cancerígenos
- Aumento de muertes súbitas

CAPÍTULO IV

4.0. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO – ANÁLISIS DE LOS DATOS

El empleo de la leña como combustible, genera la emisión de cientos de contaminantes, principalmente monóxido de carbono y material particulado, pero también óxidos de nitrógeno benceno, butadieno, formaldehído, hidrocarburos poli-aromáticos y muchos otros productos químicos nocivos para la salud, que hasta pueden ocasionar la muerte de aquellas personas que lo emplean, ya sea para cocinar o calentarse del frío al interior de sus viviendas.

Estas personas inhalan durante muchas horas, todos los días estos contaminantes, así como muchos contaminantes invisibles que están en el aire. Se considera que las partículas en suspensión (con un diámetro de hasta 10 micrones (PM10)) son el mejor indicador del riesgo para la salud causado por la contaminación del aire de interiores, por lo que será nuestro contaminante de interés.

Figura N° 4.1: Centro Poblado San José de Canta



Para este estudio se eligió como Población Muestra, el Centro Poblado de San José de Canta, dado que su población utiliza mayoritariamente leña como combustible para la cocción de sus alimentos y, por su ubicación, (2 400 m.s.n.m) y las condiciones climáticas, lo hacen al interior de sus viviendas.

Los pasos que se siguieron para el desarrollo de esta etapa es el siguiente:

- Descripción de la Zona de Estudio
- Características de la Población y Viviendas

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El Estudio se inicia con el levantamiento de la información del Centro Poblado escogido y que a continuación detallamos:

4.1.1. Ubicación Geográfica

El Centro Poblado de San José pertenece al Distrito de San Buenaventura, Provincia de Canta, en el Departamento de Lima. Se encuentra ubicado a la altura del Km. 90 de la carretera asfaltada Lima – Canta a una altitud de 2400 m.s.n.m.

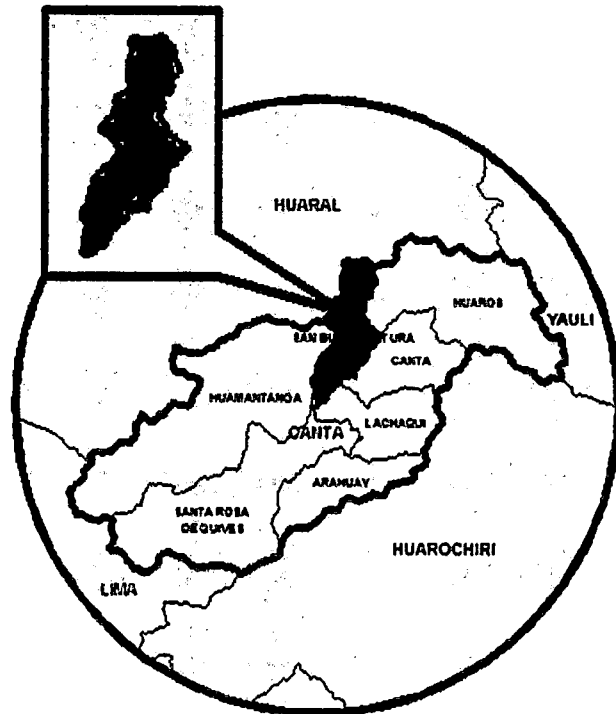


Figura N° 4.2: Ubicación del Centro Poblado San José

La fisiografía de la localidad es accidentada propia de la Región Sierra. La zona es apta para la agricultura y ganadería debido a la riqueza de sus suelos. En el sistema hidrográfico del ámbito distrital destaca la cuenca del Río Canta, como parte de la vertiente del Pacífico.

4.1.2. Vías de Comunicación y Tiempo de Llegada a la Localidad

El acceso a la localidad de San José se realiza por vía terrestre; desde el distrito de Carabayllo, en Lima. El viaje es por la vía asfaltada hasta el Km. 90, de la carretera Lima-Canta, en un tiempo aproximado de 2 horas; luego se continúa por un desvío hacia el distrito de Huamantanga por una vía no asfaltada.

Figura N° 4.3: Vía de acceso al Centro Poblado San José



4.1.3. Clima

El clima de la zona es sumamente variado, no solo por los cambios estacionales, sino, principalmente, porque el Centro Poblado se ubica en la región Quechua. Las estaciones climatológicas han identificado una gama de climas que van desde el árido y semi-cálido hasta el fluvial gélido. La temperatura promedio varía según las estaciones del año, el promedio anual es de 18°C.

4.1.4. Topografía y Tipo de Suelo

La localidad de San José presenta un relieve complejo, formado por montañas altas con grandes accidentes geográficos, las cuales presentan elevadas pendientes. Por otro lado los suelos, que en su mayoría son relativamente ácidos, pero aprovechables en la agricultura, se localizan en las partes bajas.

4.1.5. Servicios Públicos

- **Energía Eléctrica:** La Comunidad de San José cuenta con energía eléctrica permanente desde 1998 y se abastece desde la ciudad de Canta.
- **Telecomunicaciones:** Actualmente, ésta localidad no cuenta con servicio de telefonía domiciliaria, solo existe un teléfono público que brinda servicio a toda la población. Hay una antena de telefonía móvil de una empresa privada. Existe una antena parabólica para señal de TV, pero que se encuentra fuera de servicio por falta de mantenimiento. Solo 3 viviendas cuentan con señal de TV privado mediante antenas.
- **Servicios de Saneamiento:** La localidad cuenta con los servicios de agua de forma permanente cuya fuente proviene de manantiales ubicados en las alturas del pueblo. También cuenta con alcantarillado, cuya descarga, con tratamiento previo (tanque séptico), se realiza aguas abajo del río Canta.
- **Mercado de Abastos:** San José no cuenta con un mercado de abasto, debido a que su población es muy reducida. La población se abastece directamente de sus cosechas y de productos que llegan desde Canta y Lima.
- **Servicios de Salud:** En el pueblo existe una posta médica, con un personal técnico quien atiende casos menores de salud, siendo evacuados a Canta o Lima los casos que presentan mayor gravedad.
- **Servicios de Educación:** En San José existe una escuela primaria, donde asisten los niños del lugar. La secundaria no se imparte en esta localidad, teniendo que desplazarse los alumnos hacia la localidad de Canta principalmente.
- **Medios de Transporte:** Para desplazarse desde y hacia el pueblo de San José, se cuenta con el servicio de colectivos particulares que ocasionalmente llegan al pueblo y a solicitud de los propios pobladores.

Además cuenta con el servicio de un ómnibus que pasa por San José en su ruta hacia Huamantanga.

- **Residuos Sólidos:** San José no cuenta con servicio de recolección de residuos sólidos. La basura es eliminada, ya sea en un botadero en los alrededores del pueblo o incinerada en las chacras de cada poblador.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN Y VIVIENDAS

La recopilación de las características tanto de la población como de las viviendas, se realizó por medio de una encuesta, en la cual no sólo se recogen datos socio económicas de la población, sino también aquellos que tienen alguna relación con el empleo de combustibles sólidos, tales como: la frecuencia de empleo de los combustibles, la forma, los ambientes donde se utiliza, frecuencia de enfermedades respiratorias, entre otros datos.

4.2.1. Características de la Población

El Centro Poblado San José se encuentra constituido por aproximadamente 100 viviendas; alrededor de la mitad de éstas se encuentran habitadas, mientras otra parte (cerca del 40%) son habitadas esporádicamente por sus propietarios, quienes residen en otras ciudades; las restantes son viviendas deshabitadas o de servicio público, tales como el colegio, centro de salud, entre otros.

En la encuesta realizada, se recolectó datos de 20 viviendas continuamente habitadas, de las cuales se pudo estimar que, la distribución de la población según género, es de 36.23% hombres y 49.27% mujeres.

La mayoría de las viviendas presenta entre 2 a 3 habitantes por familia, lo que significa una densidad aproximada de 3 hab/Viv., tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla N° 4.1: Cantidad de personas por vivienda

Número habitantes por vivienda	Cantidad
Una persona	4
Dos personas	7
Tres personas	3
Cuatro personas	2
Cinco personas	3
Más de cinco personas	1

A nivel de estructura se puede apreciar que la gran proporción de la población es mayoritariamente infantil y/o adulta, existiendo una poca proporción de jóvenes en el Centro Poblado.

Tabla N° 4.2: Distribución de la Población por Edad y Sexo

Edad	Femenino	Masculino	Total
0 - 10	7	4	11
10 - 20	4	2	6
20 - 30	2	1	3
30 - 40	4	6	10
40 - 50	1	2	3
50 - 60	2	4	6
60 - 70	4	1	5
70 - 80	6	3	9
80 - a mas	4	2	6

Asimismo, el 75% de la población adulta que reside en el Centro Poblado San José, tiene una antigüedad de más de 20 años en el lugar, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla N° 4.3: Tiempo de Residencia en el Lugar

Tiempo que habita (años)	Personas
0 - 20	5
20 - 40	5
40 - 60	4
60 - mas	6

4.2.2. Actividades económicas

La principal actividad económica de los habitantes del Centro Poblado San José es la agricultura, a la cual se dedican los hombres, mujeres y niños de la zona. Fundamentalmente se cultivan los tubérculos, maíz, entre otros, destinados principalmente para el consumo y en menor escala para el comercio.

A su vez, la ganadería practicada por los habitantes de San José está basada fundamentalmente en vacunos, caprinos y ovinos en pequeña escala, y su producción está destinada para el autoconsumo, destinando los pequeños excedentes al comercio.

En cuanto a la actividad forestal, lo más resaltante es el empleo de las ramas y troncos de los árboles como leña para la cocción de sus alimentos, estos árboles en su mayoría eucaliptos y algunos frutales, son sembrados en sus chacras y algunas veces en sus viviendas.

4.2.3. Descripción de las viviendas

Las viviendas son propias de la familia que la habita, estas son de material consolidado, es decir, de adobe o material noble, siendo sus techos de calamina, y el piso en su mayoría de tierra, tal como se detalla a continuación

Tabla N° 4.4: Material de las Viviendas de la zona

Material de Vivienda	Cant.
Paredes	
Adobe	16
Material Noble	4
Techo	
Calamina	20
Pisos	
Tierra	16
Cemento	4

4.2.4. Descripción y hábitos de cocina

En cuanto al combustible empleado para la cocción de sus alimentos se constató que el 90% de la población emplea la leña recolectada de sus campos de cultivo, tal como muestra el siguiente cuadro:

Tabla N° 4.5: Tipo de Combustible Empleado

Combustible empleado	Cant.
Leña	18
Gas	2

Las personas que generalmente manipulan la leña, son las mujeres (madres o abuelas), quienes preparan sus alimentos casi siempre acompañadas por sus hijos menores, pasando una mayor cantidad de horas en el ambiente de cocina, tal como a continuación se detalla.

Tabla N° 4.6: Tiempo de exposición durante el empleo de la leña

Persona expuesta	Tiempo de exposición promedio
Mujeres	6 h
Niños	4 h

Estas familias utilizan sus cocinas como mínimo 2 veces al día; asimismo los ambientes de cocina, no sólo sirven para la preparación de los alimentos, sino que también son empleados como comedor, e incluso en algunos casos como dormitorios, lo que agrava los riesgos a su salud.

Tabla N° 4.7: Empleo del ambiente de Cocina

Empleo del ambiente de Cocina	Cant.
Solo cocina	4
Cocina y Comedor	14
Cocina, Comedor y Dormitorio	2

4.2.5. Efectos Asociados al empleo de la Leña como combustible

Durante el empleo de la leña como combustible, las personas expuestas, presentan diversas molestias, las cuales son perceptibles desde el inicio de la cocción de sus alimentos, hasta el término de dicha actividad. Dichas molestias se presentan de diversas formas, y se hacen más agudas en los hogares que cuentan con espacios completamente cerrados.

Tabla N° 4.8: Molestias presentadas durante el Empleo de la leña

Molestias	Cant.
Irritación de los ojos	19
Estornudos	6
Tos	11
Irritación garganta	9

Asimismo, existen enfermedades relacionadas al sistema respiratorio que aquejan en mayor cantidad a las personas expuestas (mujeres y niños), las cuales se pueden asociar al empleo de la leña como combustible. Cabe resaltar que tanto las molestias, como las enfermedades (en mayor grado) son atendidas en el Centro de Salud de la zona cuando presentan complicaciones.

Tabla N° 4.9: Enfermedades relacionadas al Sistema Respiratorio

Enfermedades y afecciones	Cant.
Bronquios	7
Dolor de espalda	2
Gripe	12
No sabe	7

Al consultar a la población sobre las causas probables de las enfermedades que le aquejan, la mayoría consideró como el factor más determinante el clima, siendo la contaminación producida por la quema de la leña uno de las causas

poco conocidas, lo que demuestra que muchas personas desconocen los efectos que pudiera tener dicha actividad en su salud.

Tabla N° 4.10: Probables causas de enfermedades

Supuestas causas de las enfermedades	Cant.
Mala alimentación	1
Clima	12
Vivienda y/o vestimenta	1
Contaminación	3
No sabe	5

CAPÍTULO V

5.0. EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD

En esta etapa cuantificaremos la relación entre la exposición y la concentración de la sustancia, y los efectos adversos que se presentan para la población. Esta relación nos permitirá hallar la correspondencia entre la cantidad de tóxico y la magnitud del efecto.

Para tales fines, la EPA ha establecido valores para los contaminantes del aire, conocidos como Concentraciones de Referencia, que corresponden al estimado de una dosis de exposición que si ocurre a diario durante toda la vida es improbable que cause un riesgo significativo para la salud de las poblaciones expuestas.

Sin embargo, para el caso específico del material particulado, no se ha establecido hasta el momento una Concentración de Referencia, lo que se debe fundamentalmente a que las partículas están constituidas por un conjunto heterogéneo de sustancias, que varían de un caso a otro en sus propiedades físico-químicas y en consecuencia en su potencial tóxico, además influye de modo significativo la variación en su tamaño.

5.1. CONCENTRACIÓN DE REFERENCIA

Debido a que no existen parámetros de referencia, dada la complejidad de la composición del material particulado, en el presente estudio hallaremos nuestra propia Concentración de Referencia, en base a las características que se presentan para nuestro análisis.

Al ser un estudio intradomiciliario y por realizarse en una localidad alejada de grandes fuentes de contaminación como lo son las fábricas, parque automotor, etc.

consideramos como la principal fuente de contaminación la combustión incompleta de la leña. En ese sentido, si la población empleara combustibles modernos, que generen una combustión completa, se estaría reduciendo, y en el mejor de los casos eliminando la mayor fuente de contaminación a la que están expuestas.

Bajo ese análisis, se ha considerado adecuado encontrar la Concentración de PM10 en un ambiente de cocina "ideal", el cual cuente con una ventilación adecuada, y emplee un combustible moderno (gas), de manera que nos sirva como base para encontrar nuestra Concentración de Referencia.

Si bien es cierto que esta Concentración de Referencia, no es un valor umbral para el PM10 (es decir el nivel de concentración tolerable antes de que se produzca algún efecto adverso) sí representa el grado de concentración al que deberían estar expuestos diariamente si tuvieran acceso a combustibles modernos y un ambiente de cocina adecuado.

De acuerdo a lo descrito, se realizó el monitoreo, en una cocina a gas, bajo las mismas características que los puntos de muestreo, teniendo los siguientes valores:

- Tiempo de Muestreo : 540 min.
- Flujo de Muestreo : 16 l/min.
- Factor de Corrección : 0.763
- Peso PM10 : 442.86 μg

En base a los resultados obtenidos del muestreo en un ambiente "ideal" se determinó la Concentración de PM10.

$$[PM10] = 67.16 \text{ } (\mu\text{g} / \text{m}^3)$$

De la concentración calculada para una situación "ideal" en la localidad de San José, se determinará la Concentración de Referencia de acuerdo al siguiente procedimiento, determinado por la EPA

$$[C_e] = \frac{C \times I \times EF \times ED}{W \times T_p}$$

Donde:

- [Cd]: Concentración diaria de exposición ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$)
- C : Concentración de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- I : Tasa de inhalación en interior ($\text{m}^3/\text{día}$)
- EF : Frecuencia de Exposición ($\text{días}/\text{año}$)
- ED : Duración de la exposición (años)
- W : Peso corporal del individuo (kg)
- T_p : Tiempo promedio sobre el cual se promedia la exposición (días)

En la siguiente tabla se muestran los valores considerados por la EPA para estas variables en el caso de una persona adulta:

Tabla N°5.1: Valores estándar de Variables

VARIABLE	VALOR
Tasa de Inhalación en interior ($\text{m}^3/\text{día}$)	15
Frecuencia de exposición residencial ($\text{días}/\text{año}$)	350
Peso corporal adulto (kg)	70
Tiempo promedio de exposición (días)	365 x ED

Fuente: EPA

Es preciso señalar que dichos valores son considerados para el caso de contaminantes no cancerígenos, lo cual son tomados para el presente estudio debido a que de la información recolectada a través de las encuestas no se

presentaron evidencias de personas que hayan presentado enfermedades cancerígenas; además los diversos estudios y bibliografía consultada, tampoco confirman que el PM10 sea considerado como causante de cáncer. Solo se sospecha la posibilidad que en altas concentraciones pueda existir el riesgo.

En cuanto a frecuencia de exposición residencial mantenemos el valor dado por la EPA considerando que los pobladores no hacen uso de sus cocinas en ciertas fechas por diversas razones.

Entonces, dichos valores serán empleados para el cálculo de nuestra Concentración de Referencia, a excepción del Peso Corporal, para el cual consideramos el valor de 50kg que es el promedio para nuestra población de estudio, conformada por mujeres.

Asimismo, debido a las limitaciones que se presentaron durante el monitoreo no se pudo muestrear las 24 horas, por lo que se considera un factor de corrección por exposición (FE) el cual representa el tiempo promedio al cual están expuestas las personas durante un día, considerando para nuestra situación "ideal" un promedio de 4 horas de exposición, para lo cual tenemos:

$$[C_{Rf}] = \frac{C \times I \times EF \times ED}{W \times Tp} \times FE$$

$$[C_{Rf}] = \frac{67.16 \times 15 \times 350 \times ED}{50 \times 365 \times ED} \times \frac{4}{24}$$

$$[C_{Rf}] = 3.22 \frac{\mu g}{kg \times día}$$

CAPÍTULO VI

6.0. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

6.1. DESCRIPCIÓN DE LA EXPOSICIÓN

El modelo conceptual más sencillo y que facilita la explicación del problema de la exposición está formado por la relación: 1) Fuente contaminante, 2) Vía de Exposición y 3) Cuerpo Receptor, lo mismos que están conformadas por otros factores de importancia.

A. Descripción de la Fuente

- *Fuente Contaminante:* La fuente principal de emisión de Material Particulado viene a ser el empleo de la leña para la cocción de los alimentos, la cual se localiza en un ambiente interno de la vivienda
- *Descripción del sitio:* Los ambientes de cocina son espacios cerrados, que carecen de una ventilación adecuada, como ventanas, y si las poseen, éstas se encuentran cerradas, motivo por el cual el humo permanece en la habitación por un buen tiempo. Asimismo se pudo observar que en algunas viviendas, se ha adecuado una pequeña chimenea a sus cocinillas; si bien es cierto que, esto aminora en algo la contaminación, no la reduce significativamente, como se quisiera.

En los ambientes de cocina, se pudo observar que tanto las paredes como los techos se encuentran cubiertos por el hollín del humo originado por la leña que utilizan durante la cocción de sus alimentos.

B. Descripción de la Vía de Exposición

- *Transporte y destino:* El material particulado es dispersado por el aire a través de grandes áreas, sin embargo, al emitirse en un ambiente cerrado este, dependiendo de su tamaño puede quedar suspendido por días. Durante el tiempo que permanezca suspendido, puede variar su composición física y química
- *Punto de exposición:* Es el medio ambiente, al interior de la vivienda, el cual alberga las concentraciones de material particulado emitidas por la combustión incompleta de la leña
- *Vías de exposición:* El medio por el cual el material particulado entra al organismo es el de la inhalación

Figura Nº 6.1: Descripción de la exposición al PM10



C. Descripción de la Población

- *Población:* Las personas que mayormente emplean la leña y están expuestas a la emisión de contaminantes son las mujeres y los niños. Cuanto más tiempo pasan las mujeres y niños en estos ambientes altamente contaminados, más serias son las consecuencias para la salud. Las mujeres y los niños, que están en el interior de las viviendas y en los alrededores del fogón varias horas al día, tienen un mayor riesgo de exposición a la nociva contaminación del aire de interiores.

6.2. MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE INTRADOMICILIARIO

En el diseño y planificación del Monitoreo de la Calidad de Aire Intradomiciliario, si bien es cierto que es recomendable muestrear la mayor cantidad de puntos, también es importante tener en cuenta los objetivos que nos hemos propuesto alcanzar, las limitaciones de recursos, (económicos, humanos, tiempo), la disponibilidad de equipos, el contaminante a monitorear, a fin de lograr un equilibrio entre los costos del equipo, el personal, y la operación de ellos en el campo, para de esta manera lograr resultados representativos.

6.2.1 Herramientas y Funciones del Monitoreo

A. Objetivos del Monitoreo

El objetivo principal de nuestro monitoreo no es simplemente recopilar datos sino proporcionar la base científica necesaria y segura que sirva para el desarrollo del Análisis de Riesgo, de manera que se pueda cuantificar los riesgos de la población expuesta.

Entre otros objetivos que se desea lograr a través del monitoreo podemos mencionar:

- Determinar los niveles de concentración del PM-10 y evaluar su impacto en la salud.
- Informar y concientizar a las personas y autoridades sobre la importancia de la calidad del aire al interior de las viviendas.
- Proveer de información objetiva para el desarrollo e implementación de medidas correctivas.
- Identificar e informar sobre ésta fuente de contaminación.

B. Selección del Método de Monitoreo

Las capacidades de los equipos de monitoreo de aire y los recursos que inevitablemente implican, son factores decisivos para la elección del método de monitoreo. Los métodos de monitoreo se pueden dividir en cuatro tipos genéricos principales con diferentes costos y niveles de desempeño, así como ventajas y desventajas como se muestra en la tabla N° 6.1:

Tabla N° 6.1: Selección del Método de Monitoreo

MÉTODO	DESCRIPCIÓN	VENTAJA	DESVENTAJA
Muestreadores pasivos	<p>A través de la difusión molecular a un material absorbente para contaminantes específicos, se recoge una muestra integrada durante un determinado periodo (que generalmente varía entre una semana y un mes)</p> <p>Para aprovechar al máximo esta técnica, se debe contar con un diseño cuidadoso del estudio y vigilar los procedimientos de aseguramiento y control de la calidad seguidos en el laboratorio durante el análisis de la muestra.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Muy económicos. - Muy simples. - No dependen de cables de electricidad. - Se pueden colocar en números muy grandes. - Útiles para sondeos, mapeos y estudios de línea de base. 	<ul style="list-style-type: none"> - Por lo general, solo suministran promedios mensuales y semanales. - Requieren mano de obra intensiva para su funcionamiento - No existe un método de referencia para monitorear el cumplimiento. - Lento rendimiento de datos.
Muestreadores activos	<p>Las muestras de contaminantes se recolectan por medios físicos o químicos para su posterior análisis en el laboratorio. Por lo general, se bombea un volumen conocido de aire a través de un colector –como un filtro (muestreador activo manual) o una solución química (muestreador activo automático)- durante un determinado periodo y luego se retira para el análisis</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Económicos. - De fácil manejo. - Operación y rendimiento confiables. - Cuentan con base de datos históricos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suministran promedios diarios. - Requieren mano de obra intensiva para la recolección y análisis de muestras. - Requieren análisis de laboratorio.
Analizadores automáticos	<p>Pueden proporcionar mediciones de alta resolución (generalmente en promedios horarios o mejores) en un único punto para varios contaminantes</p> <p>La muestra se analiza en línea y en tiempo real, generalmente a través de métodos electro ópticos: absorción de UV o IR; la fluorescencia y la quimiluminiscencia son principios comunes de detección</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Han sido debidamente probados. - Alto rendimiento. - Datos horarios. - Información en línea 	<ul style="list-style-type: none"> - Sofisticados. - Costosos. - Demandan alta calificación. - Altos costos recurrentes
Sensores remotos	<p>Son instrumentos desarrollados recientemente que usan técnicas espectroscópicas de larga trayectoria para medir las concentraciones de varios contaminantes en tiempo real. Los datos se obtienen mediante la integración entre el detector y una fuente de luz a lo largo de una ruta determinada. Los sistemas de monitoreo de larga trayectoria pueden cumplir un papel importante en diferentes situaciones de monitoreo, principalmente cerca de las fuentes</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionan datos en función de la ruta y del rango de concentración. - Útiles cerca de las fuentes. - Mediciones de componentes múltiples. 	<ul style="list-style-type: none"> - Muy sofisticados y costosos. - Soporte, operación, calibración y validación difíciles. - No se pueden comparar fácilmente con mediciones puntuales. - Visibilidad atmosférica e interferencia.

En base a estas características presentadas, escogimos para nuestro estudio, un **muestreador activo**, por a las ventajas que presenta frente a los otros métodos, y a la oferta de equipos en el medio. El equipo proporcionado por LABHISI, resultó ser de fácil manejo, operación y transporte, lo cual facilitó bastante para la rápida evaluación del aire intradomiciliario en la zona elegida, que está algo alejada de la ciudad.

El equipo empleado en el monitoreo para el PM10, fue un Mini – Partisol, Model 2100 Air Sampler, cuyas características se pueden ver en el Anexo 03

6.2.2 Factores de Monitoreo

A. Determinación de la Muestra

La muestra es el número de elementos, elegidos o no al azar, tomados de una población total o universo y que son representativos de la población.

El tamaño de la muestra depende de los siguientes aspectos:

- Del error permitido.
- Del nivel de confianza con el que se desea el error.
- Del carácter finito o infinito de la población
- De los recursos disponibles para hacer la investigación.

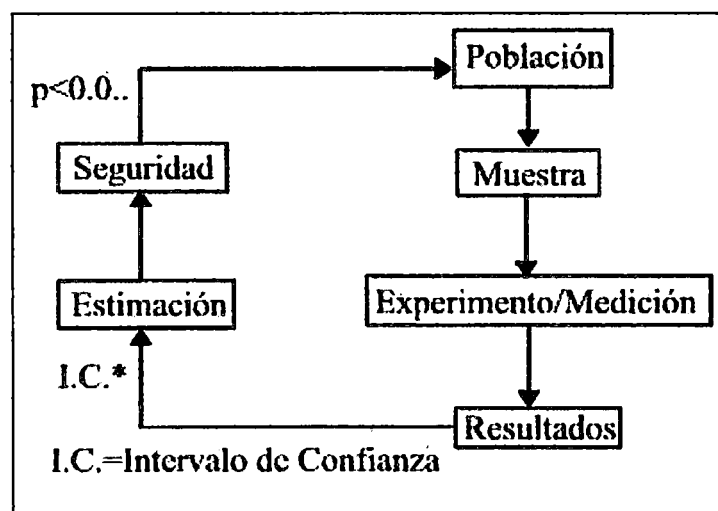
Para el presente estudio se ha escogido una muestra no aleatoria, es decir que dicha muestra se escoge según el juicio y conveniencia del objetivo a alcanzar.

El no realizar la determinación del tamaño muestral, puede llevarnos a dos situaciones diferentes: primera que realicemos el estudio sin el número adecuado de puntos de monitoreo, con lo cual no podremos ser precisos al estimar los parámetros y además no encontraremos diferencias significativas cuando en la realidad sí existen. La segunda situación es que podríamos

monitorear un número innecesario de puntos, lo cual lleva implícito no solo la pérdida de tiempo e incremento de recursos innecesarios sino que además la calidad del estudio, dado dicho incremento, puede verse afectada en sentido negativo

Para el presente estudio, consideraremos la *determinación de parámetros*, es decir haremos inferencias a valores poblacionales (proporciones, medias), a partir de una muestra, a diferencia del *contraste de hipótesis*, que compara si las medias o las proporciones de las muestras son diferentes.

Figura N° 6.2: Determinación del Tamaño Muestral



Fuente: Pita Fernández -Unidad de Epidemiología La Coruña

Si la población es finita, es decir conocemos el total de la población y deseamos saber cuántos del total tendremos que estudiar la respuesta sería:

$$n = \frac{(N \times Z^2 \times p \times q)}{(d^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q)}$$

Donde:

n = Numero de viviendas a muestrear	por determinar
N = Universo real de viviendas	20 viviendas
Z = Coeficiente seguridad según el nivel de confianza	1.96 para un 95%
p = Proporción esperada	1% = 0.01
q = factor de método (1 – p)	0.99
d = Precisión	5%

De los resultados de la encuesta, se ha determinado que, del total de viviendas, alrededor del 50% residen de forma permanente, y de este porcentaje se pudo realizar la encuesta a 20 viviendas.

Para este estudio, tomamos las 20 viviendas como nuestro universo real. Siendo así, entonces, en base a ese universo, calculamos el número de viviendas a monitorear para que sean representativos los resultados que se obtengan.

Del cálculo efectuado y aproximando a la unidad superior nuestro número de viviendas a muestrear será:

$$n = 10$$

B. Selección de los Puntos de Monitoreo

La elección de las viviendas en las cuales se realizaron los monitoreos, se definió en base a la visita in situ y las características recolectadas en las encuestas. Las viviendas fueron seleccionadas en base a los siguientes criterios:

- Que se utilizara leña como combustible principal para cocinar.
- Que las cocinas contaran con 4 paredes y techo. (o que cocinaran en ambientes internos)
- Que las personas vivan continuamente en el lugar.

- De preferencia que no tuvieran cocinas con combustibles modernos y si las tenían, que no las usaran.

Dado que nuestro estudio se realiza en ambientes internos, no es necesario tomar las mismas consideraciones de selección como las que se tienen para la realización de estudios en ambientes externos.

Asimismo, para la ubicación del equipo de monitoreo, de acuerdo a nuestros objetivos propuestos anteriormente, se tomó en consideración únicamente la ubicación de la fuente de emisión, en este caso la cocina, y en base a ello se instaló el equipo, teniendo en cuenta la seguridad, tanto de las personas que realizaban sus actividades diarias, como las del equipo.

Cabe resaltar que si bien el estudio se realizó en un espacio interno, se tomaron en consideración algunos parámetros meteorológicos como la temperatura y la altitud. La temperatura, si bien no es un factor que influya directamente en nuestro estudio, si actúa indirectamente, dado que a bajas temperaturas, las personas permanecen mayor tiempo en la cocina (aprovechándola como medio de calefacción); en cuanto a la altitud, ésta si influye de manera directa en nuestro análisis, dado que a mayor altitud, la presión parcial de oxígeno disminuye y, en compensación, la inhalación aumenta; en el caso de las partículas transmitidas por el aire, los mayores volúmenes de inhalación darán lugar a una mayor ingesta número de ellas.

C. Frecuencia y Período de Monitoreo

El término frecuencia de monitoreo indica el número de muestras que se tomarán o llevarán a cabo en un intervalo de tiempo, en un punto o en una área de muestreo, y generalmente depende de los objetivos planteados.

El periodo de muestreo es el tiempo de toma de muestra de una lectura individual y corresponde al periodo en que se lleva a cabo la determinación de concentraciones de los contaminantes.

Para el caso de ambientes intradomiciliarios, no existe una normativa que nos establezca la frecuencia y el período que debemos adoptar para nuestro monitoreo, razón por la cual se determinaron ciertas consideraciones en base a las limitaciones de materiales y la ayuda brindada por la población:

- En cuanto a la frecuencia de monitoreo, se determinó que se realice un análisis por cada vivienda escogida.
- En cuanto al período de muestreo, éste equivaldrá al lapso en el que se produce la mayor emisión de contaminantes, es decir, desde el momento en que se inicia el encendido de la leña hasta el término del uso de la cocina.

6.2.3 Monitoreo Intradomiciliario

En el presente capítulo se muestra la metodología realizada para caracterizar las concentraciones PM10 en los hogares que utilizan leña para cocinar. Se distinguen tres etapas en el proceso de muestreo:

- Acciones Pre – Muestreo.
- Acciones de Muestreo.
- Acciones Post – Muestreo.

A. Acciones Pre – Muestreo

Posteriormente, al levantamiento de la información, tanto del lugar escogido como de las características de las viviendas y costumbres de la población, se realizaron las actividades previas al muestreo, es decir las consideraciones que se tendrán en cuenta para la realización del monitoreo.

➤ **Equipo de Monitoreo**

Como ya se mencionó, el método seleccionado para el monitoreo es el Método Activo, y el equipo empleado es un muestreador de bajo volumen conocido comercialmente como un MiniVol (Mini – Partisol, Model 2100 Air Sampler). El procedimiento de este equipo es gravimétrico, es decir, que para la medición de material particulado se hace pasar un volumen de muestra de aire por una membrana filtrante previamente pesada, la cual retiene las partículas

Este equipo cuenta con un dispositivo separador de partículas o impactador, el cual está diseñado para la separación de partículas PM10 de aquellas con un diámetro mayor a 10 micras, de manera que llegue al filtro sólo las partículas del tamaño de interés. Además de la unidad de impactación, el equipo cuenta con un orificio crítico, el cual garantiza un flujo constante.

En el siguiente gráfico se explica diseño y funcionamiento del impactador, explicándose como se logra la separación de las partículas según su diámetro aerodinámico.

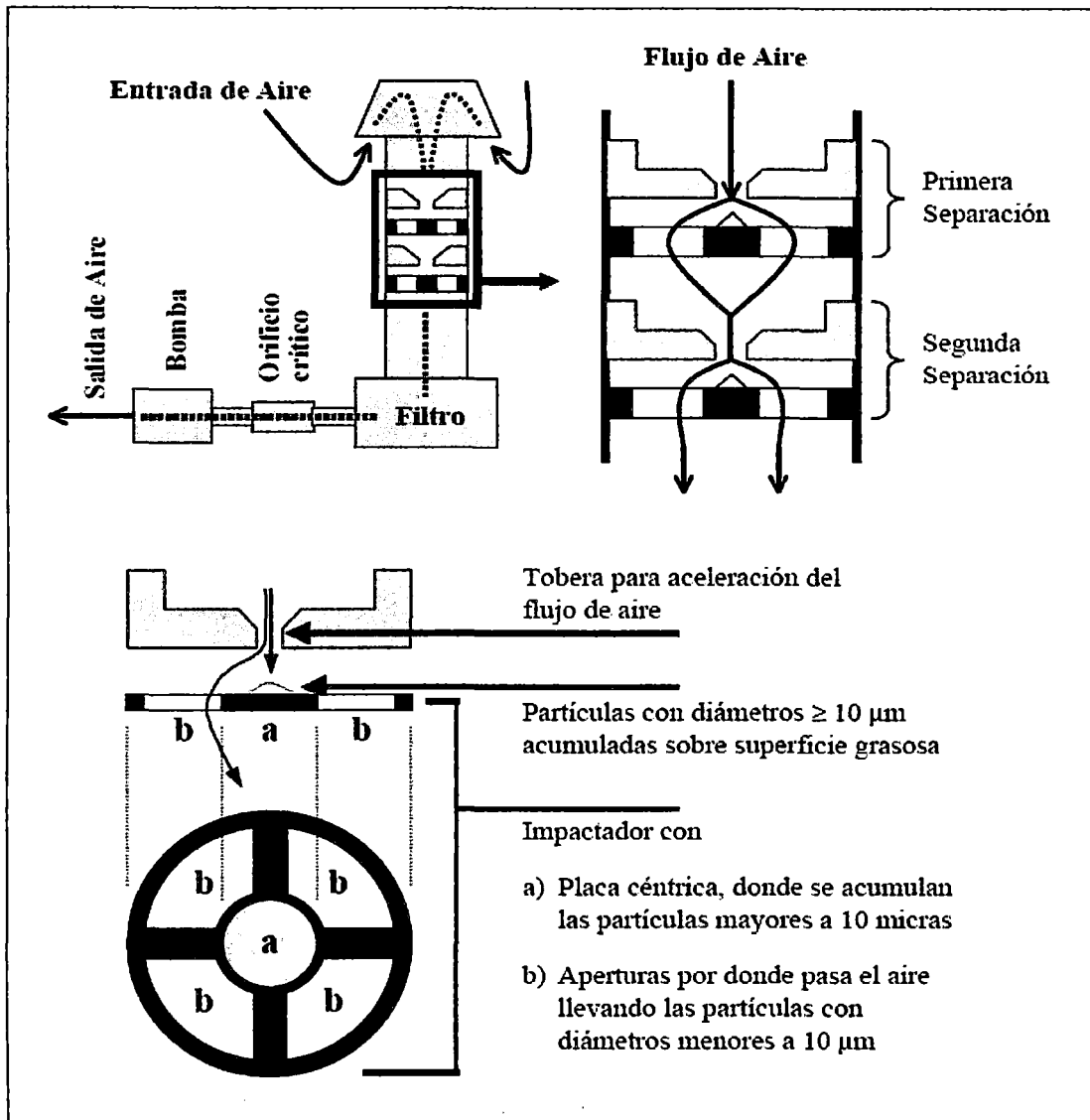


Figura N° 6.3: Esquema del funcionamiento del Equipo de Monitoreo

➤ **Filtros de Muestreo**

Para los monitoreos de PM10 se utilizaron filtros de fibra de vidrio los cuales fueron proporcionados por DIGESA. Las consideraciones que tuvieron en cuenta para el pesado inicial de los filtros, así como para su conservación

(condiciones de temperatura, humedad relativa, etc.) previo al monitoreo, están especificados por la EPA⁸

Posteriormente, se nos hizo entrega de los filtros correspondientemente codificados y en sus respectivas placas de petri, las cuales para su mayor cuidado, se depositaron en un sobre de papel (o sobre un portafolio) para su traslado al punto de monitoreo

Cabe resaltar, que se tuvo especial cuidado al momento de la manipulación, evitando tocar o manipular directamente los filtros, para que éstos no se contaminen o se rompan

➤ **Elaboración del Cronograma y Hojas de Campo**

Antes de iniciar las acciones de muestreo, se realizó el calendario de monitoreo, en base a la facilidad del equipo y especialmente, a la disposición del personal. Estos 2 factores fueron los que finalmente determinaron las fechas de monitoreo.

En cuanto al equipo de monitoreo, como se mencionó anteriormente, éste fue proporcionado por LABHISI, por lo cual se realizaron las coordinaciones para el préstamo. En cuanto al personal, debido a factores laborales y de tiempo, se decidió que el monitoreo se realizará los fines de semana, esto con la finalidad de pernoctar en el pueblo dada la dificultad de transportarse, más aún con el equipo.

Asimismo se informó a la población en general del estudio que se estaba realizando, mediante una asamblea llevada a cabo en el local comunal del

⁸ Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the Atmosphere

Centro Poblado, esto con la finalidad de que nos brinden las facilidades necesarias durante el monitoreo de las viviendas seleccionadas.

Cabe resaltar que, la EPA define seis escalas de representatividad espacial para ubicar los sistemas de monitoreo, la cual se selecciona en base a los objetivos de monitoreo propuestos, de manera que esta sea apropiada y representativa. De acuerdo a nuestros objetivos, y teniendo en consideración que el estudio se realiza en ambientes internos, el presente trabajo de investigación se enmarca dentro de la categoría de Microescala, definido principalmente para concentraciones con dimensiones de área de algunos metros hasta 100 metros.

En el cuadro siguiente se presenta el cronograma de monitoreo, donde se detallan las viviendas escogidas, número de filtro, fecha de muestreo y responsable del monitoreo en el lugar:

Tabla N° 6.2: Cronograma de Monitoreo

Fecha	1° Semana			2° Semana			3° Semana			4° Semana	
	08 Ago 08	09 Ago 08	10 Ago 08	15 Ago 08	16 Ago 08	17 Ago 08	22 Ago 08	23 Ago 08	24 Ago 08	29 Ago 08	30 Ago 08
N° de Filtro	245-08	251-08	256-08	257-08	258-08	259-08	260-08	261-08	262-08	263-08	265-08
Vivienda 1	X										
Vivienda 2		X									
Vivienda 3			X								
Vivienda 4				X							
Vivienda 5					X						
Vivienda 6						X					
Vivienda 7							X				
Vivienda 8								X			
Vivienda 9									X		
Vivienda 10										X	
Vivienda 11											X
Responsable	J.Z.E.	J.Z.E.	J.Z.E.	F.F.G.	F.F.G.	F.F.G.	J.Z.E.	J.Z.E.	J.Z.E.	F.F.G.	F.F.G.

Relación de Viviendas y Propietario:

- Vivienda 1: Sra. Gregoria Espinoza
- Vivienda 2: Sr. Julio Dávila
- Vivienda 3: Sr. Mauro Villegas
- Vivienda 4: Sr. Raúl Pereira
- Vivienda 5: Sr. Juan Gutiérrez
- Vivienda 6: Sra. Herminia Lorenzo
- Vivienda 7: Sra. Juana García
- Vivienda 8: Sra. Isabel Badillo
- Vivienda 9: Sra. Guillermina Jacinto
- Vivienda 10: Sr. Héctor Japa
- Vivienda 11: Sra. Victoria Villegas

Igualmente, se elaboró la Hoja de Inspección para el Monitoreo (conocida como cadena de custodia), la cual es de gran importancia para el monitoreo puesto que nos asegura el seguimiento de las muestras con sus respectivos datos de campo. En esta hoja se detallan el caudal de muestreo, el tiempo de inicio y final, la estación de monitoreo con su respectivo filtro, y algunas otras consideraciones de importancia. Esta hoja es llenada por cada punto de monitoreo (Ver Tabla N° 6.3).

En resumen, el equipo básico y necesario a ser utilizado durante el monitoreo, es el siguiente:

- Equipo de Monitoreo.
- 12 Filtros de fibra de vidrio de 47mm de diámetro, pesados y codificados en cajas petri individuales (1 blanco)
- Cables y extensiones.
- Pinza metálica para manipulación de filtros.
- Elementos de empaque de muestras (rótulos, cinta adhesiva).
- Herramientas de mano.
- Cuaderno y hojas de campo.

B. Acciones de Muestreo

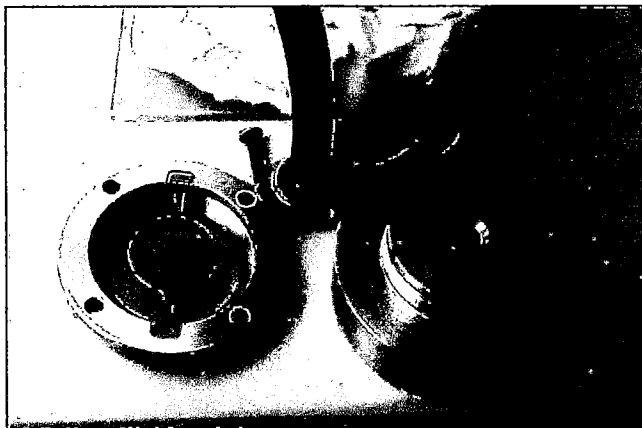
Las acciones de muestreo están conformadas por la toma de muestras del PM10, en las cuales se incluyen también las anotaciones y observaciones realizadas en el cuaderno y hojas de campo. Las acciones de monitoreo se llevaron a cabo de acuerdo a las consideraciones tomadas anteriormente.

Para la determinación del PM10, el lapso de monitoreo propuesto es el período en el cual se produce la mayor cantidad de emisiones de contaminantes, es decir durante el empleo de la leña (aproximadamente entre 6 a 8 horas). Asimismo, el flujo de muestreo es de 5 l/min., recomendado para muestreadores de bajo volumen (ver Anexo N° 03).

Los pasos seguidos durante la acción de monitoreo son los que a continuación se detallan:

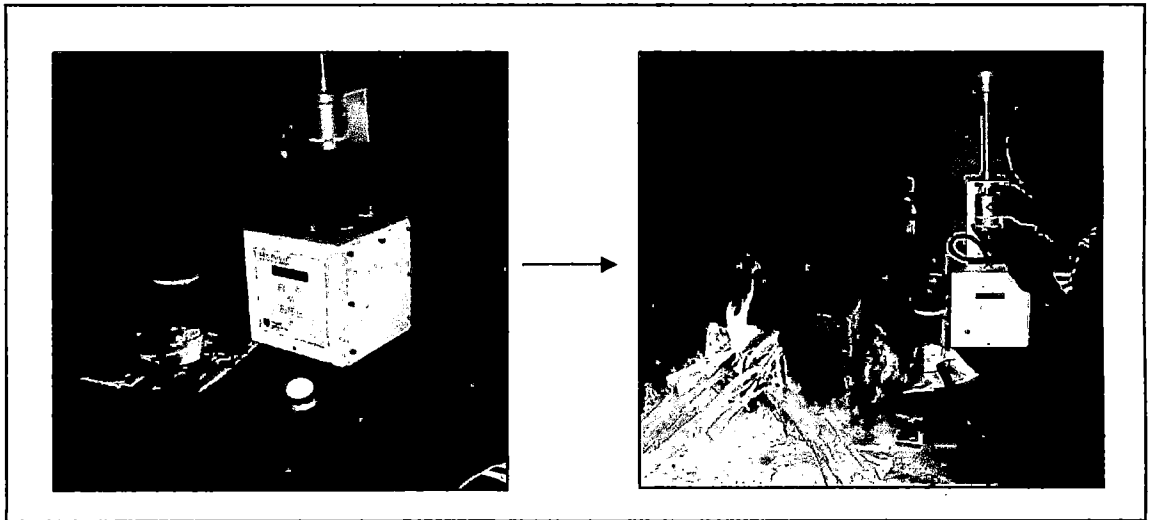
- Se realiza la limpieza de la unidad de impactación, la cual se realiza con aceite mineral liviano (silica), luego se utiliza toallas de papel fino para limpiar el exceso del aceite mineral

Figura N° 6.4: Limpieza del Impactador



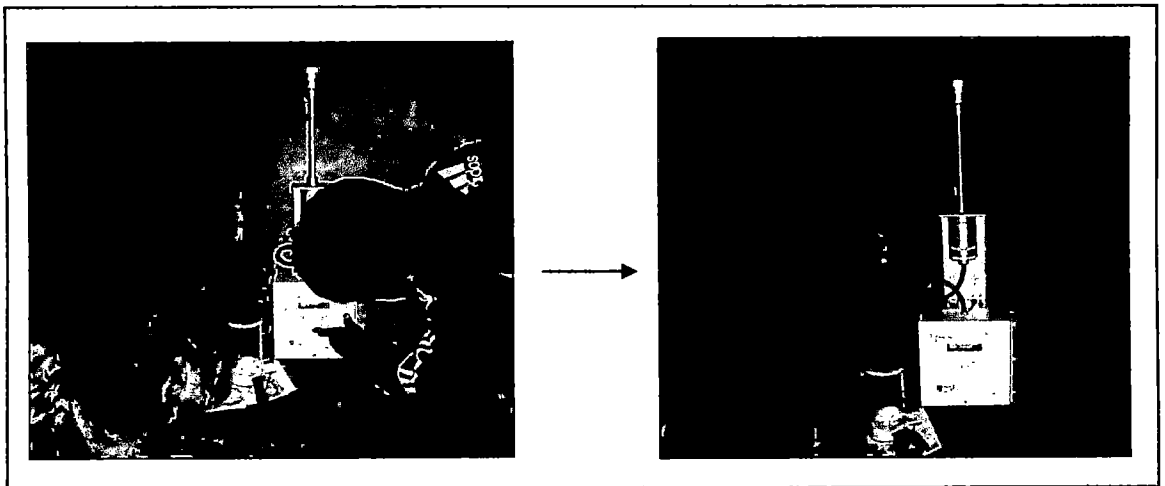
- Se coloca el filtro en la unidad de impactación, siguiendo la dirección del "macho" en la parte superior.

Figura N° 6.5: Ubicación del Filtro



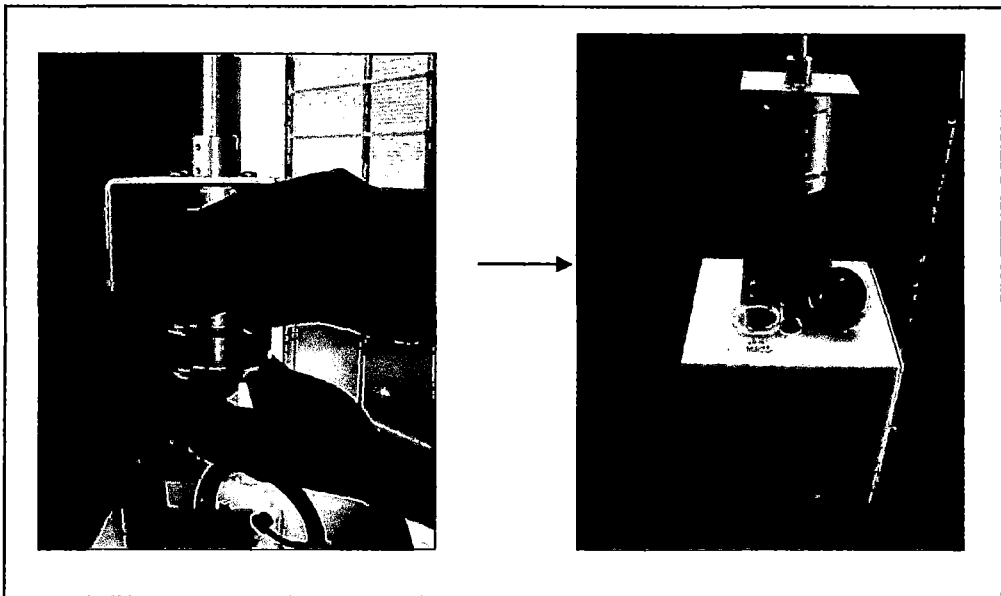
- Se acciona el equipo, el cual debe estar colocado en una superficie plana y estable, configurándose el volumen y tiempo de monitoreo.

Figura N° 6.6: Funcionamiento del Equipo de Monitoreo



- Luego de culminado el lapso de monitoreo, se retira el filtro expuesto, y se coloca dentro de su respectiva caja petri. Para dicha tarea se deberá escoger un lugar apropiado; sin polvo y separado del viento (una oficina, laboratorio u hospedaje)

Figura N° 6.7: Retiro del filtro



- Los filtros expuestos son llevados al Laboratorio de DIGESA, para su posterior conservación y análisis.
- Todos los procedimientos y sucesos ocurridos durante el monitoreo, son anotados tanto en la Hoja de Inspección como en el cuaderno de campo. Cabe mencionar que durante el monitoreo se realizó la visita constante del equipo en caso hubiese algún inconveniente en el muestreo.

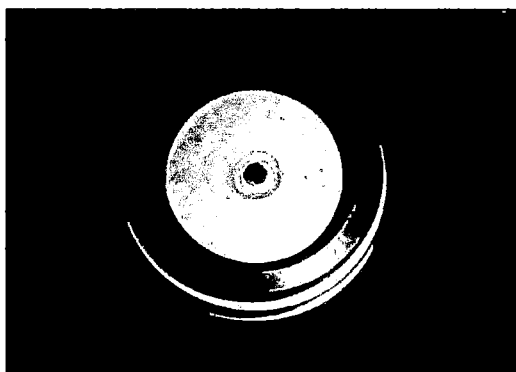
Cabe resaltar que durante el monitoreo se presentaron algunos inconvenientes que interrumpieron anticipadamente la toma de muestras, tal como se aprecia en la Hoja de Inspección.

Tabla N° 6.3: Hoja de Control de Monitoreo

HOJA DE INSPECCIÓN PARA EL MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE									
LUGAR / A.A.H.H. / URBANIZACIÓN: CENTRO POBLADO SAN JOSÉ / BUENAVENTURA / CANTA									
DATOS DEL MUESTREO									
FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO		ESTACIÓN DE MUESTREO	PARÁMETRO		OPERADOR	CAUDAL DE MUESTREO (L/min)	TIEMPO TOTAL DE MUESTREO (min)	OBSERVACIONES
	INICIO	FINAL		PM - 10					
				N° FILTRO	CÓDIGO DE LABOR.				
08-Ago-08	07:30	16:30	Vivienda 1	245-08	7376	J.Z.E.	5	540	-
09-Ago-08	06:30	17:00	Vivienda 2	251-08	7377	J.Z.E.	5	630	-
10-Ago-08	06:40	15:30	Vivienda 3	256-08	7378	J.Z.E.	5	530	-
15-Ago-08	06:35	18:10	Vivienda 4	257-08	7379	F.F.G.	5	695	-
16-Ago-08	06:41	18:15	Vivienda 5	258-08	7380	F.F.G.	5	694	-
17-Ago-08	06:40	14:30	Vivienda 6	259-08	7381	F.F.G.	5	470	-
22-Ago-08	06:45	15:20	Vivienda 7	260-08	7382	J.Z.E.	5	515	-
23-Ago-08	06:40	12:30	Vivienda 8	261-08	7383	J.Z.E.	5	350	Se produjo el corte del fluido eléctrico, por lo que se suspendió el monitoreo
24-Ago-08	06:30	10:15	Vivienda 9	262-08	7384	J.Z.E.	5	225	Se interrumpió el monitoreo, por los moradores de la vivienda
29-Ago-08	06:40	18:30	Vivienda 10	263-08	7385	F.F.G.	5	710	-
30-Ago-08	06:20	18:20	Vivienda 11	265-08	7386	F.F.G.	5	720	-
CONDICIONES ATMOSFÉRICAS									
ALTITUD (msnm)			PRESION AMBIENTE (mm Hg)				TEMPERATURA AMBIENTE (°C)		
2400			566.42				18		

Es de resaltarse que, a pesar de las consideraciones y cuidado que se tuvo durante los monitoreos, se invalidaron 2 muestras debido a los daños que presentaban los filtros, probablemente por un manejo inadecuado del equipo.

Figura N° 6.8: Muestra de Filtro dañado



Por otro lado, en los cuadernos de campo se recopiló información general de cada una de las viviendas monitoreadas, tales como: características, dimensiones, materiales de la cocina, entre otras cosas de importancia.

Tabla N° 6.4: Características de las Viviendas Monitoreadas

Punto de monitoreo	Cocina		Ventilación		Dimensiones		Material			Personas	
	Combustible	Usos	Ventana	Chimenea	Área de Cocina	Altura	Paredes	Techo	Piso	Adultos	Niños
Vivienda 1	Leña	Cocina y comedor	1 (cerrada)	En mal estado	6.00 x 5.00 m	2.20 m	Adobe	Calamina	Natural	2	2
Vivienda 2	Leña	Cocina	No tiene	En regular estado	8.00 x 5.00 m	2.40 m	Adobe	Calamina	Natural	3	0
Vivienda 3	Leña	Cocina y comedor	1 (cerrada)	No tiene	3.00 x 5.00 m	2.20 m	Adobe	Calamina	Natural	3	1
Vivienda 4	Leña		No tiene	En mal estado	3.00 x 5.00 m	2.20 m	Adobe	Calamina	Natural (arena)	2	3
Vivienda 5	Leña		No tiene	En mal estado	6.00 x 4.00 m	2.40 m	Adobe	Calamina	Natural	2	0
Vivienda 6	Leña		1	No tiene	3.00 x 4.00 m	2.40 m	Adobe	Calamina	Natural	4	0
Vivienda 7	Leña	Cocina y comedor	No tiene	No tiene	8.00 x 6.00 m	2.40 m	Adobe	Calamina	Natural	2	2
Vivienda 8	Leña	Cocina y comedor	No tiene	No tiene	6.00 x 5.00 m	2.20 m	Adobe	Calamina	Natural	2	2
Vivienda 9	Leña	Cocina y comedor	1 (cerrada)	No tiene	3.00 x 5.00 m	2.20 m	Adobe	Calamina	Natural	3	0
Vivienda 10	Leña		2		5.00 x 8.00 m	2.40 m	Noble	Calamina	Cemento	2	3
Vivienda 11	Leña		No tiene	No tiene	5.00 x 6.00 m	2.20 m	Adobe	Calamina	Natural	1	0

Como se aprecia, la mayoría de viviendas emplea el ambiente de cocina no sólo para preparar sus alimentos, sino también como comedor, y éstos ambientes no cuentan con la ventilación adecuada, y si las poseen no se encuentran debidamente acondicionadas, lo que impide la evacuación de los gases y partículas emitidas por la leña.

C. Acciones Post - Muestreo

Una vez finalizado el muestreo, los filtros con la muestra obtenida son colocados, con sumo cuidado, dentro de sus respectivas cajas o placas de Petri; a su vez se realiza la limpieza del equipo de monitoreo, el cual luego del período de muestreo presenta residuos de combustión, tanto al interior como al exterior del mismo.

Además, para asegurar la calidad en campo y evitar en lo posible la contaminación de los filtros se guardaron en sobres (bolsas ziploc) antes y después de su uso en campo; asimismo se utilizó uno de los filtros como blanco de campo, durante todas las fechas de monitoreo.

Si bien es cierto que es recomendable que la entrega de los filtros al laboratorio se haga el mismo día que la muestra fue recolectada, dada las dificultades de distancia y problemas de transporte, las muestras fueron resguardadas en el lugar adecuado, con el fin de protegerlas de posible contaminación, rotura o pérdida.

Los filtros apropiadamente rotulados y conservados, son enviados nuevamente al Laboratorio de DIGESA, con su respectiva hoja de inspección, para ser acondicionados y pesados, y determinar la concentración de PM10 a partir de la diferencia de peso y del caudal de muestreo.

Hay que resaltar que durante el traslado de la muestra al laboratorio se evitó el manipuleo brusco de las mismas con el fin de conservar todas las partículas retenidas en los filtros y evitar la destrucción accidental y/o acción física y química.

6.3. CUANTIFICACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Se determinará la magnitud de la exposición del Material Particulado (PM10) para cada uno de los puntos de monitoreo, para lo cual se empleó como método de análisis la *NTP 900.030:2003 Gestión Ambiental. Calidad de aire. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM10 en la atmósfera.*

- **Tiempo Total**

Inicialmente se determina el tiempo total de muestreo en minutos, para lo cual realizamos la diferencia del tiempo final con el tiempo total.

$$\text{Tiempo de Muestreo (min)} = \text{Hora Final} - \text{Hora Inicio}$$

Tabla N° 6.5: Determinación del Tiempo de Monitoreo

ESTACIÓN DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO		TIEMPO TOTAL DE MUESTREO	
	INICIO	FINAL	TOTAL	EN MIN.
Vivienda 1	07:30	16:30	09:00	540
Vivienda 2	06:30	17:00	10:30	630
Vivienda 3	06:40	15:30	08:50	530
Vivienda 4	06:35	18:10	11:35	695
Vivienda 5	06:41	18:15	11:34	694
Vivienda 6	06:40	14:30	07:50	470
Vivienda 7	06:45	15:20	08:35	515
Vivienda 8	06:40	12:30	05:50	350

Vivienda 9	06:30	10:15	03:45	225
Vivienda 10	06:40	18:30	11:50	710
Vivienda 11	06:20	18:20	12:00	720

• **Cálculo del Factor de Corrección**

El Factor de Corrección se determina en base a las condiciones atmosféricas obtenidas en campo, y las condiciones de referencia

$$FC = \left(\frac{P_{av}}{T_{av}} \right) \times \left(\frac{T_{std}}{P_{std}} \right)$$

Donde:

- P_{av} : Presión barométrica promedio durante el muestreo o presión barométrica promedio para el lugar de muestreo, (kPa o mmHg)
- T_{av} : Temperatura ambiente promedio durante el período de muestreo o temperatura ambiente estacional promedio para el lugar de muestreo, (°K)
- T_{std} : Temperatura estándar, definida como 298°K
- P_{std} : Presión estándar, definida como 760 mmHg ó 101.3 kPa

Para la Zona de Estudio, se obtuvieron las siguientes condiciones atmosféricas:

Tabla N° 6.6: Condiciones Atmosféricas del Centro Poblado San José

Zona: San José de Canta		
T_{av}	18°C	291°K
P_{av}	566.42 mmHg	75.52 kPa

Reemplazando en la fórmula tenemos:

$$F_c = \left(\frac{566.42 \text{ mmHg}}{291^\circ \text{ K}} \right) \times \left(\frac{298^\circ \text{ K}}{760 \text{ mmHg}} \right) = 0.763$$

Este Factor de Corrección se aplica para todos los puntos monitoreados.

- **Cálculo del Volumen de Muestreo**

Determinamos el Volumen Total de Aire muestreado en m^3 , para lo cual empleamos la siguiente fórmula

$$\text{Volumen Total (m}^3\text{)} = \frac{\text{Tiempo Total (min)} \times \text{Flujo (l/min)}}{1000}$$

El Flujo o Caudal de Muestreo, es continuo para los diferentes puntos monitoreados, su valor es 5 l/min. Asimismo, se calcula el Volumen Corregido en base a condiciones de referencia (25°C, 101.3 kPa)

$$\text{Volumen Corregido (m}^3\text{)} = \text{Vol. Total} \times F_c$$

Para los puntos monitoreados tenemos:

Tabla N° 6.7: Cálculo de Volumen de Monitoreo

ESTACIÓN DE MUESTREO	TIEMPO TOTAL (min.)	FLUJO (l/min.)	VOLUMEN TOTAL (m^3)	Fc.	VOLUMEN C. (m^3)
Vivienda 1	540	5	2.70	0.763	2.06
Vivienda 2	630	5	3.15	0.763	2.40
Vivienda 3	530	5	2.65	0.763	2.02
Vivienda 4	695	5	3.48	0.763	2.65
Vivienda 5	694	5	3.47	0.763	2.65
Vivienda 6	470	5	2.35	0.763	1.79

Vivienda 7	515	5	2.58	0.763	1.96
Vivienda 8	350	5	1.75	0.763	1.34
Vivienda 9	225	5	1.13	0.763	0.86
Vivienda 10	710	5	3.55	0.763	2.71
Vivienda 11	720	5	3.60	0.763	2.75

- **Determinación del Peso del Filtro**

Luego de ser pesados los filtros, se realiza la diferencia másica de los mismos, en base a la diferencia del peso inicial (antes del monitoreo) y el peso final (después del monitoreo), tal resultado es el peso de PM10 retenido en el filtro durante el período de monitoreo.

$$W_{PM10} (\mu g) = W_{FINAL} - W_{INICIAL}$$

Los resultados proporcionados por el Laboratorio de DIGESA, son los siguientes:

Tabla N° 6.8: Pesos de los Filtros

ESTACIÓN DE MUESTREO	$W_{PM10} (\mu g)$
Vivienda 1	M.A.
Vivienda 2	M.A.
Vivienda 3	830
Vivienda 4	2540
Vivienda 5	1150
Vivienda 6	2370
Vivienda 7	930
Vivienda 8	390
Vivienda 9	220
Vivienda 10	510
Vivienda 11	17390
BLANCO	<65

- **Determinación de la concentración de PM10**

Finalmente, en base al Peso y al Volumen Corregido, encontramos la Concentración de PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$PM10 (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{W_{PM10} (\mu\text{g})}{Vol.C. (\text{m}^3)}$$

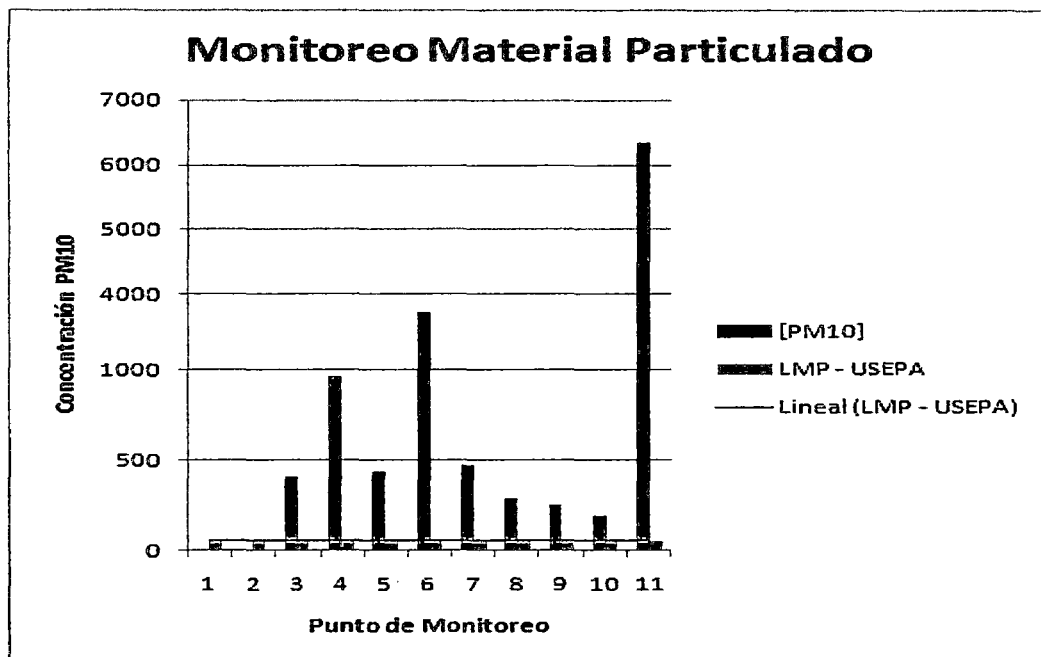
Para los puntos de muestreo, tenemos:

Tabla N° 6.9: Determinación de la Concentración de PM10

ESTACIÓN DE MUESTREO	VOL. C. (m^3)	W_{PM10} (μg)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Vivienda 1	2.06	-	-
Vivienda 2	2.40	-	-
Vivienda 3	2.02	830	410.49
Vivienda 4	2.65	2540	957.98
Vivienda 5	2.65	1150	434.35
Vivienda 6	1.79	2370	1321.77
Vivienda 7	1.96	930	473.35
Vivienda 8	1.34	390	292.08
Vivienda 9	0.86	220	256.30
Vivienda 10	2.71	510	188.29
Vivienda 11	2.75	17390	6331.00

De los datos obtenidos se puede apreciar que las Concentraciones de PM10 sobrepasan considerablemente los valores establecidos en los Estándares nacionales de Calidad del Aire estándares tal como se detalla a continuación:

Figura N° 6.9: Concentración del PM10



6.4. CONCENTRACIÓN DIARIA DE EXPOSICIÓN

De la misma manera que se determinó el valor de la Concentración de Referencia, se ha determinado los valores de la Concentración Diaria de Exposición, a la que están expuestas cada una de las viviendas monitoreadas.

Cabe resaltar que a diferencia de nuestra situación "ideal" en la que se consideró un promedio de 4 horas de exposición diaria, para los casos de los puntos de estudio se está considerando un promedio de exposición de 6 horas por las propias características del funcionamiento de las "cocinas", por lo cual nuestro factor de corrección de exposición es:

$$FE = \frac{6}{24}$$

Entonces, tenemos:

Tabla N° 6.10: Concentración Diaria de Exposición

ESTACIÓN DE MUESTREO	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tasa de Inhal. ($\text{m}^3/\text{día}$)	Frecuencia de Expos. ($\text{día}/\text{año}$)	Peso Corporal (kg)	Factor de Exposición (FE)	Concentración diaria de expos. ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$)
Vivienda 1	-	-	-	-	0.25	-
Vivienda 2	-	-	-	-	0.25	-
Vivienda 3	410.49	15	350	50	0.25	29.52
Vivienda 4	957.98	15	350	50	0.25	68.90
Vivienda 5	434.35	15	350	50	0.25	31.24
Vivienda 6	1321.77	15	350	50	0.25	95.06
Vivienda 7	473.35	15	350	50	0.25	34.04
Vivienda 8	292.08	15	350	50	0.25	21.01
Vivienda 9	256.30	15	350	50	0.25	18.43
Vivienda 10	188.29	15	350	50	0.25	13.54
Vivienda 11	6331.00	15	350	50	0.25	455.31

CAPÍTULO VII

7.0. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

En esta última fase se van a integrar los resultados de las dos etapas anteriores, es decir, la información toxicológica del contaminante presente y la valorización estimada de la dosis de exposición de cada uno, con el objetivo de determinar de manera cuantitativa el riesgo que supone la situación evaluada.

Se determinará la probabilidad de que se produzca un efecto adverso en la salud dadas las condiciones de contaminación descritas, para lo cual emplearemos el Índice de Riesgo que viene a ser la comparación entre la Concentración Diaria de Exposición y la Concentración de Referencia, para la ruta y el período de exposición correspondiente; dicho valor representa:

$$IR = \frac{C_{diaria}}{C_{ref}}$$

Donde:

- IR : Índice de Riesgo
- C_{diaria} : Concentración diaria de exposición ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$)
- C_{ref} : Concentración de Referencia ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$)

Cuando el valor del Índice de Riesgo es uno (1) o menor que la unidad (<1) indica seguridad, ya que la concentración a nivel ambiental se encuentra por debajo o en límite considerado como seguro.

Si el cociente sobrepasa el valor de la unidad, significa que la exposición ambiental para la población local se encuentra o se está incrementando a niveles peligrosos que aumentan la posibilidad de que se produzcan efectos adversos a la población

En la siguiente tabla se resumen los valores del Índice de Riesgo

Tabla N° 7.1: Valores del Índice de Riesgo

IR	SITUACION	RIESGO
IR < 1	La concentración se encuentra por debajo del límite considerado como seguro	NO
IR = 1	La concentración se encuentre en el límite considerado como seguro	NO
IR > 1	La concentración ha superado el límite considerado como seguro	SI

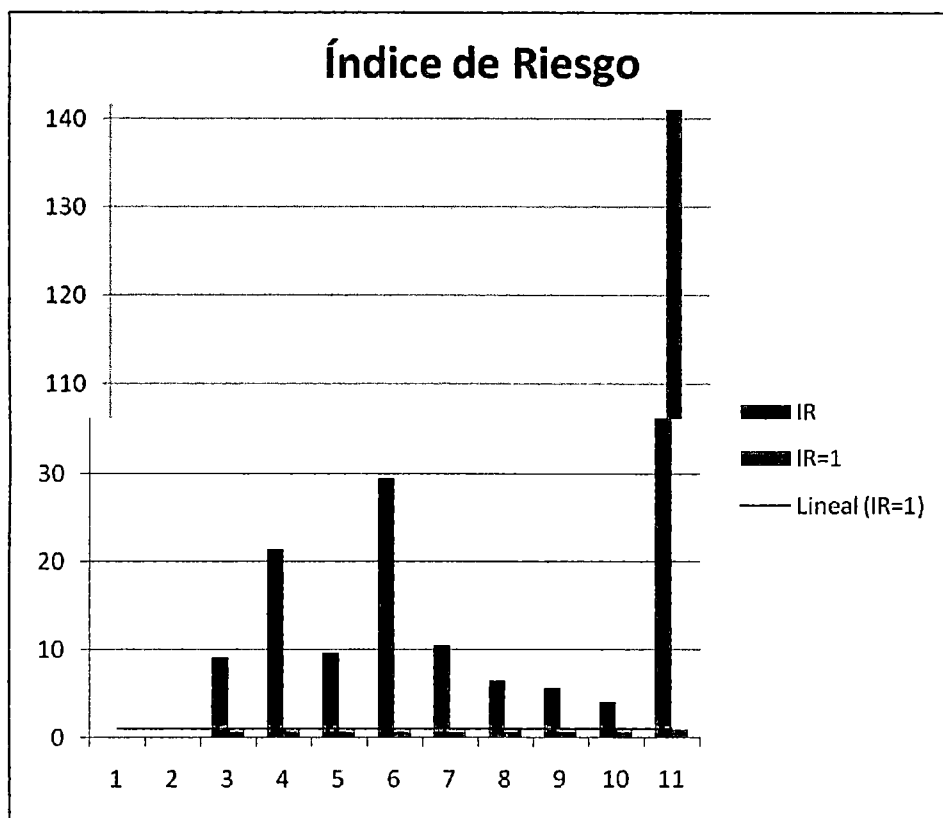
De la ecuación mostrada líneas arriba, se determinó el Índice de Riesgo para cada uno de los puntos de muestreo realizados, valores que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 7.2: Determinación del Índice de Riesgo

ESTACIÓN DE MUESTREO	[C _{Diaría}]	[C _{Ref}]	IR
Vivienda 1	-	3.22	-
Vivienda 2	-		-
Vivienda 3	29.52		9.17
Vivienda 4	68.90		21.40
Vivienda 5	31.24		9.70
Vivienda 6	95.06		29.52
Vivienda 7	34.04		10.57
Vivienda 8	21.01		6.52
Vivienda 9	18.43		5.72
Vivienda 10	13.54		4.21
Vivienda 11	455.31		141.40

De los resultados obtenidos se puede observar que existe un alto riesgo para una persona adulta, se puede observar incluso en el último caso que el Índice de Riesgo excede altamente la unidad, por la que vendría a ser el caso más crítico de nuestro presente estudio.

Figura N° 7.1: Índice de Riesgo de los Puntos de Monitoreo



Con los valores del Índice de Riesgo obtenidos, determinaremos la máxima cantidad de días a la que los pobladores de cada una de las viviendas monitoreas deberían estar expuestas, bajo las mismas condiciones, de tal manera que no sobrepasen el límite significativo (IR=1).

Entonces, para obtener un IR =1, deberíamos tener una Concentración Diaria de Exposición igual a la Concentración de Referencia. Así tenemos que, la

Concentración de PM10 obtenida del monitoreo, es la que generalmente se repite a lo largo de los días del año, además que la tasa de inhalación y el peso son los mismos.

Para tal caso, determinaremos el número de días máximos a lo que se debería estar expuesto a fin de no sobrepasar el límite considerado como seguro

$$[C_{Rf}] = \frac{C \times I \times EF \times ED}{W \times Tp} \times FE$$

Reemplazando los valores mencionados:

$$3.22 = \frac{C \times 15 \times Dias \times ED}{50 \times 365 \times ED} \times \frac{6}{24}$$

$$3.22 = \frac{C \times 15 \times Dias}{50 \times 365} \times 0.25$$

Para cada concentración de PM10, tenemos:

Tabla N° 7.3: Frecuencia de Exposición Máxima

ESTACIÓN DE MUESTREO	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frecuencia Exposición Máxima
Vivienda 1	-	-
Vivienda 2	-	-
Vivienda 3	410.49	38
Vivienda 4	957.98	16
Vivienda 5	434.35	36
Vivienda 6	1321.77	12
Vivienda 7	473.35	33
Vivienda 8	292.08	54

Vivienda 9	256.30	61
Vivienda 10	188.29	83
Vivienda 11	6331.00	2

Dichos valores representan la máxima cantidad de días al que deberían estar expuestas las personas de la respectiva vivienda (bajo las condiciones actuales en las que viven), para que en teoría no afecte a su salud.

CAPÍTULO VIII

8.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

- De la información recolectada antes y durante el monitoreo, se identificó que la población más susceptible, debido a la frecuencia casi diaria de exposición a la contaminación generada por la leña, la representan en primer lugar las mujeres y luego los niños, quienes generalmente presentan diversas molestias físicas a la salud, tales como irritación de ojos y garganta, tos y estornudos, los cuales son perceptibles desde el inicio de la cocción de sus alimentos, hasta el término de dicha actividad.
- Las altas concentraciones de material particulado (PM10) obtenidas en cada uno de los puntos de monitoreo $<188.29 - 6331.00 \mu\text{g}/\text{m}^3>$, sobrepasan en gran medida los estándares de calidad de aire recomendadas por los organismos mundiales, y corroboran que el empleo de la leña como combustible representa la más importante fuente de contaminación del aire para los pobladores del Centro Poblado San José de Canta.
- Se verificó además, que la concentración de material particulado (PM10) para un ambiente óptimo de cocina ($67.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$), constituida por el empleo de combustibles modernos y una adecuada ventilación, es bastante menor a la determinada bajo las condiciones habituales del lugar de estudio, lo cual representa una disminución considerable de la principal fuente de contaminación del lugar, y se comprueba con la ausencia de molestias y afecciones a la salud de la población expuesta.
- Se determinó la Concentración de Referencia para nuestra zona de estudio ($3.22 \mu\text{g}/\text{kg} \times \text{día}$) bajo unas condiciones óptimas del ambiente y hábitos de

cocina, dado que por la complejidad del material particulado (PM10) no se tiene establecido un valor umbral que represente el nivel de concentración tolerable antes que se produzca algún efecto adverso a la salud. En ese sentido, si bien es cierto no podemos asegurar que nuestra C_{Ref} sea un valor umbral para el PM10, sí representa el grado de concentración al que deberían estar expuestos los pobladores del Centro Poblado San José de Canta si tuvieran acceso a combustibles modernos y un ambiente de cocina adecuado.

- Se obtuvieron los Índices de Riesgo, para cada uno de los puntos de monitoreo <4.21 – 141.40>, todos los cuales sobrepasan la unidad, lo cual evidentemente deja claro que es fundamental considerar el riesgo a la salud por el material particulado (PM10) asociado al empleo de la leña como combustible. Estos datos indudablemente nos alertan, sobre la probabilidad de que aquellas personas expuestas pueden sufrir no sólo de molestias y afecciones a la salud, sino también de enfermedades crónicas, pudiendo llegar incluso hasta la muerte.
- Asimismo, se cuantificó la frecuencia máxima de exposición, al que deberían permanecer las personas en cada una de las viviendas monitoreadas, en comparación con el ambiente óptimo de cocina para nuestro lugar de estudio; siendo el punto más crítico el de la Vivienda 11, en la cual sólo se podría permanecer 2 días por año, y en el mejor de los casos de 83 días por año para la Vivienda 10, a fin de no sobrepasar los niveles de concentración de un ambiente adecuado.
- Estos datos no hacen más que justificar la elaboración de nuestro estudio, que es la de determinar los riesgos a la salud de aquellas personas que emplean combustibles sólidos, y asimismo brindar información propia a las personas involucradas a fin de asumir medidas más concretas para disminuir, y en el mejor de los casos, eliminar la principal fuente de contaminación al que están expuestas más de un tercio de nuestra población.
- Es de resaltar que, en todas las etapas del análisis de riesgo existen factores de incertidumbre que son reconocidas como inherentes al proceso y a pesar de la

controversia que pueden causar estas evaluaciones de riesgo, constituyen un instrumento de gran utilidad para apoyar la toma de decisiones sobre bases científicas, y con la utilización de la mejor información posible

No obstante, muchos estudios a nivel mundial reconocen una asociación muy fuerte entre los riesgos a la salud y el empleo de combustibles sólidos, y a pesar de las diferencias sustanciales que puedan existir entre las condiciones en donde se han realizado estos trabajos (clima, población, costumbres) y nuestro estudio, tampoco tenemos elementos para concluir que la población del Centro Poblado San José de Canta pueda soportar niveles de contaminación como los señalados en el estudio, sin manifestar afectación en su salud o en el reforzamiento de las causas que producen la muerte.

Aquí también es válido invocar al llamado *principio de precaución*, que es una pieza fundamental en las políticas ambientales, y que perfectamente pueden servir como sustento para tomar decisiones oportunas y eficientes para nuestra población más olvidada.

8.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda desarrollar posteriores estudios de investigación, que determinen no sólo los riesgos a la salud de la población expuesta al material particulado (PM10), emitidos por la combustión incompleta de la leña, sino también que consideren y evalúen los riesgos ocasionados por otros contaminantes que se producen durante dicha actividad doméstica, como por ejemplo el Monóxido de Carbono (CO).
- Es recomendable que dichas investigaciones se complementen con estudios epidemiológicos, que nos permitan, no sólo conocer el estado de salud de la población expuesta, sino también comprobar los daños que produce la exposición a los contaminantes, generados por el empleo intradomiciliario de combustibles sólidos, en el aparato respiratorio.

- Asimismo, a fin de hacerse una mejor idea de la situación del problema ocasionado por el empleo intradomiciliario de la leña, sería recomendable ampliar el estudio e investigar en diferentes poblados de diferentes regiones de nuestro país, a fin de poder contar con una mayor fuente de información, que permitan determinar los niveles máximos de exposición al que deberían estar expuestos la gran cantidad de personas que aún emplean combustibles sólidos.
- Es recomendable que, las autoridades ambientales incluyan un Análisis de Riesgo a la Salud como parte del proceso de fijación de normas y alternativas de solución a tal problema, que puedan valorar las consecuencias que, en términos de probables riesgos a la salud y pérdidas de vidas humanas, se desprenden de sus decisiones.
- Se deben incentivar, promover y reforzar, la implementación de alternativas de solución al problema generado por el empleo intradomiciliario de la leña como combustible, que consideren las siguientes líneas de acción, en virtud de la experiencia y resultados en el presente estudio:
 - Cambio de hábitos de cocina y costumbres arraigadas de la población, que permitan mejorar el ambiente de cocina, y el pensamiento tradicional que se tiene respecto al tema.
 - Informar y difundir a la población involucrada, sobre los riesgos a la salud al que están expuestos, a fin de crear conciencia sobre el problema, y buscar la participación en las alternativas de solución propuestas.
 - Implementar el uso de cocinas mejoradas, que no sólo generen las reducciones de los contaminantes, sino también que desarrollen habilidades y cree empleos en las comunidades beneficiarias.
- En ese sentido, se espera que las autoridades ambientales y sanitarias, apliquen estrategias de control y agilicen el proceso de toma de decisiones orientadas hacia, lo que se conoce, como el manejo de riesgo.

Por poner un ejemplo, si cualquier población de un país desarrollado experimentara los altos niveles de contaminación que se dan en cientos de millones de hogares rurales pobres a causa de los combustibles de la biomasa, no se necesitarían pruebas adicionales para provocar intervenciones masivas. Es un signo más de las desigualdades extremas en el mundo. En los países pobres, en cambio, se requieren pruebas fiables y evaluaciones cuidadosas para determinar los medios más económicos y las prioridades para hacer frente a la extensa serie de problemas sanitarios y otros debidos a la pobreza.

BIBLIOGRAFÍA

1. **INDECOPI. NTP 900.030:2003 Gestión Ambiental. Calidad de aire. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM10 en la atmósfera. Perú 2003**
2. **DIGESA. Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos. Perú 2005**
3. **Héctor M. García Lozada. Evaluación del Riesgo por Emisiones de Partículas en Fuentes Estacionarias de Combustión – Estudio de Caso: Bogotá. 2005.**
4. **González H.R., Casares S.R., Rodríguez C.R. Riesgo a la Salud por Consumo de Agua Contaminada por Lixiviados de Basurero.**
5. **K.R. Smith. El uso doméstico de la Leña en los países en desarrollo y sus repercusiones en la Salud. 2006**
6. **CEPIS. DIGESA. GTZ. PAHO/WHO. La Implementación de Cocinas Saludables como Intervención Clave en el Mejoramiento de la Salud Ambiental en los Andes. 2005**
7. **ECO. WINROCK. USAID. Proyecto Cocina Saludable, Una Propuesta de Diseminación de Cocinas Mejoradas en el Distrito Alto Andino de Inkawasi – Ferreñafe/Lambayeque Perú.**
8. **OMS. OPS. Energía Domestica y Salud, Combustibles para una Vida mejor. 2006**

9. **INE.** Evaluación de concentraciones microambientales de Partículas suspendidas en Hogares rurales de Michoacán y las actividades que influyen la exposición personal. 2005
10. **EPA.** Evaluación de Riesgo para Contaminantes Tóxicos del Aire: Guía de un Ciudadano. 1991
11. **Comunidad de Madrid.** Guía de Análisis de Riesgos para la Salud Humana y los Ecosistemas. 2006
12. **OMS.** La Salud y Objetivos del Desarrollo del Milenio, Mantengamos la Promesa. 2005
13. **OMS.** Informe sobre la Salud en el Mundo. 2002. 2005
14. **CEPIS.** Curso de Auto instrucción de Evaluación de Riesgo a Contaminantes del Aire.
15. **INEI.** Censo Nacional: X de Población y V de Vivienda. 2005

ANEXOS

ANEXO 01: GLOSARIO

TÉRMINOS:

- **Análisis de Riesgo** : Es el estudio de las causas de las posibles amenazas, y los daños y consecuencias que éstas puedan producir.
- **Biomasa** : Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.
- **Blanco** : Muestra que carece del contaminante de interés y que se utiliza como referencia en análisis ambientales.
- **Combustible** : Cualquier material capaz de liberar energía cuando se quema, y luego cambiar o transformar su estructura química.
- **Combustión** : Reacción química en la que existe un elemento que arde (combustible) y otro que produce la combustión (comburente), desprendiéndose una gran cantidad de calor y luz.
- **Concentración** : Unidad de medida para representar el nivel de contaminante en un medio; expresada generalmente en microgramos por metro cúbico o ppm.
- **Contaminación** : Introducción de un contaminante dentro de un ambiente natural que causa inestabilidad, desorden, daño o malestar en un ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo. La contaminación existe de forma natural, pero la misma naturaleza se encarga de degradarla.
- **Contaminación Intradomiciliaria** : Es toda emisión de sustancia y/o compuestos dentro de un ambiente que puedan afectar la salud de quienes habitan en ellas.

- **Contaminante** : Forma de materia o energía presente en un medio al que no pertenece, o bien, por arriba de su concentración natural en un medio no contaminado.
- **Dosis** : La dosis es la cantidad de la sustancia que es absorbida e ingresada al organismo y se expresa en función del tiempo y del peso corporal, habitualmente en miligramos de la sustancia por kilo de peso en un día (mg/kg/día o mg/kg-día).
- **Emisión** : Salida de contaminante hacia el ambiente a partir de una fuente fija o móvil.
- **Exposición** : Interacción entre un agente tóxico y un sistema biológico. Cantidad de agente químico o físico que llega al receptor.
- **Frecuencia** : Magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.
- **Hollín** : Partículas sólidas de tamaño muy pequeño en su mayoría compuestas de carbono impuro, pulverizado, y generalmente de colores oscuros resultantes de la combustión incompleta de un material (madera, carbón, etc.)
- **Humo** : El humo es una suspensión en el aire de pequeñas partículas sólidas que resultan de la combustión incompleta de un combustible. Cuando una combustión es correcta y completa, los únicos subproductos son agua y dióxido de carbono.
- **Leña** : Madera utilizada para hacer fuego. Es una de las formas más simple de biomasa usada mayormente para calefacción y cocina. Es extraída de los árboles.
- **Material Particulado** : Compleja mezcla de partículas suspendidas en el aire las que varían en tamaño y composición dependiendo

de sus fuentes de emisiones.

- **Muestra** : Parte seleccionada que se separa de un conjunto y que se considera representativa del mismo conjunto al que pertenece.
- **Muestreo** : Recolección de una porción representativa para someterla a análisis y ensayo.
- **Riesgo:** : Es la posibilidad de que suceda un evento, impacto o consecuencia adversos por la exposición a un peligro.
- **Peligro** : Cualquier situación, que puede ser una acción o una condición, que ostenta el potencial de producir un daño sobre una determinada persona o cosa.
- **Umbral** : Duración mínima de una exposición o concentración mínima de un agente físico o químico que pueda causar una respuesta en un organismo.
- **Vulnerabilidad** : Es la característica de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto ocasionado por un peligro.

ABREVIATURAS:

- **CEPIS** : Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- **DIGESA** : Dirección General de Salud Ambiental.
- **ECA** : Estándares de Calidad de Aire.
- **EPA** : Agencia de Protección Ambiental
- **INEI** : Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- **IRA** : Infección Respiratoria Aguda.
- **LABIHSI** : Laboratorio de Ingeniería de Higiene y Seguridad Ambiental.
- **LMP** : Límite Máximo Permissible.
- **NTP** : Norma Técnico Peruana.
- **OMS** : Organismo Mundial de Salud.
- **ONG** : Organización No Gubernamental.
- **OPS** : Organización Panamericana de Salud.
- **PM10** : Fracción de la masa de partículas cuyo diámetro aerodinámico es menor a 10 μm .
- **PTS** : Partículas Totales en Suspensión.
- **μm** : Micrómetro, unidad de longitud equivalente a la millonésima parte de un metro.
- **μg** : Microgramo, unidad de masa equivalente a la millonésima parte de un gramo

ANEXO 02: HOJA DE ENCUESTA

Nombre:..... Encuestador:.....

Dirección/AH/Urb.:.....Día/Hora:.....

1. VIVIENDA**1.1. Tipo de vivienda:**Provisional Consolidada N° de pisos:**1.2. Material:****1.2.1. Paredes**Estera Madera Adobe M. Noble Otro:.....**1.2.2. Techo**Estera Madera Adobe M. Noble Otro:.....**1.2.3. Piso**Tierra Madera Cemento Otro:.....**1.3. Tiempo que habita en el lote:****2. SANEAMIENTO****2.1 AGUA****2.1.1. ¿Cuenta con el servicio de Agua Potable?**

- Sí
- No (especificar abastecimiento:))

2.1.2. ¿Realiza algún tratamiento al agua antes de beberla?:

- La hierve Le agrega pastillas de cloro
- Le agrega lejía Ninguno
- Otros:

2.2 ALCANTARILLADO

2.2.1. ¿Cuenta con el servicio de Alcantarillado? :

- Sí No

2.2.2 Si la respuesta anterior es NO, ¿Dónde efectúa la disposición de excretas?

En el interior de la vivienda:

- Silo o letrina
 Bacín
 Otro:

Fuera de la vivienda:

- Campo abierto
 Vecino o público
 Otro:

2.3 RESIDUOS SÓLIDOS

2.3.1. ¿Qué hacer para eliminar la basura que recolecta en su vivienda?

- Quemarla
 Enterrarla
 Arrojarla al basural o al aire libre
 Otro:

2.3.2. ¿Con qué frecuencia realiza dicha actividad?:

- Diario Cada 2 o 3 días Semanal
 Cada 15 días Mensual Otro:.....

3. COMPOSICIÓN FAMILIAR

3.1 Número de Personas que viven en la casa:

PERSONAS CON MAYOR TIEMPO EN CASA			
Nombre	Sexo	Parentesco	Edad

4. ECONOMÍA

4.1 ¿Qué actividad económica realiza actualmente?

ACTIVIDAD ECONÓMICA		
Persona	Actividad	Ingreso Prom. S/.

5. COCINA

5.1. Tipo de combustibles que emplea con mayor frecuencia:

Leña Carbón Gas Kerosén Otros:.....

5.2. ¿Cuál es el gasto en Combustible Sólido por día?:

Hasta S/.1 Hasta S/.5 Hasta S/.10 Hasta S/.15 Otro:.....

5.3. ¿Quién cocina y qué personas se encuentran presentes cuando lo hace? ¿Qué tiempo permanecen en el ambiente de cocina?

PERSONAS EN EL AMBIENTE DE COCINA		
Persona	Parentesco	Tiempo
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		

5.4. ¿El ambiente de cocina es empleado para otras actividades? ¿Cuáles y por qué?

.....

5.5 ¿Con qué frecuencia emplea la cocina?

1 vez al día 2 veces al día 3 veces al día Siempre está en uso

Otro:.....

5.6 Descripción del tipo de cocina o cocinilla, y otras observaciones

.....

6. SALUD

6.1 ¿Siente alguna molestia al momento de cocinar o estar presente durante esa actividad?

MALESTARES PERCEPTIBLES			
Molestia	Persona que cocina	Otras personas	Duración del malestar
1. Irritación de los ojos (lagrimeo)			
2. Estornudo			
3. Tos			
4. Irritación de la garganta			
5. Irritación de piel (escozor)			
6. Otros:			

6.2. Emplea alguna protección al momento de cocinar:

.....

6.3 ¿Algún miembro de la familia en esta vivienda fuma? No

Sí Frecuencia y lugar:

6.4 ¿Alguna de las personas sufre o ha sufrido enfermedades respiratorias?

Sí No No sabe

ENFERMEDADES RESPIRATORIAS				
Nombre	Edad	Enfermedad	Frecuencia	Observación

6.5 En el último mes, alguna persona se enfermó de alguna enfermedad respiratoria, como asma, bronquios, etc.

.....

6.6 ¿Cuál cree usted que es el motivo de estas enfermedades?:

- Mala alimentación
- El clima
- Falta de ropa y vivienda adecuada
- Hereditario – Nacimiento
- Contaminación
- Otro:.....

6.7 ¿En caso de algún malestar o enfermedad, a dónde acude?:

- Hospitales
- Centro de Salud - Postas
- Clínicas – Consultorio Particular
- Farmacia – Botica
- Otro:.....

Pregunta Final:

¿Sabe usted que al cocinar con leña está contaminando el aire de su vivienda? Sí, No ¿Por qué?

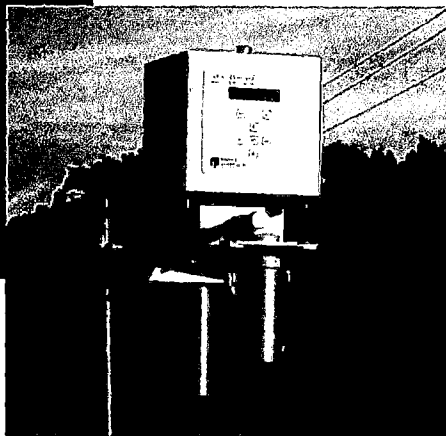
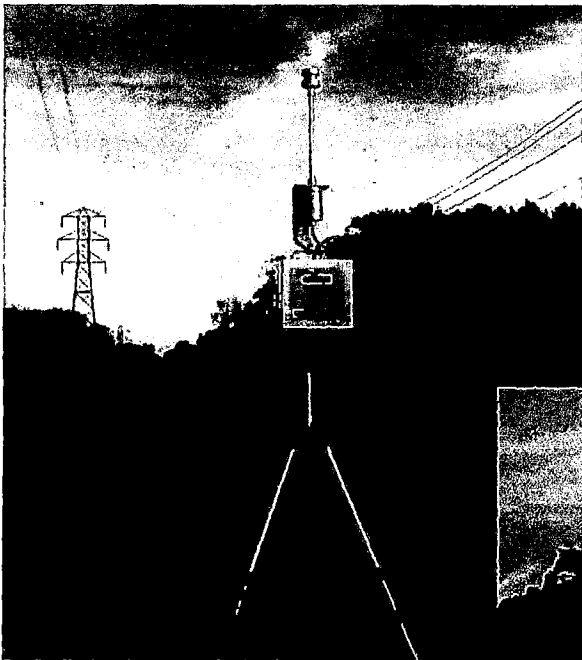
.....
.....

Observaciones

.....
.....
.....
.....

ANEXO 03: CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE MONITOREO

Mini-Partisol™ Model 2100 Air Sampler



A High Quality Indoor/Outdoor Sampler
for Particulate Matter and Chemical Specializing Sampling



Air Monitors Limited-Rupprecht & Patashnick Co., Inc.

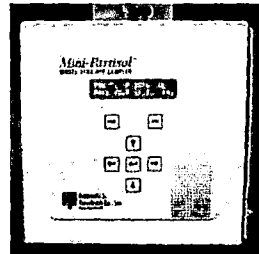
Quality . Service . Innovation

Feb03

A Small Package with Powerful Capabilities

The Mini-Partisol Model 2100 Air Sampler is a small, battery-, solar- or AC-powered sampling platform for indoor or outdoor particulate matter (PM) and/or gas sampling applications. It is designed for use with a variety of collection hardware. The device has many features in common with the other members of the Partisol® Family of Air Samplers, such as ActiVol™ flow control, a wind vane/anemometer connection, and conditional sampling.

The sampler is quiet enough to be used indoors and rugged enough to withstand outdoor conditions.



Flexible System Configuration

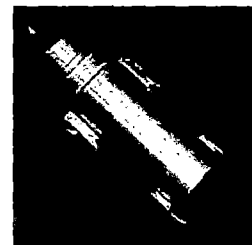
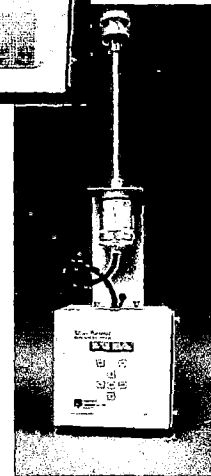
At the heart of the Mini-Partisol Air Sampler is the control cube. This component contains the system electronics, firmware and high-contrast display, dual pumps and flow meters, sensors for ambient temperature and pressure, and space for up to two high-capacity batteries. A universal support and mounting bracket provides for easy installation in the field. Feet at the base of the control cube enable table top or indoor floor-level installations.

For particulate matter (PM) sampling, hardware is attached to the top side of the control cube and the sampled gases enter the unit from the top. The sampler operates at 5 l/min in this configuration. Size selective inlets are available for PM-2.5 and PM-10 sampling at the 5 l/min flow rate.

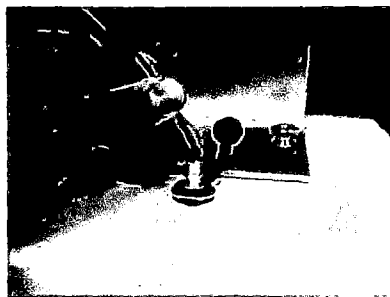
For speciation sampling of PM-related species, an R&P ChemComb™ Model 3500 Speciation Sampling Cartridge is attached to the bottom of the control cube using special hardware. In this case the sampled gases enter the unit from the bottom at the 10 l/min flow rate of the sampling cartridge.

Users with alternate sample collection hardware can easily connect their device to the control cube, and select a sample flow rate between 2 and 10 l/min.

User-defined sampling allows for immediate sampling for a specific duration, or for the sampling period to begin at a future time and date. For all of the above systems, inputs from an optional wind vane/anemometer can be used to trigger the operation of the Mini-Partisol Air Sampler based upon wind speed and/or direction for source apportionment applications.



ChemComb Speciation Sampling Cartridge for the Collection of PM and/or Gaseous Species

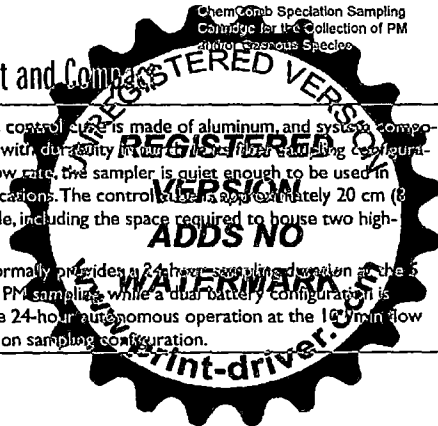


Connecting Sampling Hardware to the Control Cube.

Rugged, Quiet and Compact

The housing of the control cube is made of aluminum and system components are selected with durability in mind. In the PM sampling configuration at a 5 l/min flow rate, the sampler is quiet enough to be used in confined indoor locations. The control cube is approximately 20 cm (8 inches) on each side, including the space required to house two high-capacity batteries.

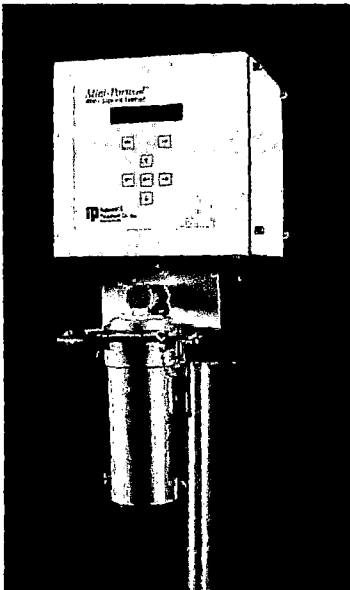
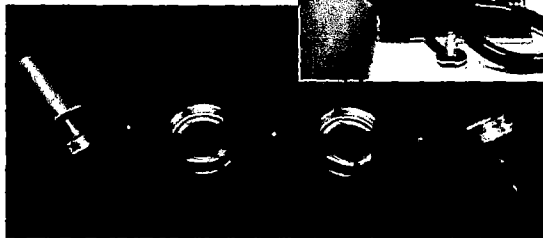
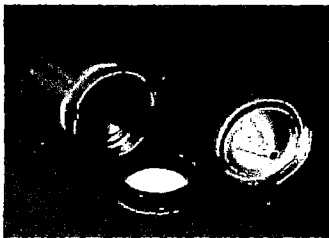
A single battery normally provides a 24-hour sampling duration at the 5 l/min flow rate for PM sampling, while a dual battery configuration is required to achieve 24-hour autonomous operation at the 10 l/min flow rate of the speciation sampling configuration.



Filter Sampling Configuration

For sampling ambient air through a single- or multi-stage filter pack for 47 mm diameter filters, a support bracket is fitted to the top of the Mini-Partisol control cube. The 5 l/min sample stream first passes through a rain cap, PM-2.5 or PM-10 size-selective inlet and then down a sample tube before reaching the filter pack. Extensions can be added to the standard 30 cm (12 inch) sample tube for applications in which the control cube is sited inside a shelter while sampling outdoor air.

The filter pack houses R&P's FRM-style polycarbonate filter cassettes with individually serialized support screen. Through the addition of filter pack stages, users can easily add filter cassettes in series for specialized sampling applications. The filter pack is easily exchangeable, and provides a means of maintaining sample integrity for transporting filter cassettes between the sampling site and laboratory.



Speciation Sampling Configuration

In the unit's speciation sampling configuration, a bracket attaches to the base of the control cube to allow for the installation of a ChemComb™ Model 3500 Speciation Sampling Cartridge. Due to the higher 10 l/min flow rate of the speciation sampling hardware, a second battery must be installed in the control cube to achieve 24-hour autonomous operation.

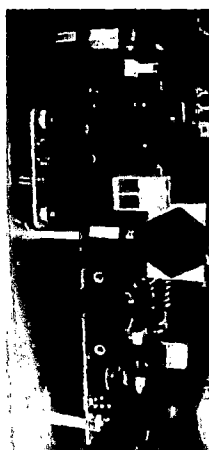
The ChemComb system provides a flexible means of sampling ambient gases and/or particulate matter from ambient air for air quality analysis in a laboratory. The use of this hardware with the Mini-Partisol Air Sampler makes it possible to conduct chemical speciation sampling independent of the electric power grid.



Data Handling Capabilities

Filter- and time-based data are stored in two internal storage buffers. The sampler creates a new *filter data* record for each exposed filter or speciation sampling cartridge. These contain operational information such as total volume sampled, starting and ending time/date, and averaged values for meteorological inputs such as ambient temperature and pressure, and wind speed/direction data from an optional wind vane/anemometer. The sampler stores *interval data* records every 30 minutes. These time/date stamped records are made up of 30-minute averaged values of meteorological inputs.

Stored data may be viewed from the sampler's screen, and can be downloaded through the unit's RS232 port to a computer or data logging system. An optional modem provides the ability to interrogate the system remotely. R&P's data handling software available from the company's web site for Windows®-based computers and Palm OS handheld computers supports the Mini-Partisol Air Sampler.



Interface Board, Including RS232 Port and Wind Vane/Anemometer Connection.



Turning Thumb Screw to Take off Access Panel (top), and Removal of Battery Using Built-in Strap (bottom).

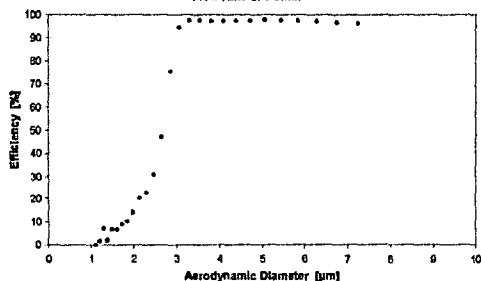


Size-Selective Inlets

Inlets designed by the Harvard School of Public Health for PM-2.5 and PM-10 size selection operate at a flow rate of 5 l/min, and provide efficiency curves similar to those of U.S. EPA reference-designated systems. A rain cap is also available for applications that do not require size-selective sampling.



Mini-Partisol PM-2.5 Inlet Performance
Flow Rate of 5 l/min



Mini-Partisol PM-10 Inlet Performance
Flow Rate of 5 l/min



rp Air Monitors Limited
 Unit 2 The Hawthorns Pillows Green Road Staunton GL19 3NY, UK
 Phone: +44(0)1452-849111 • Fax: +44(0)1452-849112
 E-Mail: enquire@airmonitors.co.uk • www.airmonitors.co.uk



ANEXO 04: NORMA TÉCNICA PERUANA 900.030-2003

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 900.030
2003

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

GESTIÓN AMBIENTAL. Calidad de aire. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM₁₀ en la atmósfera

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. Air quality. Reference method for the determination of particulate matter as PM₁₀ in the atmosphere

2003-04-24

1ª Edición

R.0041-2003/INDECOPI-CRT. Publicada el 2003-05-15

Precio basado en 16 páginas

I.C.S.: 13.020

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Gestión Ambiental, Calidad de Aire

13. MANTENIMIENTO DEL MUESTREADOR

El mantenimiento del muestreador de PM₁₀ se ajustará estrictamente a los procedimientos de mantenimiento especificados en el manual de instrucciones del fabricante del muestreador.

14. CÁLCULO

14.1 Calcular el flujo promedio durante el período de muestreo, corregido a condiciones de referencia indicadas (25 °C, 101,3 kPa) como Q_{std}. Cuando el indicador de flujo del muestreador se calibra en unidades volumétricas reales (Q_a), Q_{std} se calcula como:

$$Q_{std} = Q_a \times (P_{av}/T_{av}) (T_{std}/P_{std})$$

donde:

- Q_{std} = Flujo promedio a condiciones de referencia indicadas (25 °C, 101,3 kPa), m³ std/min;
- Q_a = Flujo promedio a condiciones ambientales, m³/min;
- P_{av} = Presión barométrica promedio durante el período de muestreo o presión barométrica promedio para el lugar de muestreo, kPa (o mm de Hg);
- T_{av} = Temperatura ambiente promedio durante el período de muestreo o temperatura ambiente estacional promedio para el lugar de muestreo, K;
- T_{std} = Temperatura estándar, definida como 298 K;
- P_{std} = presión estándar, definida como 101,3 kPa (ó 760 mm de Hg).

14.2 Calcular el volumen total de aire muestreado como:

$$V_{std} = Q_{std} \times t$$

donde:

- V_{std} = Total de aire muestreado en unidades patrón de volumen, m³ std;
- t = Tiempo de muestreo, min.

14.3 Calcular la concentración de PM_{10} como:

$$PM_{10} = (W_f - W_i) \times 10^6 / V_{std}$$

Donde:

PM_{10} = Concentración másica de MP_{10} , en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ std;
 W_f, W_i = Peso final y peso inicial del filtro colector de partículas de PM_{10} , en g;
 10^6 = conversión de g a μg .

NOTA: Si el filtro colecta más de una fracción de tamaño en el rango de tamaños de PM_{10} , se empleará la sumatoria de ganancia neta de peso por cada filtro colector [$\Sigma (W_f - W_i)$] para calcular la concentración másica de PM_{10} .

15. ANTECEDENTE

40 CFR PART 50, APPENDIX J

Reference method for the determination of particulate matter as PM_{10} in the atmosphere.

ANEXO 05: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE MONITOREO PM10**PERÚ** Ministerio de Salud"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de las Cumbres Mundiales en el Perú"

Lima, 17 NOV. 2008

OFICIO N° 1926-2008/DEPA/DIGESA

Señor

WILFREDO FERNANDO FLORES GONZALES

Av. La Mariscal N° 406 Urb. La Tablada de Lurin

Villa María del Triunfo.-

Asunto : Remisión de copia de Informe

Referencia : Carta s/n
Reg. N° 19317 del 05.11.08

De mi consideración :

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y en atención al documento de la referencia remitir la copia del Informe N° 004826-2008/DEPA-APCCA/DIGESA, conteniendo los resultados de los análisis de muestras de PM10 tomadas en la zona de San José de Canta.

Atentamente,

MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental
Dirección de Promoción y Protección del Ambiente
DIGESA

[Firma manuscrita]
Dpto. de Promoción y Protección del Ambiente
Director Ejecutivo



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de las Cumbres Mundiales en el Perú"

MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental
"DIGESA"

Las Amapolas N° 350 Lima Telf : 442-8353 - 442-8356
Fax: 4226404 e-mail: digesa@digesa.minsa.gob.pe

INFORME N° 004826-2008/DEPA-APCCA/DIGESA

A : Ing. Paola Chinen Guima
Coordinadora del Área de Prevención y Control de la Contaminación
Atmosférica

ASUNTO : Análisis de muestras de PM₁₀
Estudios de Calidad de Aire - San José de Canta

REFERENCIA : Carta 07 Setiembre 2008
Registro N° 15738 - 08/09/08
Carta 09 Junio 2008
Registro N° 10298 - 09/06/08
Carta 24 Abril 2008
Registro N° 7833 - 24/04/08

FECHA : 14 OCT. 2008

En atención a los documentos de la referencia informo a usted sobre la solicitud realizada por los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de Ingeniería, Wilfredo Fernando Flores Gonzáles y José Francisco Javier Zela Esteban, para el apoyo en el Análisis de muestras de PM₁₀.

ANTECEDENTES:

Mediante Carta del 07 Septiembre 2008 y Registro N° 15738, de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de Ingeniería UNI Wilfredo Fernando Flores Gonzáles y José Francisco Javier Zela Esteban, solicitan apoyo en el análisis de muestras de PM₁₀.

ANALISIS:

La Dirección General de Salud Ambiental DIGESA a través de la Dirección del Laboratorio de Control Ambiental analizó 12 muestras de PM₁₀, correspondientes al monitoreo de la Calidad del Aire realizado por los citados estudiantes en el interior de 11 viviendas de la zona San José de Canta.

VIVIENDAS EVALUADAS:

CODIGO	TITULAR DE VIVIENDA
V-1	Sra. Gregoria
V-2	Sr. Julio Dávila
V-3	N.I.
V-4	Sr. Raul Pereira Sra. Lidia Villegas Espinoza
V-5	Sr. Juan Gutierrez Raymundo Sra. Elsa Villegas Espinoza
V-6	Sra. Herminia Lorenzo
V-7	N.I.
V-8	N.I.
V-9	N.I.





"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de las Cumbres Mundiales en el Perú"

MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental
"DIGESA"

Las Amapolas N° 350 Lince Telf: 442-8353 - 442-8356
Fax: 422-6404 e-mail: digesa@digesa.minsa.gob.pe

CODIGO	TITULAR DE VIVIENDA
V-10	Sr. Hector Japa Sra. Olga Montalvo
V-11	Sra. Victoria Villegas Villegas

N.I.: no indica

DATOS DE LA ZONA:

ZONA	Temperatura Promedio (°C)	Temperatura (°K) Ta	Altitud (msnm)	Altitud (pies)	Presión Barométrica (pulg Hg)	Presión Barométrica (mm.Hg)
SAN JOSE DE CANTA	18	291.00	2400	7874.02	22.3	566.42

RESULTADOS: Peso µg

Método de Análisis : referente Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the atmosphere CFR 40, Parte 50, Apéndice J. EPA 1987
Límite de Detección (LDM) : 65 µg

CODIGO	TITULAR DE VIVIENDA	N° FILTRO	FECHA INICIO	Peso µg
V-1	Sra. Gregoria	245-08	08/08/2000	M.A.
V-2	Sr. Julio Dávila	251-08	09/08/2000	M.A.
V-3	N.I.	256-08	10/08/2000	830
V-4	Sr. Raul Pereira Sra. Lidia Villegas Espinoza	257-08	15/08/2008	2540
V-5	Sr. Juan Gutiérrez Raymundo Sra. Elsa Villegas Espinoza	258-08	16/08/2008	1150
V-6	Sra. Herminia Lorenzo	259-08	17/08/2008	2370
V-7	N.I.	260-08	22/08/2008	930
V-8	N.I.	261-08	23/08/2008	390
V-9	N.I.	262-08	24/08/2008	220
V-10	Sr. Hector Japa Sra. Olga Montalvo	263-08	29/08/2008	510
V-11	Sra. Victoria Villegas Villegas	265-08	30/08/2008	17390
BLANCO	N.I.	264-08	08/08/2000	<65





MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental
"DIGESA"

Las Amapolas N° 350. Línea Telef: 442-8353 - 442-8356
Fax: 4226-004 e-mail: digesa@digesa.minsa.gob.pe

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de las Cumbres Mundiales en el Perú"

CALCULO DEL FACTOR DE CORRECCION:

Tstd	25 °C	298 °K
Pstd	1 atm	760 mmHg

ZONA	Temperatura Promedio (°C)	Temperatura (°K) Ta	Altitud (manm)	Altitud (pies)	Presión Barométrica (pulg Hg)	Presión Barométrica (mm Hg)	Factor de Corrección (fc)
SAN JOSE CANTA	18	291.00	2400	7874.02	22.3	565.42	0.874





"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de las Cumbres Mundiales en el Perú"

MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental
"DIGESA"

Las Amupolas N° 350 Linco Telf: 442-8353 - 442-8356
Fax: 422-6404 e-mail: digesa@digesa.minsa.gob.pe

... viene proveído.

PROVEIDO No. 242 -2008/APCCA-DEPA/DIGESA/SA

Lima, 15 OCT. 2008

Visto el Informe que antecede y con la opinión favorable del Area de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica, ELEVESE a la DIRECCIÓN DE ECOLOGÍA Y PROTECCIÓN DEL AMBIENTE, para los fines consiguientes.



Ing. Paola Chinen Guima

PROVEIDO No. 3402 -2008/DEPA/DIGESA/SA

Lima, 15 OCT. 2008

Visto el Informe y estando de acuerdo con lo expresado, ELEVESE a la DIRECCION GENERAL, para los fines consiguientes.

MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental
Dirección de Ecología y Protección del Ambiente
"DIGESA"

Ing. Segundo Fausto Roncal Vergara
Director Ejecutivo

INFORME DE ENSAYO N° 041011 - 2010

RAZON SOCIAL : JOSÉ ZELA ESTEBAN / FERNANDO FLORES GONZÁLES
DOMICILIO LEGAL : JR. PUNTUALIDAD 7851 URB. PRO – LOS OLIVOS
SOLICITADO POR : JOSÉ ZELA ESTEBAN / FERNANDO FLORES GONZÁLES
REFERENCIA : Análisis de Riesgo a la Salud por el Empleo Intradomiciliario de Combustibles Sólidos.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2002-12-23
FECHA DE ENSAYO : 2002-12-22

I. DETALLE DE LA MUESTRA

Código del Cliente	Producto declarado	Muestreado por	Procedencia	Fecha de Muestreo	Condiciones de la Muestra
VIV-12-10	filtro de calidad de aire	el cliente	Hospedaje – Centro Poblado San José de Canta	2002-12-22 (entre 10:30 y 19:30)	conservada

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO

Ensayo	Método	L.D.	Unidades
Pesaje de Filtros	Compendium Method IO-3.1. Selection. Preparation and Extraction of Filter Material	0.001	g

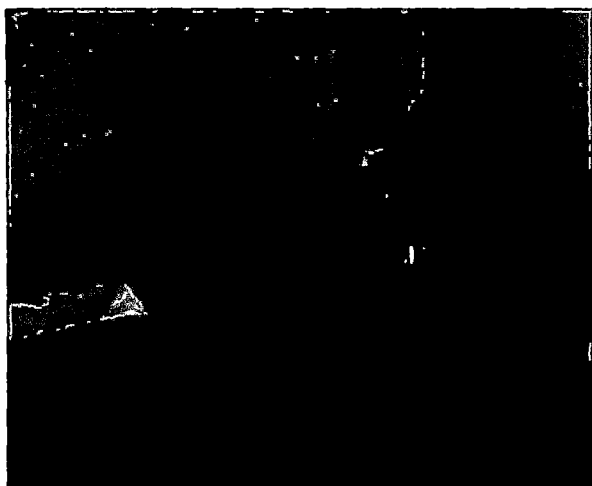
III. RESULTADOS

Código del Cliente		VIV-12-10
Código del Laboratorio		1012413
Ensayos	Unidades	Resultados
peso inicial	g	0.11226
peso final	g	0.11270
volumen de muestreo	l/min	16
factor de corrección	-	0.763
[PM10]	µg/m ³	67.16

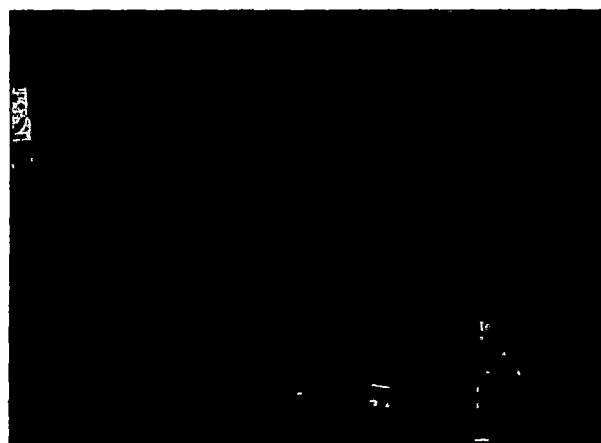
Lima, 30 de Diciembre 2010

ANEXO 06: PANEL FOTOGRÁFICO

IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO



Nótese que en ambas viviendas se ha adecuado una especie de chimenea

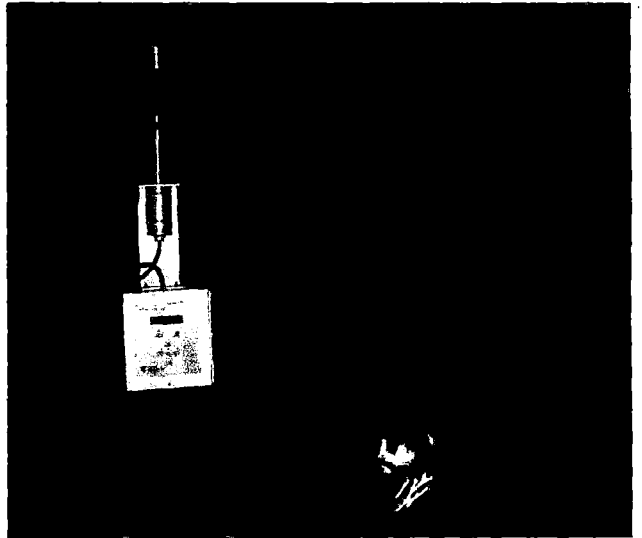
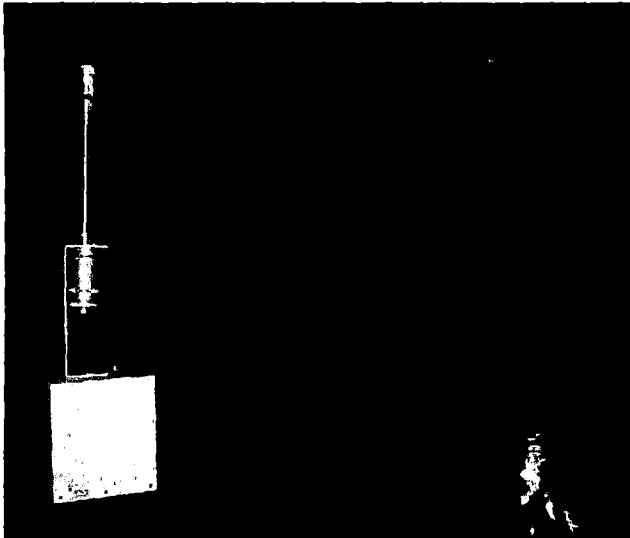


Se puede apreciar las paredes y techos cubiertos por el hollín

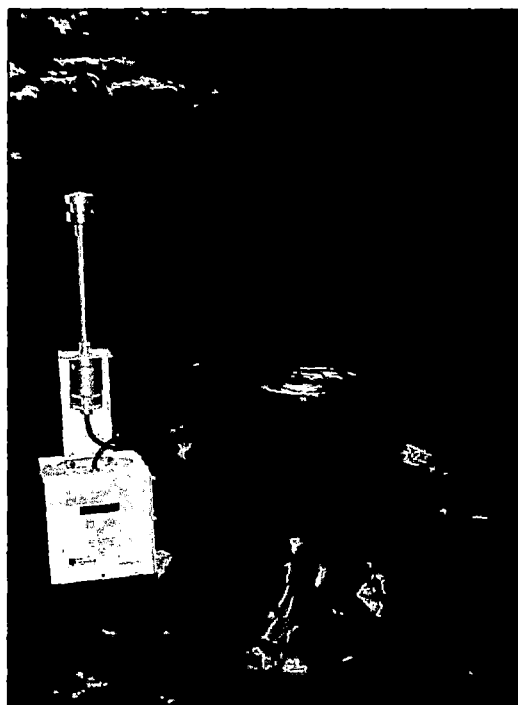
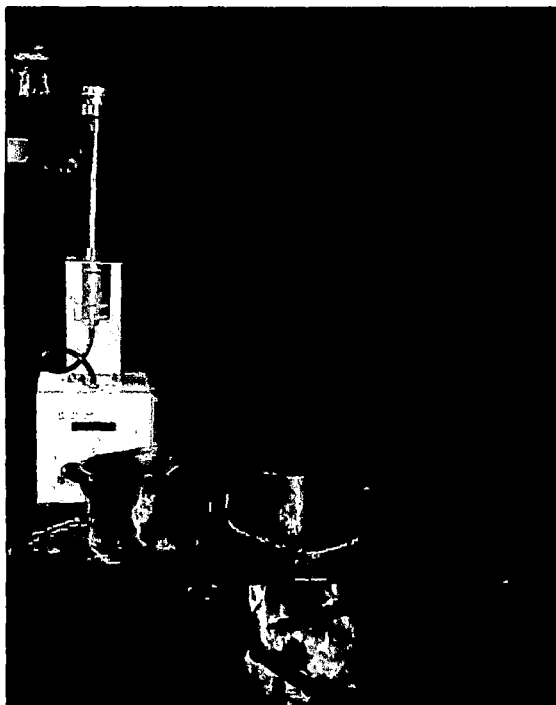
MONITOREO DEL PM10



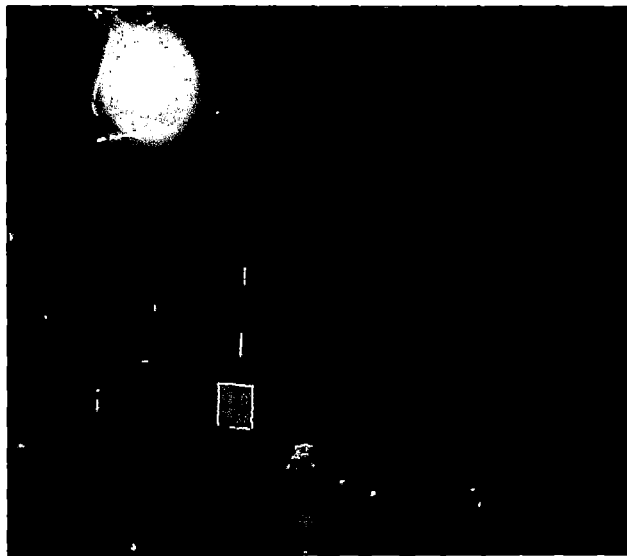
Inicio del Primer Punto de Monitoreo



Las paredes y los utensilios se encuentran cubiertos por el hollín

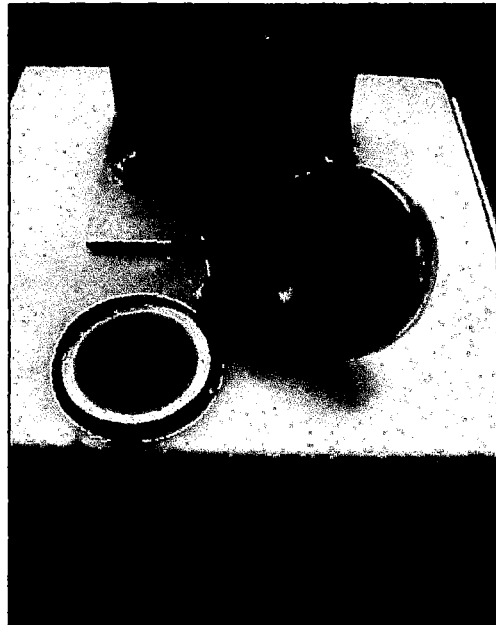
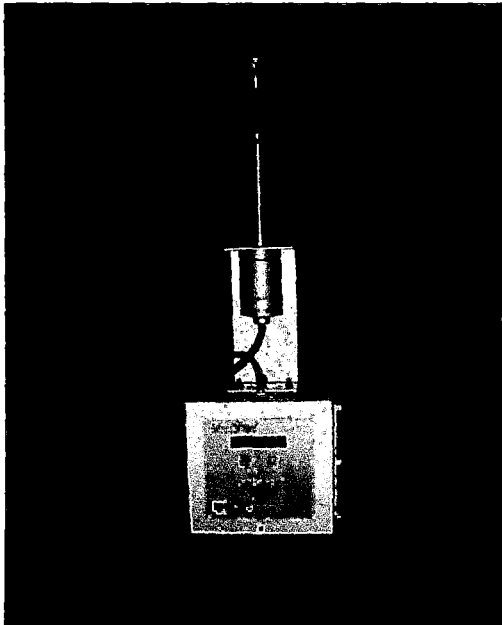


Se aprecia como el humo se expande por todo el ambiente de cocina

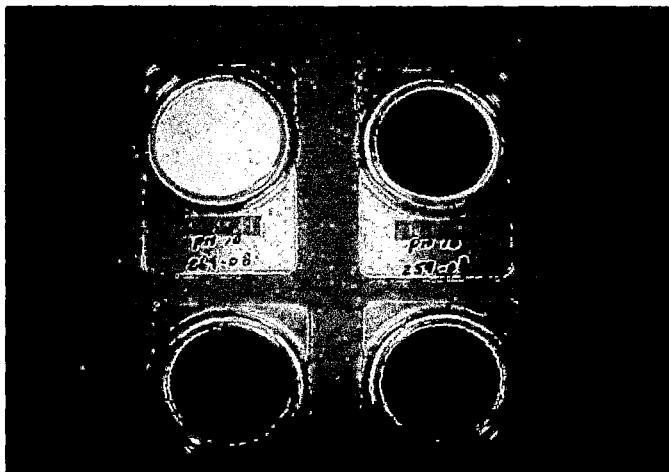
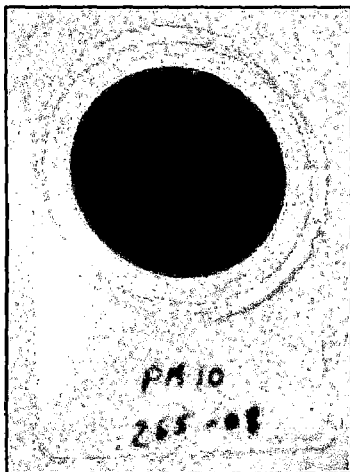


El ambiente donde se cocina, es empleado como dormitorio y comedor

EQUIPO DE MONITOREO Y FILTROS



Equipo de Monitoreo de PM10



Comparación de los Filtros