

ESTUDIO DE MORBILIDAD POR
EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN
DEL AIRE EN LA SALUD
DE LAS PERSONAS

MINAM - 2014



PRESENTACIÓN

La contaminación del aire tiene como causas la creciente industrialización, la migración de la población a centros urbanos, el crecimiento del parque automotor y el uso de combustibles fósiles, produciendo efectos dañinos en la salud de las personas, incluyendo un aumento de la mortalidad en la población expuesta.

Es por ello que la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) realizan continuamente análisis y estudios para cuantificar el daño en la salud provocado por la contaminación atmosférica, considerando que el material particulado, afecta a más personas que cualquier otro contaminante.

El material particulado consiste en una compleja mezcla de partículas líquidas y sólidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire y puede agravar enfermedades respiratorias y cardíacas preexistentes y causar daño al tejido pulmonar. Los grupos más vulnerables a los efectos del MP son las personas con influenza, con enfermedades pulmonares y cardíacas crónicas, asmáticos, adultos mayores y niños.

La presente publicación servirá como línea base para la actualización de la propuesta del Estándar de calidad Ambiental para material particulado menor de 10 micras y Partículas Totales en Suspensión, teniendo en cuenta que los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, son instrumentos de gestión ambiental prioritaria para prevenir y planificar el control de la contaminación del aire sobre la base de una estrategia destinada a proteger la salud, mejorar la competitividad del país y promover el desarrollo sostenible.

ESTUDIO DE MORBILIDAD POR EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LA SALUD DE LAS PERSONAS

ESTUDIO DE MORBILIDAD POR EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LA SALUD DE LAS PERSONAS

Ministro del Ambiente
Dr. Manuel Gerardo Pedro Pulgar-Vidal Otálora

Viceministro de Gestión Ambiental
Dr. Jorge Mariano Guillermo Castro Sánchez- Moreno

Director General de Calidad Ambiental
Ing. Juan Narciso Chávez

Edición
Área de Gestión de Calidad del Aire

©Ministerio del Ambiente
Av. Javier Prado Oeste N° 1440 – San Isidro - Lima, Perú

Teléfono: (511) 611-6000
www.minam.gob.pe
Correo Electrónico: calidaddelaire@minam.gob.pe

Primera Edición, 2014
Hecho el Depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-18948
Diciembre 2014

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO	10
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I	
IMPACTOS EN LA SALUD POR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE CON MATERIAL PARTICULADO	14
1.1 Efectos en la salud por la contaminación del aire	14
1.2 Efectos en la salud por Material Particulado (PM)	15
1.3 Investigaciones realizadas en el Perú	20
CAPÍTULO II	
VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE	24
2.1 Marco legal en materia de Calidad del Aire	24
2.2 Redes de vigilancia de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana	28
2.3 Estudios de calidad del aire	35
CAPÍTULO III	
ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE MORBILIDAD Y MORTALIDAD ATRIBUIBLE A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (PM10)	42
3.1 Marco conceptual de la metodología del Air-Q	42
3.2 Diseño del Estudio	45
3.3 Definición del Área de Estudio	48
3.4 Estimación poblacional de áreas de influencia de las estaciones de monitoreo de Calidad del Aire en Lima Metropolitana	51
3.5 Características Socio-Económicas de Lima Metropolitana	64
3.6 Calidad del Aire para Lima Metropolitana - Año Base 2013	68
3.7 Datos de morbilidad asociados al impacto a la salud por la contaminación del aire por Material Particulado	100
3.8 Estimación del riesgo de morbilidad atribuible de la contaminación del aire por PM10	103
CAPÍTULO IV	
VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS IMPACTOS EN LA SALUD POR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE CON MATERIAL PARTICULADO PM10 EN LIMA METROPOLITANA	117
4.1 Estudios realizados en el país	117
4.2 Metodologías para la valoración económica	121
4.3 Valorización del impacto en la salud por la contaminación del aire con PM10	124
CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y PROPUESTA DE ACCIONES PARA LOS SECTORES RESPONSABLES DEL MANEJO DE LA INFORMACIÓN PARA IMPLEMENTAR LOS PROCESOS PARA SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO	130
Bibliografía	134

INDICE DE TABLAS

Tabla Nº 1: Guías para Material Particulado	24
Tabla Nº 2: Guías de la calidad del aire de la OMS y objetivos intermedios para el Material Particulado: concentraciones medias anuales	25
Tabla Nº 3: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (NAAQs – EPA)	26
Tabla Nº 4: Estándares Nacionales de Calidad del Aire para Material Particulado – ECA Aire para PM ₁₀ y PM _{2,5}	27
Tabla Nº 5: Niveles de alerta para contaminantes críticos	28
Tabla Nº 6: Estaciones de Monitoreo de la Calidad del Aire del Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de la Calidad del Aire – DIGESA	29
Tabla Nº 7: Estaciones de Monitoreo del Programa de Vigilancia de la Contaminación Ambiental en la Zona Metropolitana (Z.M.) de Lima-Callao	31
Tabla Nº 8: Índice de Calidad del Aire	32
Tabla Nº 9: Clasificación de los Estados de Calidad del Aire	32
Tabla Nº 10: Parámetros que se monitorea en la Red de COSAC	34
Tabla Nº 11: Resultados de la concentración de PM ₁₀ en el aire en (µg/m ³)	38
Tabla Nº 12: Resultados del monitoreo del PM ₁₀ del Proyecto Línea Amarilla en Estaciones ECA-03 y ECA-12	39
Tabla Nº 13: Resultados del monitoreo del PM ₁₀ del Proyecto Línea Amarilla en Estaciones ECA-01, PC-01, ECA-03 y ECA-12	41
Tabla Nº 14: Resultados en la salud y el Riesgo Relativo (RR) asociado, usado en la Evaluación del Impacto en la Salud por la contaminación del aire efectos en el corto y largo plazo	42
Tabla Nº 15: Defunciones Estimadas, Registradas y Omisiones 2005-2012	53
Tabla Nº 16: Población de Lima Metropolitana por zonas y sexo – 2013	55
Tabla Nº 17: Población Por Grupo de Edad Lima Metropolitana	56
Tabla Nº 18: Población de Lima Norte por distrito y sexo - 2013	57
Tabla Nº 19: Población por Grupo de edad y sexo Lima Norte	58
Tabla Nº 20: Población de Lima Sur por distrito y sexo - 2013	59
Tabla Nº 21: Población por grupo de edad y Sexo - Lima Sur 2013	59
Tabla Nº 22: Población de Lima Este por distrito y sexo - 2013	60
Tabla Nº 23: Población por grupo de edad y sexo Lima Este - 2013	61
Tabla Nº 24: Población de Lima Centro por distrito y sexo – 2013	62
Tabla Nº 25: Población por Grupo de Edad y Sexo- LIMA CENTRO	63
Tabla Nº 26: Distribución de hogares por región natural según quintil de pobreza (%)	64
Tabla Nº 27: Lima Norte: Índice de Desarrollo Humano Distrital	66
Tabla Nº 28: Lima Sur: Índice de Desarrollo Humano Distrital	67
Tabla Nº 29: Lima Este: Índice de Desarrollo Humano Distrital	67
Tabla Nº 30: Lima Centro: Índice de Desarrollo Humano Distrital	68
Tabla Nº 31: Resumen del número de datos obtenidos por el SENAMHI	68
Tabla Nº 32: Resumen de datos obtenidos por la DIGESA	69
Tabla Nº 33: Número de días con mediciones estaciones SENAMHI AÑO 2013	69
Tabla Nº 34: Número de días con mediciones estaciones DIGESA AÑO 2013	69
Tabla Nº 35: Valores de Estados de Alerta para PM ₁₀	70
Tabla Nº 36: Número de días con información reportada en las estaciones de Lima Centro para el Año 2013	72

Tabla Nº 37: Número de días con información reportada en la estación de Santa Luzmila, con datos de telemetría promedio diario. Lima Norte para el Año 2013	81
Tabla Nº 38: Número de días con información reportada en las estaciones de Lima Este para el Año 2013	84
Tabla Nº 39: Número de días con información reportada en las estaciones de Lima Sur para el Año 2013	93
Tabla Nº 40: Resumen de Admisiones hospitalarias – LIMA CENTRO	100
Tabla Nº 41: Resumen de Admisiones hospitalarias – LIMA ESTE	101
Tabla Nº 42: Resumen de Admisiones hospitalarias – LIMA NORTE	101
Tabla Nº 43: Resumen de Admisiones hospitalarias – LIMA SUR	101
Tabla Nº 44: Comparación de Admisiones hospitalarias por zonas	101
Tabla Nº 45: Resumen de Admisiones hospitalarias – LIMA METROPOLITANA	102
Tabla Nº 46: Resumen de Mortalidad Total – LIMA METROPOLITANA	102
Tabla Nº 47: Resumen de Mortalidad Respiratoria – LIMA METROPOLITANA	102
Tabla Nº 48: Resumen de Mortalidad Cardiovascular – LIMA METROPOLITANA	103
Tabla Nº 49: Comparación de los casos de mortalidad por zonas	103
Tabla Nº 50: Número de casos de mortalidad atribuidos al PM_{10} – LIMA NORTE	110
Tabla Nº 51: Número de casos de admisiones hospitalarias atribuidos al PM_{10} – LIMA NORTE	110
Tabla Nº 52: Número de casos de mortalidad atribuidos al PM_{10} – LIMA SUR	111
Tabla Nº 53: Número de casos de admisiones hospitalarias atribuidos al PM_{10} – LIMA SUR	111
Tabla Nº 54: Número de casos de mortalidad atribuidos al PM_{10} – LIMA ESTE	111
Tabla Nº 55: Número de casos de admisiones hospitalarias atribuidos al PM_{10} – LIMA ESTE	112
Tabla Nº 56: Número de casos de mortalidad atribuidos al PM_{10} – LIMA CENTRO	112
Tabla Nº 57: Número de casos de admisiones hospitalarias atribuidos al PM_{10} – LIMA CENTRO	112
Tabla Nº 58: Número de casos de mortalidad atribuidos al PM_{10} – LIMA METROPOLITANA	113
Tabla Nº 59: Número de casos de mortalidad atribuidos al PM_{10} – LIMA METROPOLITANA	113
Tabla Nº 60: Mortalidad atribuible a Material Particulado PM_{10} – Escenario de Riesgo Alto	114
Tabla Nº 61: Mortalidad a Material Particulado PM_{10} - Escenario de Riesgo Medio	114
Tabla Nº 62: Mortalidad atribuible a Material Particulado PM_{10} – Escenario de Riesgo Bajo	114
Tabla Nº 63: Admisiones Hospitalarias atribuibles a Particulado PM_{10} bajo Riesgo Relativo Alto	115
Tabla Nº 64: Admisiones Hospitalarias atribuibles a Particulado PM_{10} – Escenario de Riesgo Medio	115
Tabla Nº 65: Admisiones Hospitalarias atribuibles a Particulado PM_{10} Escenario de Riesgo Bajo	116
Tabla Nº 66: Resumen de Documento Sistematización de Estudios de Costos de Impactos de la contaminación del Aire	118
Tabla Nº 66: Valor de la Vida Estadística estimada para el Perú	126
Tabla Nº 67: Lima Metropolitana – Ingresos y Gastos	128

Gráfico Nº 1: Resultados anuales de PM _{2,5}	29
Gráfico Nº 2: Información a tiempo real	29
Gráfico Nº 3: Ubicación de las estaciones de monitoreo	30
Gráfico Nº 4: Pronóstico de la Calidad del Aire para Lima	33
Gráfico Nº 5: Evolución de la concentración media diaria de PM ₁₀ en 2011 en las estaciones de SENAMHI	34
Gráfico Nº 6: Concentraciones diarias de PM ₁₀ en la Estación E-02 SAT durante el año 2010	35
Gráfico Nº 7: Concentración Material Particulado (PM ₁₀) por distritos verano 2011	36
Gráfico Nº 8: Concentración Material Particulado (PM ₁₀) por distritos invierno 2011	37
Gráfico Nº 9: Mapas comparativos de Material Particulado	37
Gráfico Nº 10: Concentración de Material Particulado PM ₁₀ Verano – Invierno 2000-2011	38
Gráfico Nº 11: Concentración de PM ₁₀ en µg/m ³	39
Gráfico Nº 12: Concentración de Material Particulado en µg/m ³ Estaciones ECA-03 y ECA-12	40
Gráfico Nº 13: Concentración de Material Particulado en µg/m ³ Estaciones ECA-01, PC-01, ECA-03 y ECA-12	41
Gráfico Nº 14: Esquema del Diseño del Estudio	45
Gráfico Nº 15: Cuenca Atmosférica para Lima Metropolitana y el Callao	49
Gráfico Nº 16: Zonas de Estudio de Lima Metropolitana	50
Gráfico Nº 17: Población Total Perú 2013	51
Gráfico Nº 18: Transición Demográfica 1870 - 2025	52
Gráfico Nº 19: Evolución de la Tasa Bruta de Mortalidad por mil	52
Gráfico Nº 20: Pirámides de Población del Perú	54
Gráfico Nº 21: Distribución de la población estimada al 30 de Junio, por sexo y grupos de edad, 2013	55
Gráfico Nº 22: Distribución de la Población Total de Lima Metropolitana	57
Gráfico Nº 23: Distribución de la población de Lima Norte	58
Gráfico Nº 24: Distribución de la población de Lima Sur	60
Gráfico Nº 25: Distribución de la población de Lima Este	61
Gráfico Nº 26: Distribución de la población de Lima Centro	63
Gráfico Nº 27: Distribución de Hogares según NSE – Lima Metropolitana	64
Gráfico Nº 28: Concentración promedio diaria de PM ₁₀ - LIMA METROPOLITANA 2013	71
Gráfico Nº 29: DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS PARA PM ₁₀ -LIMA METROPOLITANA 2013	71
Gráfico Nº 30: Concentración de PM ₁₀ en µg/m ³ para la Zona Lima Centro Año 2013	73
Gráfico Nº 31: Distribución de frecuencias para PM ₁₀ LIMA CENTRO 2013	74
Gráfico Nº 32: Concentración de PM ₁₀ ESTACION CONGRESO - LIMA CENTRO 2013	75
Gráfico Nº 33: Distribución de Frecuencias para PM ₁₀ Estación Congreso – Lima Centro 2013	76
Gráfico Nº 34: Concentración de PM ₁₀ ESTACION CAMPO DE MARTE - LIMA CENTRO 2013	77
Gráfico Nº 35: Distribución de frecuencias para PM ₁₀ -ESTACION CAMPO DE MARTE - LIMA CENTRO 2013	78
Gráfico Nº 36: Concentración de PM ₁₀ - ESTACION SAN BORJA - LIMA CENTRO 2013	79
Gráfico Nº 37: Distribución de frecuencias para PM ₁₀ - ESTACION SAN BORJA - LIMA CENTRO 2013	80

Gráfico Nº 38: Concentración de PM_{10} - ESTACION SANTA LUZMILA LIMA NORTE 2013	82
Gráfico Nº 39: Distribución de frecuencias para PM_{10} - LIMA NORTE 2013	83
Gráfico Nº 40: Concentración de PM_{10} ZONA LIMA ESTE 2013	85
Gráfico Nº 41: Distribución de frecuencias para PM_{10} - LIMA ESTE 2013	86
Gráfico Nº 42: Concentración de PM_{10} - ESTACION HIPOLITO UNANUE - LIMA ESTE 2013	87
Gráfico Nº 43: Distribución de frecuencias para PM_{10} - ESTACION HIPOLITO UNANUE - LIMA ESTE 2013	88
Gráfico Nº 44: Concentración de PM_{10} - ESTACION ATE LIMA ESTE 2013	89
Gráfico Nº 45: Distribución de frecuencias para PM_{10} - ESTACION ATE - LIMA ESTE 2013	90
Gráfico Nº 46: Concentración de PM_{10} - ESTACION SANTA ANITA - LIMA ESTE 2013	91
Gráfico Nº 47: Distribución de frecuencias para PM_{10} - ESTACION SANTA ANITA - LIMA ESTE 2013	92
Gráfico Nº 48: Concentración de PM_{10} ZONA LIMA SUR 2013	94
Gráfico Nº 49: Distribución de frecuencias para PM_{10} - LIMA SUR 2013	95
Gráfico Nº 50: Concentración de PM_{10} - ESTACION HOSPITAL MARIA AUXILIADORA - LIMA SUR 2013	96
Gráfico Nº 51: Distribución de frecuencias para PM_{10} - ESTACION HOSPITAL MARIA AUXILIADORA- LIMA SUR 2013	97
Gráfico Nº 52: Concentración de PM_{10} ESTACION VILLA MARIA DEL TRIUNFO - LIMA SUR 2013	98
Gráfico Nº 53: Distribución de frecuencias para PM_{10} ESTACION VILLA MARIA DEL TRIUNFO - LIMA SUR 2013	99
Gráfico Nº 54: Ingreso al Software del AirQ 2.2.3 y definición de estación y año base	104
Gráfico Nº 55: Ingreso de tasas de incidencia y resultados de PM_{10} en rangos de frecuencias	105
Gráfico Nº 56: Impacto estimado (número de casos en exceso)	
Mortalidad (Total, Cardiovascular, Respiratoria) y Admisiones Hospitalarias Respiratorias	106
Gráfico Nº 57: Impacto estimado (número de casos en exceso)	
Admisiones Hospitalarias por enfermedades cardiovasculares y Asma en niños y adultos	107
Gráfico Nº 58: Escenario, si las concentraciones de PM_{10} no exceden el ECA	108
Gráfico Nº 59: Escenario, si las concentraciones de PM_{10} no exceden la Guía de la OMS	108
Gráfico Nº 60: Curvas de # Casos de mortalidad total atribuible al PM_{10} para riesgos alto, medio y bajo - Lima Norte	109
Gráfico Nº 61: Barras de # de Casos de mortalidad total atribuible al PM_{10} para riesgos alto, medio y bajo - Lima Norte	109
Gráfico Nº 62: PIBLM y CCA (U\$ millones 1994)	122
Gráfico Nº 63: Pirámide de los efectos en la salud por la contaminación del aire	123

RESUMEN EJECUTIVO

La contaminación del aire constituye un riesgo importante para la salud. La Organización Mundial de la Salud señaló que si se redujera la contaminación atmosférica, se podrían salvar millones de vidas.

Múltiples estudios epidemiológicos y toxicológicos han demostrado la relación directa entre la contaminación del aire tanto de los ambientes interiores como exteriores y los efectos en la salud, asociados particularmente a los Óxidos de Azufre y al Material Particulado provenientes de fuentes antropogénicas sean por exposiciones de corto o largo plazo. Las principales causas de morbimortalidad asociadas a la presencia del Material Particulado son las enfermedades cardiovasculares y respiratorias, siendo los más vulnerables, los ancianos y los niños. Asimismo, dichos estudios no han hallado una concentración de Material Particulado en el aire, por debajo de la cual no se observe efectos en la salud.

Investigaciones epidemiológicas llevadas a cabo en el Perú, relacionan la contaminación del aire con problemas respiratorios crónicos especialmente en mujeres que estuvieron expuestas al humo de la biomasa. Igualmente un estudio realizado en una muestra de policías de tránsito relacionó la exposición a la contaminación del aire con síntomas de tos y congestión de la mucosa nasal. Estudios epidemiológicos de prevalencia de asma en escolares de 3 a 14 años se llevaron a cabo del 2003 al 2005 en las trece ciudades priorizadas por el D.S. N° 074-2001-PCM que aprobó los Estándares de Calidad Ambiental para Aire y aplicaron el formulario Internacional Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC), habiendo observado una mayor prevalencia de las enfermedades respiratorias crónicas en los escolares que estudiaban en las zonas con mayores niveles de concentración de contaminantes del aire.

El país cuenta con un marco legal que regula los niveles de concentración de contaminantes primarios en el aire (Decreto Supremo N° 074-2001-PCM que aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire), sin embargo, el avance en el establecimiento de los Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas para las diversas actividades antropogénicas ha sido lento, ya que quedan aún varias actividades por regular.

Actualmente se cuenta con dos programas de vigilancia de la calidad del aire, la primera administrada por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) con seis estaciones de monitoreo y la segunda administrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) con diez estaciones de monitoreo, ambas han tratado de complementarse. El SENAMHI ha desarrollado Índices de Calidad del Aire para diversos estados de la calidad del aire, los que se utilizan en los reportes publicados en su página web. Protransportes, ha instalado tres estaciones de monitoreo en el ámbito de influencia del Corredor Segregado de Alta Capacidad I – COSAC I que opera en el eje Norte - Sur de la capital, por lo que se tiene en total en la capital, diecinueve (19) estaciones de monitoreo a la fecha, todas ellas reportan las concentraciones de Material Particulado menor a 10 micras (PM_{10}).

Así mismo la DIGESA ha realizado dos estudios de saturación de la calidad del aire, el primero el año 2000 y el segundo el 2011, habiendo observado una tendencia a la disminución en las concentraciones de dióxido de azufre y material particulado, explicado por la introducción del gas natural y gas ligero de petróleo como combustibles principalmente de vehículos de transporte público. Otros estudios de calidad del aire en otras zonas de Lima, han hallado que las concentraciones medidas en puntos y períodos acotados, no sobrepasaron los ECA.

A la fecha del estudio 2013, sólo se contaba con 9 estaciones operativas 4 de la DIGESA y 5 del SENAMHI, notándose con preocupación que los reportes de data de DIGESA cubren sólo el 22 % de días del año.

Los promedios anuales de las 4 zonas exceden el ECA anual de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la Zona Norte es la que tiene el promedio anual más alto $97 \mu\text{g}/\text{m}^3$, seguido por la Zona Este $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Sur $89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y centro que presenta el menor promedio anual $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En relación al ECA diario, los resultados nos muestran que, en la zona Centro si bien ningún día se excedió el valor ECA de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 274 días excedieron el valor guía de la OMS $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que equivale al 75% de días del año. La Zona Sur tiene 19 días que excedieron el valor del ECA diario, mientras que 337 días se excedió el Valor Guía de la OMS (92,3%). La Zona Este presenta 11 días que exceden el ECA diario y el valor Guía OMS es excedido 350 días, ósea solo 15 días cumplieron con dicho valor. Finalmente la Zona Norte, las

concentraciones diarias reportadas exceden el valor ECA diario 57 días y el valor guía 307 días.

La OMS ha desarrollado un modelo conocido como el AirQ que combina la exposición (niveles de calidad del aire, población) con la respuesta (causas de mortalidad y morbilidad) para determinar valores que se atribuyen a los efectos en la salud por el material particulado, tomando en cuenta factores de riesgo relativo para tres niveles, alto, medio y bajo. Se corrió este modelo, llegándose a estimar en una hipótesis de riesgo medio, que 1220 casos de muertes se atribuyen al PM_{10} , de las cuales, 468 tuvieron como causa enfermedades respiratorias y 175 enfermedades cardiovasculares.

Del mismo modo, se puede decir que 1900 casos de admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias, 495 por enfermedades cardiovasculares y 1222 admisiones por ataques de asma en niños son atribuibles a PM_{10} .

En cuanto a la valoración económica, considerando la Hipótesis de Riesgo Medio, el costo en el impacto en la salud asciende a US \$805'941,948, de los cuales para los casos de mortalidad atribuible a la contaminación por PM_{10} , usando el método de capital humano da un valor de US\$ 802.288.960 (ochocientos dos millones doscientos ochenta y ocho mil novecientos sesenta dólares americanos). El costo de las admisiones hospitalarias respiratorias y cardiovasculares asciende en el escenario de riesgo medio a US\$ 3'199,430 y por ausentismo laboral y actividad restringida US\$ 453,558.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire, es uno de los mayores problemas que afecta a la salud pública tanto de los países desarrollados como los en desarrollo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha evaluado la carga de enfermedad debida a la contaminación del aire, estimando que más de dos millones de muertes prematuras se pueden atribuir cada año a los efectos de la contaminación del aire en espacios abiertos urbanos y espacios cerrados (por la quema de combustibles sólidos) y, más de la mitad de esta carga de enfermedad, recae en los países en desarrollo¹.

Recientes estimaciones de la carga global de enfermedades, señalan que la contaminación del aire exterior es responsable de aproximadamente 1,4% de la mortalidad total, 0,4% de los años de vida ajustados en función de la discapacidad y 2% de todas las enfermedades cardiopulmonares².

A nivel global, 4,3 millones de muertes fueron atribuidos a la contaminación del aire doméstico en el 2012, casi todos en países de bajos y medianos ingresos. Las regiones del sud este asiático y del oeste del Pacífico asumen la mayor parte de la carga con 1,69 y 1,62 millones de muertes respectivamente. Alrededor de 600 000 muertes ocurren en África, 200 000 en la región este del Mediterráneo, 99 000 en Europa y 81 000 en la Américas. El resto, 19 0000 muertes ocurren en los países con altos ingresos³.

El elevado incremento de la carga, en relación a lo estimado en el 2004 (2 millones de muertes por el aire doméstico contaminado)⁴ se debe a 1) los resultados adicionales como las enfermedades cerebrovasculares y las enfermedades isquémicas del corazón incluidos en el análisis⁵; 2) evidencia adicional que está disponible sobre la relación entre exposición y resultado de salud y el uso de funciones integradas de exposición respuesta⁶; y 3) un incremento en las enfermedades no comunicables.

Según la OMS, alrededor del 80% de los 3,7 millones de muertes que se atribuye a la contaminación del aire exterior se produjo como resultado de accidentes cerebrovasculares y enfermedades cardíacas, el 11% por enfermedades pulmonares y el 6% por cánceres. El mayor número de casos fueron del Asia, y 180 000 en las Américas y Europa combinados.

“Pocos riesgos tienen un impacto mayor en la salud global hoy en día que la contaminación del aire, la evidencia señala la necesidad de una acción concertada para limpiar el aire que todos respiramos”, señaló María Neira, directora del Departamento de Salud Pública, ambiental y determinantes sociales de la OMS⁷.

En el área conurbada de Lima Metropolitana y el Callao, que tiene el 31% de la población del país, se desarrollan múltiples actividades productivas y de servicios y se concentra la mayor parte de las actividades político – administrativas del país. Esto significa la liberación de una gran carga de contaminantes a los diversos medios ambientales, particularmente a la atmósfera, proveniente de fuentes variadas como las industriales y el parque automotor que concentra el 65% (1 395 576 vehículos) del Parque Automotor Nacional⁸. El 2008, la Gerencia de Transporte estimó que en Lima se generaban cerca de 10 millones de viajes al día, correspondiendo el 80% al transporte público⁹.

Esta situación conlleva a la población a percibir la contaminación del aire como uno de los mayores problemas ambientales. Así en la Encuesta Lima Cómo Vamos del 2012 y no obstante que para el 2012, la percepción de la población en relación a la contaminación ambiental ha bajado, 34,3% (frente a un 47,8% del 2011 y 50,8% del 2010), éste sigue siendo el tercer problema más importante que afecta la calidad de vida para los pobladores de la ciudad de Lima. Cabe señalar, que el transporte público es el segundo problema más importante, y el mismo que es una de las principales fuentes de contaminación del aire.

Asimismo, en relación a cuál de los temas ambientales debería recibir mayor atención, la calidad del aire se ubica en un cuarto lugar (después de la congestión vehicular, el sistema de recojo de la basura y las áreas verdes y los árboles). En esta misma encuesta, el 49,99% de los entrevistados estuvieron de acuerdo en dar una colaboración económica para prevenir la contaminación del medio ambiente, es decir estaban dispuestos a pagar por tener un mejor ambiente¹⁰.

El crecimiento económico que se vive en nuestro país posiciona a Lima como la ciudad más vivible del país, con muchas facilidades, con mejoras en el transporte público masivo debido al servicio que brindan el Metropolitano y el Metro de Lima, sin embargo, debido al incremento en el parque vehicular, el constante congestionamiento y la poca o nula existencia de fiscalización del cumplimiento de los límites máximos permisibles para las emisiones vehiculares, el parque automotor sigue siendo la principal fuente de contaminación del aire, especialmente de material particulado, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y dióxido de carbono (que es un gas de efecto invernadero).

¹Informe sobre la salud en el mundo 2002. Reducir los riesgos y promover una vida sana. Organización Mundial de la Salud. Ginebra 2002

²Outdoor air pollution. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Environmental Burden of Disease Series, Nº 5. Bart Ostro. World Health Organization. Protection of the Human Environment. Geneva 2004.

³Burden of disease from Ambient Air Pollution for 2012. World Health Organization. Geneva 2014.

⁴Global health Risks. Mortality and burden disease attributable to selected major risk. World health Organization, Geneva 2009

⁵Millions Dead: How Do We Know and What Does It Mean? Methods Used in the Comparative Risk Assessment of Household Air Pollution. Annual Review of Public Health. Vol. 35: 185-206 (Volume publication date March 2014). Kirk R. Smith, Nigel Bruce, Kalpana Balakrishnan, Heather Adair-Rohani, John Balmes, Zoë Chafe, Mukesh Dherani, H. Dean Hosgood, Sumi Mehta, Daniel Pope, Eva Rehfuess, and others in the HAP CRA Risk Expert Group

⁶Burnett R et al. 2014. Environmental Health Perspectives, advanced publication 7 February 2014, <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1307049>

⁷WHO: air pollution 'is single biggest environmental health risk'. <http://www.theguardian.com/environment/2014/mar/25/air-pollution-single-biggest-environmental-health-risk-who>

⁸INEI. Estadísticas del Parque Automotor en circulación a nivel nacional, según departamento, 2004 – 2012. Incluye el Callao

⁹<http://www.gtu.munlima.gob.pe/proyectos/concesionrutas.htm>. Visitado el 26.05.2014

¹⁰Encuesta Lima cómo vamos 2012. Informe de percepción sobre calidad de vida.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía (SENAMHI), señaló en su informe que la calidad del aire en Lima Metropolitana se encuentra muy influenciada por las concentraciones de Material Particulado menor a 10 micrómetros (PM_{10})¹¹. En tanto que el Informe de saturación de la DIGESA realizado durante el 2011, señala que si bien el Material Particulado PM_{10} ha bajado en concentración, aún se exceden los Estándares de Calidad Ambiental –ECA, al igual que el Material Particulado menor a 2,5 micrómetros ($PM_{2,5}$)¹².

Este contexto, muestra un escenario para Lima Metropolitana y el Callao de preocupación toda vez que si no se adoptan decisiones para minimizar las emisiones a la atmósfera tanto de las fuentes fijas como las móviles, la calidad del aire empeorará y dado que han entrado en vigencia desde este año, valores más estrictos para los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para los parámetros de material particulado menor a 2,5 micras y el dióxido de azufre, las evaluaciones de la calidad del aire, mostrarán mayor número de excedencias y, siendo estos valores los recomendados en las Guías de la OMS, puede presumirse que se hará visible el riesgo de la población de esta zona metropolitana a sufrir enfermedades respiratorias y cardiovasculares, entre otras.

El presente estudio de los efectos en la salud de las personas por la contaminación del aire, usará una herramienta diseñada por la OMS, conocida por el Air-Q para estimar el riesgo de morbimortalidad atribuible a la contaminación atmosférica. Se sabe que la evaluación e interpretación del impacto de los riesgos para la salud no resulta fácil, debido a la complejidad que revisten la obtención y la interpretación de datos probatorios sobre los riesgos y sobre su relación causal con las enfermedades y discapacidades a nivel poblacional¹³.

Se espera que los resultados sean útiles para los tomadores de decisiones, en la formulación de políticas y adopción de medidas de control, mitigación, minimización de emisiones y fiscalización de las normas ambientales en materia de contaminación del aire.

¹¹Evaluación de la calidad del aire en Lima Metropolitana 2011. SENAMHI. Lima, 2013

¹²II Estudio de Saturación de Calidad del Aire en el Área Metropolitana de Lima-Callao - 2011

¹³Riesgos para la salud mundial: progresos y desafíos. Gretchen Stevens, Maya Mascarenhas & Colin Mathers. Boletín de la Organización Mundial de la Salud. 2009;87:646-646. doi: 10.2471/BLT.09.070565

IMPACTOS EN LA SALUD Y VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE

1.1 EFECTOS EN LA SALUD POR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

La Organización Mundial de la Salud (OMS) informó que en el año 2012 unas 7 millones de personas murieron –una de cada ocho del total de muertes en el mundo- como consecuencia de la exposición a la contaminación atmosférica. Esta conclusión duplicó las estimaciones anteriores y confirma que la contaminación atmosférica constituye en la actualidad, por sí sola, el riesgo ambiental para la salud más importante del mundo. Si se redujera la contaminación atmosférica podrían salvarse millones de vidas.

Estudios recientes muestran el estrecho vínculo entre la exposición a la contaminación atmosférica en general y la del aire de interiores y las enfermedades cardiovasculares, como los accidentes cerebrovasculares y las cardiopatías isquémicas, así como entre la contaminación atmosférica y el cáncer. Esto es además de la función que desempeña la contaminación atmosférica en el desarrollo de enfermedades respiratorias, como las infecciones respiratorias agudas y las neumopatías obstructivas crónicas¹⁴. El rango en los efectos de la salud respiratoria va desde una irritación aguda con broncoconstricción hasta inflamación crónica, fibrosis e incluso cáncer¹⁵.

Las nuevas estimaciones no sólo se deben a un conocimiento más amplio de las enfermedades provocadas por la contaminación atmosférica, sino también a una mejor evaluación de la exposición humana a los contaminantes atmosféricos gracias a mediciones y tecnología más avanzadas. Ello ha permitido a los científicos analizar más pormenorizadamente los riesgos para la salud a partir de una distribución demográfica más amplia que incluye ahora las zonas rurales, además de las urbanas.

En la evaluación realizada por los científicos se incluye el siguiente desglose de las muertes atribuidas a enfermedades específicas, lo que pone de relieve que la gran mayoría de las muertes vinculadas a la contaminación atmosférica se deben a enfermedades cardiovasculares:

- Muertes debidas a la contaminación atmosférica (por enfermedad):

- 40% – cardiopatía isquémica;
- 40% – accidente cerebrovascular;
- 11% – neumopatía obstructiva crónica;
- 6% - cáncer de pulmón; y
- 3% – infección aguda de las vías respiratorias inferiores en los niños.

- Muertes debidas a la contaminación del aire de interiores (por enfermedad):
- 34% - accidente cerebrovascular;
- 26% - cardiopatía isquémica;
- 22% - neumopatía obstructiva crónica;
- 12% - infección aguda de las vías respiratorias inferiores en los niños; y
- 6% - cáncer de pulmón;

Las nuevas estimaciones se basan en los últimos datos de la OMS sobre mortalidad de 2012 y en las pruebas de que la exposición a la contaminación atmosférica supone un riesgo para la salud. Las estimaciones de la exposición de las personas a la contaminación atmosférica en diferentes partes del mundo se formularon a través de una nueva cartografía de datos mundiales que incluía datos recabados por satélite, mediciones procedentes de la vigilancia en tierra y datos sobre emisiones contaminantes procedentes de fuentes fundamentales, así como de modelos sobre las pautas de desplazamiento de la contaminación en el aire¹⁶.

Las relaciones entre la liberación de contaminantes a la atmósfera, la exposición humana y, en especial, los efectos en la salud, son complejas. Los contaminantes son liberados por fuentes intramuros y extramuros. La mayoría de los contaminantes están diluidos y transformados por procesos físicos y químicos que van desde el movimiento de los mismos en el aire hasta su contacto con la población.

Los efectos agudos de la contaminación del aire se han asociado principalmente a dos tipos de contaminantes: primero, al complejo de óxidos de azufre y partículas proveniente del uso de combustibles fósiles que contienen azufre y segundo a los oxidantes fotoquímicos formados en la atmósfera por complejas reacciones químicas entre hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono todos relacionados con las emisiones vehiculares¹⁷. Típicamente, las fuentes móviles contribuyen con un 50% o más en las concentraciones de material particulado en las áreas urbanas¹⁸.

¹⁴Comunicado de la OMS del 25 de marzo de 2014 | Ginebra

¹⁵Contaminación del aire, riesgos para la salud. J. Héctor Gutiérrez, Isabelle Romieu, Germán Corey, Teresa Fortoul. 1997.

¹⁶Riesgos para la salud mundial: progresos y desafíos. Gretchen Stevens, Maya Mascarenhas & Colin Mathers. Boletín de la Organización Mundial de la Salud. 2009;87:646-646. doi: 10.2471/BLT.09.070565

¹⁷Contaminación del aire, riesgos para la salud. J. Héctor Gutiérrez, Isabelle Romieu, Germán Corey, Teresa Fortoul. 1997

¹⁸Outdoor air pollution. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Environmental Burden of Disease Series Nº 5. Bart Ostro. WHO 2004

Usualmente se suele dividir en dos grupos principales, las partículas gruesas y las partículas finas. Las partículas pequeñas menores a $2,5 \mu\text{m}$ contienen aerosoles formados en reacciones secundarias, partículas de la combustión y vapores metálicos y orgánicos recondensados. Las partículas gruesas contienen usualmente material de la corteza terrestre y polvo de las carreteras y de la industria. La fracción fina contiene mayor acidez y actividad mutagénica. La mayor parte de las partículas se hallan como finos (entre 100 nm y $2,5 \mu\text{m}$), pero hay otro porcentaje importante que están como ultrafinos (menores a 100 nm)¹⁹.

Conviene clasificar las partículas por sus propiedades aerodinámicas²⁰ porque éstas orientan el transporte y remoción de las partículas en el aire, su deposición en el sistema respiratorio y están asociadas con la composición química de las partículas y fuentes de generación. Las partículas se muestrean y se describen sobre la base de su diámetro aerodinámico, llamado simplemente el tamaño de partícula.

Las partículas contienen una gran proporción de carbón negro (u hollín), el cual se ha constituido durante los últimos años en un contribuyente importante al cambio climático mundial. El hollín es el componente del material particulado que más luz absorbe e igual que otros contaminantes que afectan la salud, es formado en la combustión incompleta de combustibles fósiles, biocombustibles y biomasa. Cuando se encuentra suspendido en el aire, el carbón negro absorbe la luz solar y genera calor en la atmósfera. Puesto que es un contaminante de corta vida, esto es, permanece en la atmósfera por sólo una a cuatro semanas, sus efectos en el clima son de carácter primordialmente regional. Puesto que las fuentes de emisión son similares, una reducción en la emisión de partículas, especialmente $\text{PM}_{2,5}$, tiene el beneficio adicional de reducir el hollín y así contribuye con la disminución de los impactos de los contaminantes de corta vida²¹.

1.2 EFECTOS EN LA SALUD POR MATERIAL PARTICULADO (PM)

Los efectos en la salud por exposición prolongada a niveles subagudos de dióxido de azufre y partículas están mejor estudiadas y documentadas que cualquier otro contaminante o grupo de contaminantes del aire. La evidencia científica proviene de estudios epidemiológicos, toxicológicos y de exposición controlada en seres humanos. Para el material particulado se ha acumulado evidencia de su relación causal con la mortalidad prematura de causa cardiovascular, respiratoria y cáncer pulmonar; y efectos en la morbilidad como incremento de las admisiones hospitalarias por cardiopatía coronaria, insuficiencia cardíaca, asma bronquial, Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), efectos sobre el peso al nacer, la tasa de prematuridad, etc²².

Estudios epidemiológicos realizados en todo el mundo, particularmente referidos al material particulado $\text{PM}_{2,5}$ y PM_{10} han de-

mostrado una asociación entre mortalidad y morbilidad, y las exposiciones diarias o en largos periodos (por más de 1 año) en ambientes contaminados con material particulado. Los impactos estimados de mortalidad ocurren predominantemente en personas adultas mayores con enfermedades cardiovasculares y respiratorias preexistentes y también en ancianos. La morbilidad incluye admisiones hospitalarias y visitas a las salas de emergencia, ataques de asma, bronquitis, síntomas respiratorios y pérdidas de días de trabajo y de asistencia al colegio²³.

El estudio realizado por C. Arden Pope et al., señala que la contaminación por material particulado fino y óxidos de azufre fueron asociados con todas las causas, cáncer al pulmón y mortalidad cardiopulmonar. Por cada $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento de material particulado fino, fue asociado con aproximadamente a 4%, 6% y 8% de incremento del riesgo para toda causa, mortalidad cardiopulmonar y por cáncer al pulmón respectivamente. Las mediciones de la fracción de material particulado grueso y partículas totales suspendidas no fueron consistentemente asociadas con la mortalidad; concluyendo que la exposición prolongada al material particulado fino proveniente de la combustión que contamina el aire, es un importante factor de riesgo que causa mortalidad cardiopulmonar y por cáncer al pulmón²⁴.

Lipfert et al., realizaron una investigación que consideró las relaciones entre mortalidad, densidad de tráfico vehicular y los niveles ambientales de contaminantes peligrosos del aire (carbón elemental, los óxidos de nitrógeno, el dióxido de azufre y los sulfatos), los cuales fueron utilizados como marcadores de fuentes específicas de emisiones como son el tráfico vehicular, la combustión de carbón, las fundiciones e industria metálica y se estimaron sus emisiones usando factores de emisión y modelos de dispersión atmosférica. Analizaron las asociaciones entre los niveles ambientales de estos contaminantes del condado y los patrones de supervivencia entre aproximadamente 70 000 hombres veteranos estadounidenses por el período de mortalidad (1976 - 2001), tipo de exposición y nivel de densidad de tráfico, habiendo hallado asociaciones significativas entre la mortalidad por todas las causas y de los indicadores de calidad del aire relacionados con el tráfico y con la densidad del tráfico en sí, con relaciones más estrechas para el benceno, formaldehído, partículas diesel, NO_x , y el carbón elemental.

El máximo efecto sobre la mortalidad para todos los individuos de esa cohorte durante el período de seguimiento de 26 años es de aproximadamente 10%, pero la mayoría de las muertes relacionadas con la contaminación en esta cohorte se produjo en los condados de mayor tráfico, donde el exceso de riesgo se aproxima al 20%. Sin embargo, la mortalidad asociada a las partículas diesel en los condados con alto y bajo tráfico es similar²⁵.

Los estudios epidemiológicos sugieren que el impacto de mortalidad es probable se produzca en primer lugar entre los ancianos,

¹⁹Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide. Report on a WHO Working Group. Germany, 2003

²⁰Que se caracterizan por el diámetro aerodinámico, que es el tamaño de una esfera de densidad unitaria con las mismas características aerodinámicas

²¹Joanne Green, Sergio Sánchez. Clean Air Institute. La calidad del Aire en América Latina. Una Visión Panorámica. USA 2012

²²Efectos de la fracción gruesa ($\text{PM}_{10-2.5}$) del material particulado sobre la salud humana. Revisión Bibliográfica MINSAL. Claudio Vargas R. 2011

Outdoor air pollution. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Environmental Burden of Disease Series Nº 5. Bart Ostro. WHO 2004

²³Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality and Long-term exposure to Fine Particulate Air Pollution. C. Arden Pope III, Richard R. Burnett, Michael J. Thun, Eugenia E. Calle, Daniel Krewski, Kazuhiko Ito, George D. Thurston. *Jama*, March 6, 2002 - Vol 287, Nº 9

²⁴Air Pollution and Survival within the Washington University-EPRI Veterans Cohort: Risks Based on Modeled Estimates of Ambient Levels of Hazardous and Criteria Air Pollutants. Frederick W. Lipfert,

²⁵Ronald E. Wyzga, Jack D. Baty and J. Philip Miller. *Journal of the Air & Waste Management Association*. Volume 59 April 2009

la estimaciones de la OMS indican que el 81% de las muertes se pueden atribuir a la contaminación del aire exterior y el 49% de los años de vida ajustados en función de la discapacidad atribuibles a la contaminación del aire, ocurrió en personas de 60 años o más. Asimismo, del total de las muertes atribuibles, el 3% sucede en niños menores de 5 años²⁶.

En otro estudio realizado entre 1988 a 1995 en la cuenca atmosférica de la costa sur de California, se examinaron las admisiones hospitalarias por enfermedades isquémicas cardíacas con y sin diagnóstico secundario de arritmia (ARR) o insuficiencia cardíaca congestiva (ICC) y asociaron a los contaminantes del aire. Evaluaron la vulnerabilidad entre las personas con estas condiciones a las variaciones diarias del ozono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno o material particulado menor a 10 micras; habiendo hallado asociación entre las admisiones y la presencia de CO y NO₂ en el aire, y particularmente con los efectos del CO. El incremento de 1ppm en el promedio de CO fue asociado con 3,6% de incremento en ese mismo día de admisiones hospitalarias con diagnóstico secundario de ICC y un incremento de 2,99% en personas con diagnóstico secundario de arritmia y, el incremento de un 1,62% en las admisiones de personas sin diagnósticos secundarios. La contaminación del aire fue asociada fuertemente a las admisiones hospitalarias por infarto al miocardio. Este estudio sugiere que las personas con enfermedades isquémicas del corazón y con diagnóstico secundario de arritmia o ICC, constituyen un subgrupo sensible en relación a los efectos de los contaminantes del aire asociados con las emisiones vehiculares²⁷.

Entre 1998 y el 2004, se realizó un estudio en Helsinki, Finlandia a fin de tener información de los efectos del material particulado fino con diámetro menor a 2,5 micras (PM_{<2,5}) sobre el asma y las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas en niños, adultos y ancianos. Midió los niveles de material particulado, NO₂ y CO en el aire durante todo el período de estudio y asociaron los niveles de contaminación diaria y las visitas a emergencia por asma (CIE: J45+J46) en niños menores de 15 años, y por asma y EPOC (CIE: J41+J44) en adultos entre 15 y 64 años y ancianos mayores a 65 años. El estudio concluyó que entre los niños, el PM_{2,5} ha tenido efectos retardados, en tanto que entre los ancianos los efectos se manifestaron de manera inmediata. Estos hallazgos sugieren que los mecanismos de los efectos respiratorios por la contaminación del aire son diferentes en cada grupo de edad²⁸.

El Dr. Claudio Vargas realizó una revisión bibliográfica sobre los efectos de la fracción gruesa (PM_{10-2,5}) del Material Particulado sobre la salud humana en el marco de la revisión de la norma de calidad del aire para PM₁₀ de Chile. Indica que para el material particulado se acumuló evidencia que apoya su relación causal con la mortalidad prematura de causa cardiovascular, respiratoria y cáncer pulmonar, así como múltiples efectos en la morbilidad como hospitalizaciones por cardiopatía coronaria, insuficiencia

cardíaca, asma bronquial, EPOC, efectos sobre el peso al nacer, la tasa de prematuridad y otras²⁹.

Para ver los efectos de la exposición de corto plazo de la fracción gruesa sobre la mortalidad, revisó 17 estudios publicados en la literatura internacional que analizan la asociación mortalidad diaria y niveles diarios de particulado grueso medido por métodos directos e indirectos, los que muestran que el incremento del material particulado presentan un efecto en la mortalidad, especialmente en ciudades con clima seco y altura. El estudio más grande realizado que comprendió 47 ciudades norteamericanas halló un efecto estadísticamente significativo ajustado por particulado fino en mortalidad total, cerebrovascular y respiratoria del orden de 0,47 a 1,14% por cada 10µg/m³ de incremento en PM_{10-2,5}. Concluye el Dr. Vargas que hay evidencia epidemiológica creciente que apoya el efecto de la exposición aguda sobre la mortalidad diaria.

Un equipo de científicos realizó una evaluación integrada de los Estándares de Calidad Ambiental primarios (basados en la salud humana) y secundarios (basados en el bienestar) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) para Material Particulado, a fin de proponer su modificación sobre la base de las evidencias científicas. A continuación se realiza una síntesis de esta evaluación que responde a varias interrogantes, entre ellas, si se tiene nueva información sobre los efectos de una exposición en el corto y largo plazo a partículas finas (torácicas); qué evidencias hay sobre las fuentes y naturaleza de las partículas, a qué niveles de concentración ocurren los efectos adversos a la salud?. La evaluación se realizó en base a estudios de exposición de la población, de los efectos toxicológicos en animales, en vivo y en vitro, de estudios epidemiológicos, así como los estudios de clima, visibilidad, concentraciones de material particulado³⁰.

1.2.1 EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A CORTO PLAZO A PM_{2,5}

Para una exposición en períodos cortos o breves se han observado los siguientes efectos:

- Efectos Cardiovasculares (causal)
- Efectos Respiratorios (probable causalidad)
- Mortalidad (causal)

1.2.1.1 Efectos cardiovasculares

Estudios epidemiológicos que examinaron los efectos del PM_{2,5} sobre las visitas a emergencias y admisiones hospitalarias reportaron consistentes asociaciones positivas (predominantemente para las enfermedades isquémicas del corazón e insuficiencia cardíaca congestiva), observándose un incremento de 0,5 a 3,4% de estos efectos por un incremento de cada 10µg/m³ de PM_{2,5}. Los estudios reportaron también el incremento en la mortalidad cardiovascular que va desde 0,47 a 0,85% con concentraciones

²⁶Efectos de la fracción gruesa (PM_{10-2.5}) del material particulado sobre la salud humana. Revisión Bibliográfica MINSAL. Claudio Vargas R. 2011

Outdoor air pollution. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Environmental Burden of Disease Series Nº 5. Bart Ostro. WHO 2004

²⁷Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality and Long-term exposure to Fine Particulate Air Pollution. C. Arden Pope III, Richard R. Burnett, Michael J. Thun, Eugenia E. Calle, Daniel Krewski, Kazuhiko Ito, George D. Thurston. *Jama*, March 6, 2002 - Vol 287, Nº 9

²⁸Air Pollution and Survival within the Washington University-EPRI Veterans Cohort: Risks Based on Modeled Estimates of Ambient Levels of Hazardous and Criteria Air Pollutants. Frederick W. Lipfert, Ronald E. Wyzga, Jack D. Baty and J. Philip Miller. *Journal of the Air & Waste Management Association*. Volume 59 April 2009

²⁹Outdoor air pollution. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Environmental Burden of Disease Series, Nº 5. Bart Ostro. World Health Organization. Protection of the Human Environment. Geneva 2004.

³⁰Air Pollution and Hospital Admissions for Ischemic Heart Disease in Persons with Congestive Heart Failure or Arrhythmia. Jennifer K. Mann, Ira B. Tager, Fred Lurmann, Mark Segal, Charles P. Quesenberry, Jr., Marlene M. Lugg, Jun Shan and Stephen K. Van Den Eeden. *Volumen 110 | Number 12 | December 2002*.

"Urban air pollution, and asthma and COPD hospital emergency room visits. J I Halonen, T Lanki, T Yli-Tuomi, M Kulmala, P Tiittanen, J Pekkanen. *Thorax* 2008;63:635-641. doi:10.113/thx.2007.091371

"Efectos de la fracción gruesa (PM_{10-2.5}) del material particulado sobre la salud humana. Revisión Bibliográfica. MINSAL. Dr. Claudio Vargas R. Julio 2011

promedio (de 24 h) por encima de $12,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2,5}$.

La mayor evidencia consistente está dada por la alteración de la función vasomotora luego de una exposición a las emisiones del diesel ó partículas concentradas en el ambiente con ozono. También se ha observado efectos de depresión del segmento ST^{31} con estudios toxicológicos que demuestran el efecto de reducción del flujo sanguíneo durante la isquemia. Otros estudios toxicológicos han mostrado los mecanismos biológicamente posibles del incremento de la presión ventricular derecha y la disminución de la contractilidad cardíaca para asociaciones observadas entre el $\text{PM}_{2,5}$ y las fallas congestivas del corazón en estudios epidemiológicos. Señala la EPA que hay evidencia epidemiológica y estudios toxicológicos suficientes para concluir que existe una relación causal entre la exposición en períodos cortos al $\text{PM}_{2,5}$ y los efectos cardiovasculares.

1.2.1.2 Efectos Respiratorios

Recientes estudios epidemiológicos reportan consistentes asociaciones positivas entre la exposición de corto plazo al $\text{PM}_{2,5}$ y las visitas a la emergencia y admisiones hospitalarias por enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC) e infecciones respiratorias. Similares efectos se asociaron al asma tanto para adultos como niños (combinado, pues no hubo consistencia positiva cuando se observa sólo en niños). Muchos estudios observaron efectos en el rango de aprox. 1% a 4% de Incremento en las admisiones hospitalarias y visitas a emergencia con niveles de concentración promedio para 24 horas de $\text{PM}_{2,5}$ en el rango de $6,1$ a $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. También se reportó consistencia en la asociación de exposición al $\text{PM}_{2,5}$ y la mortalidad respiratoria. Otros efectos observados fueron inflamación pulmonar, exacerbación de la respuesta alérgica y sensibilización alérgica luego de una exposición a las partículas de las emisiones del diesel.

Estos estudios realizados en animales reportaron una serie de efectos respiratorios como alteración de la función pulmonar, inflamación pulmonar leve y lesiones, respuestas oxidativas, hiperreactividad de las vías respiratorias en animales alérgicos y no alérgicos, exacerbaciones de la respuesta alérgica, y una mayor susceptibilidad a las infecciones.

Los estudios epidemiológicos, el control de la exposición humana y estudios toxicológicos muestran una amplia gama de respuestas respiratorias y evidencias suficientes para concluir que existe una relación causal entre la exposición a corto plazo a $\text{PM}_{2,5}$ y los efectos respiratorios.

1.2.1.3 Mortalidad

La literatura epidemiológica muestra consistentes asociaciones positivas entre la exposición de corto plazo al $\text{PM}_{2,5}$ y la mortalidad por toda causa (total) y mortalidad por causas cardiovasculares

y respiratorias. Estudios realizados en múltiples ciudades estimaron el riesgo de mortalidad total (no accidental) en el rango de 0,29 a 1,21% por el incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2,5}$, con concentraciones promedio y por debajo de $12,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio 24 h). El riesgo de mortalidad por causas cardiovasculares fue similar al de la mortalidad total y el de mortalidad por causas respiratorias fue mayor (de 1,01 - 2,2%) para el mismo período y concentración promedio de $\text{PM}_{2,5}$. Los estudios evaluados proveen coherencia y posibilidad biológica de que el $\text{PM}_{2,5}$ induce a la mortalidad cardiovascular (que representa el componente más grande de la mortalidad total en los Estados Unidos, aprox. 35%). Todos estos estudios conllevan una evidencia de la existencia de relación causal entre la exposición a corto plazo a $\text{PM}_{2,5}$ y la mortalidad.

1.2.2 EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A LARGO PLAZO A $\text{PM}_{2,5}$

Para una exposición en períodos de largo plazo se han observado los siguientes efectos:

- Efectos Cardiovasculares (causal)
- Efectos Respiratorios (probable causalidad)
- Mortalidad (causal)
- Efectos reproductivos y para el desarrollo (se sugiere)
- Cáncer, mutagenicidad y genotoxicidad (se sugiere)

1.2.2.1 Efectos cardiovasculares

Fuerte evidencia de los efectos cardiovasculares por la exposición en el largo plazo a $\text{PM}_{2,5}$, se hallaron en múltiples estudios. Hay evidencia consistente entre esta exposición y la mortalidad cardiovascular y, aunque los estudios epidemiológicos no han evidenciado consistentemente efectos sobre los marcadores de la aterosclerosis debido a la exposición a largo plazo a $\text{PM}_{2,5}$, los estudios toxicológicos han proporcionado pruebas sólidas sobre el desarrollo acelerado de aterosclerosis en ratones expuestos a las partículas concentradas en el ambiente con efectos en la coagulación, hipertensión inducida experimentalmente, y en la reactividad vascular. Los estudios toxicológicos proveen la posibilidad biológica y coherencia de los efectos de morbilidad y mortalidad cardiovascular tanto para la exposición a corto plazo y el largo plazo, teniendo por tanto, evidencia científica para concluir que existe una relación causal entre la exposición al $\text{PM}_{2,5}$ en el largo plazo y los efectos cardiovasculares.

1.2.2.2 Efectos respiratorios

Resultados de estudios epidemiológicos han observado que la asociación entre la exposición en el largo plazo al $\text{PM}_{2,5}$ y la mortalidad respiratoria es limitada. Estudios toxicológicos crónicos y subcrónicos de partículas concentradas en el aire, emisiones de diesel en las vías de tránsito y humo de leña proveen coherencia y posibilidad biológica respecto de los efectos en la alteración de

³¹El segmento ST indica la cantidad de tiempo que transcurre desde el final de una contracción de los ventrículos hasta el comienzo del período de reposo

la función pulmonar, inflamación leve, supresión inmune y alteraciones histopatológicas que incluyen hiperplasia de las células de mucosas.

Se ha demostrado que animales expuestos a las emisiones del diesel y humo de leña han exacerbado su respuesta alérgica, asimismo, estudios en animales hallaron que la exposición pre y postnatal a partículas en niveles ambientales urbanas puede afectar el desarrollo pulmonar. Este hallazgo es importante ya que la alteración del desarrollo pulmonar es un mecanismo por el cual la exposición a Material Particulado puede disminuir el crecimiento de la función pulmonar en los niños. Se concluye por tanto, que hay evidencia epidemiológica y toxicológica de una relación causal entre la exposición de largo plazo al $PM_{2.5}$ y los efectos respiratorios.

1.2.2.3 Mortalidad

Se ha hallado asociación entre la exposición de largo plazo al $PM_{2.5}$ y el incremento del riesgo de mortalidad. Al evaluar la mortalidad por causas específicas, la evidencia más fuerte se encontró al examinar las asociaciones entre $PM_{2.5}$ y la mortalidad cardiovascular, y las asociaciones positivas entre $PM_{2.5}$ y la mortalidad por cáncer de pulmón. La asociación de la mortalidad cardiovascular ha sido confirmada por estudios prolongados además de los estudios Harvard Six Cities y de la Sociedad Americana del Cáncer, los cuales reportan asociaciones fuertes entre la exposición a largo plazo a $PM_{2.5}$ y la mortalidad cardiopulmonar y la mortalidad por enfermedades isquémicas del corazón (EIC). Además nuevas evidencias muestran asociaciones de esta exposición y la mortalidad por enfermedades cardiovasculares (ECV) en mujeres post menopáusicas. Pocos estudios han evaluado el componente respiratorio de la mortalidad cardiopulmonar, por lo cual la evidencia que soporte una asociación entre la exposición de largo plazo al $PM_{2.5}$ y la mortalidad respiratoria es limitada. La evidencia de la morbilidad por exposición al $PM_{2.5}$ en el corto y largo plazo provee la posibilidad de la mortalidad por causas cardiovasculares y respiratorias, concluyendo que hay evidencia suficiente de la existencia de relación causal entre la exposición de largo plazo al $PM_{2.5}$ y la mortalidad.

1.2.2.4 Efectos reproductivos y de desarrollo

Se viene acumulando evidencias de los efectos en la salud que causa el $PM_{2.5}$ como son el bajo peso al nacer y mortalidad infantil, especialmente por causas respiratorias durante el período post-neonatal. Las concentraciones promedio de $PM_{2.5}$ en el período de estudio fueron de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y por encima de este valor. Se estima que la exposición al $PM_{2.5}$ produce una mayor reducción en el peso al nacer que la exposición a PM_{10} , así como hay efectos adversos en el desarrollo fetal. No hay asociaciones consistentes entre la exposición al material particulado en el largo plazo y el parto prematuro, restricción del crecimiento, defectos de nacimiento o disminución de la calidad del esperma. Estudios

toxicológicos apoyan la asociación entre la exposición al material particulado y los efectos adversos en la reproducción y desarrollo, pero proveen poca información sobre el mecanismo biológico de la exposición y los efectos en el parto, como el bajo peso al nacer y la mortalidad. Estudios toxicológicos en animales están brindando nuevas evidencias sobre mutaciones hereditarias, lo que ha suscitado gran interés. En conclusión, la evidencia epidemiológica y toxicológica sugiere una relación causal entre la exposición a largo plazo a $PM_{2.5}$ y efectos reproductivos y de desarrollo adversos.

1.2.2.5 Cáncer, mutagenicidad y genotoxicidad

Múltiples estudios epidemiológicos han demostrado una asociación positiva consistente entre $PM_{2.5}$ y la mortalidad por cáncer de pulmón, pero los estudios en general, no han reportado asociación entre $PM_{2.5}$ y la incidencia de cáncer de pulmón. Estudios toxicológicos en animales han examinado la relación potencial entre el PM y el cáncer, pero no se han enfocado en el tamaño de las fracciones de PM. Han evaluado ambientes con material particulado proveniente del humo de leña, y de las emisiones del diesel. Varios estudios indican que el PM en ambientes urbanos, que provienen de las emisiones de la quema de biomasa, de la combustión de carbón y gasolina y del diesel son mutagénicos, y que los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) son genotóxicos. Estos resultados son consistentes con estudios previos que concluyeron que el material particulado ambiental y el de las fuentes de combustión específicas son mutagénicos y genotóxicos y proporcionan plausibilidad biológica de los resultados observados en los estudios epidemiológicos.

Pocos estudios epidemiológicos y toxicológicos examinaron los efectos epigenéticos³², y demostraron que el PM induce algunos cambios en la metilación. Sin embargo, aún no se ha determinado cómo estas alteraciones en el genoma podrían influir en la iniciación y promoción del cáncer. Además, la inflamación y la inmunosupresión inducida por la exposición a PM pueden conferir susceptibilidad al cáncer. En conjunto, la evidencia de los estudios epidemiológicos, principalmente los de la mortalidad por cáncer de pulmón, junto con los estudios toxicológicos que muestran alguna evidencia de los efectos mutagénicos y genotóxicos del material particulado sugieren una relación causal entre la exposición a largo plazo a las $PM_{2.5}$ y el cáncer.

1.2.3 EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A CORTO PLAZO AL $PM_{10-2.5}$

Los efectos observados por una exposición a corto plazo a material particulado con diámetros entre 10 y 2,5 micras son los siguientes:

- Efectos Cardiovasculares (se sugiere)
- Efectos respiratorios (se sugiere)
- Mortalidad (se sugiere)

³²Integrated Science Assessment for Particulate Matter. United States Environmental Protection Agency EPA. December 2009, EPA/600/R-08/139F. National Center for Environmental Assessment-RTP Division Office of Research and Development. USEPA.

1.2.3.1 Efectos cardiovasculares

En general se reportaron asociaciones positivas entre la exposición a corto plazo a $PM_{10-2.5}$ y las admisiones hospitalarias o visitas a las emergencias por causas cardiovasculares. Estos resultados están basados en estudios multicidades realizados de los estados Unidos en adultos mayores que reportaron asociaciones del $PM_{10-2.5}$ con admisiones hospitalarias por enfermedades cardiovasculares. Las concentraciones de material particulado observadas estuvieron en el rango de 6,1 - 16,4 $\mu g/m^3$ (promedio de 24 horas). Adicionalmente se tienen estudios epidemiológicos que reportaron asociaciones del $PM_{10-2.5}$ con efectos cardiovasculares incluyendo la ectopia supraventricular y los cambios en la variabilidad en la frecuencia cardíaca (VFC). Pocos estudios toxicológicos que examinaron los efectos cardiovasculares en roedores proveen evidencia limitada de los efectos cardiovasculares del $PM_{10-2.5}$.

En general, la evidencia de los estudios epidemiológicos, junto con la evidencia más limitada de la exposición humana controlada y estudios toxicológicos sugiere una relación causal entre la exposición a corto plazo a las $PM_{10-2.5}$ y cardiovasculares efectos.

1.2.3.2 Efectos Respiratorios

Un número de recientes estudios epidemiológicos realizados en Canadá y Francia hallaron asociaciones positivas contundentes entre las visitas por emergencias respiratorias y la exposición a corto tiempo del $PM_{10-2.5}$ en concentraciones en el rango de 5,6 - 16,2 $\mu g/m^3$. Estas asociaciones fueron más consistentes en estudios con niños y evidencia menos consistente en adultos y adultos mayores (≥ 65 años).

Un estudio grande multicidades con adultos mayores halló asociación positiva del $PM_{10-2.5}$ con las admisiones hospitalarias, también encontraron evidencia para un incremento en la mortalidad respiratoria. Un número limitado de estudios epidemiológicos se enfocaron en los resultados específicos de morbilidad respiratoria, y no encontraron ninguna evidencia de una asociación con síntomas en las vías respiratorias bajas, las sibilancias y el uso de medicamentos. En estudios con voluntarios sanos se observó un incremento en los marcadores de inflamación pulmonar.

Los estudios epidemiológicos de exposición humana y los toxicológicos que examinaron los efectos del $PM_{10-2.5}$ sugieren una relación causal entre la exposición de corto plazo del $PM_{10-2.5}$ y los efectos respiratorios.

1.2.3.3 Mortalidad

La mayoría de los estudios evaluados en la revisión proporciona alguna evidencia de la asociación de mortalidad con el $PM_{10-2.5}$ en

áreas con concentraciones en el rango de 6,1 - 16,4 $\mu g/m^3$. Sin embargo hay cierta incertidumbre en las asociaciones reportadas en los estudios debido a los diferentes métodos usados para estimar las concentraciones de $PM_{10-2.5}$ en los estudios transversales (por ejemplo, usando medidores dicotómicos, calculando la diferencia entre las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$).

Un nuevo estudio multicidades donde estimaron las concentraciones del $PM_{10-2.5}$ por diferencia entre los promedios del PM_{10} y $PM_{2.5}$ encontraron asociación entre la exposición a corto plazo al $PM_{10-2.5}$ y la mortalidad. Aunque se han observado asociaciones positivas consistentes en los estudios multicidades y de una ciudad, se necesitan más datos para caracterizar adecuadamente los componentes químicos y biológicos que pueden modificar la toxicidad potencial de $PM_{10-2.5}$ y comparar los diferentes métodos utilizados para estimar la exposición.

Toda la evidencia evaluada sugiere una relación causal entre la exposición de corto plazo al $PM_{10-2.5}$ y la mortalidad.

1.2.4 EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS ULTRAFINAS

En una exposición en períodos cortos a partículas ultrafinas se han observado los siguientes efectos:

- Efectos Cardiovasculares (se sugiere)
- Efectos Respiratorios (se sugiere)

1.2.4.1 Efectos cardiovasculares

Estudios de exposición humana controlados proporcionan la mayoría de evidencias de los efectos cardiovasculares como respuesta a exposición corta a las partículas ultrafinas (PUF), en tanto que hay un número limitado de estudios que han examinado la asociación entre las PUF y la morbilidad vascular. Hay estudios que han demostrado consistentemente los cambios en la función vasomotora seguida de la exposición a una atmósfera conteniendo relativamente alta concentración de partículas, al igual que se observó el incremento de los marcadores de estrés oxidativo sistémico luego de la exposición a PUF.

Pocos estudios toxicológicos han hallado cambios consistentes en la función vasomotora que proveen coherencia con los efectos demostrados en los estudios de exposición controlada de humanos. Adicionalmente, se observaron alteraciones en el ritmo cardíaco y efectos menos consistentes de inflamación y coagulación sanguínea. Sólo pocos estudios epidemiológicos que han examinado los efectos de las PUF sobre la morbilidad cardiovascular, hallaron evidencia inconsistente para una asociación entre las PUF y las admisiones hospitalarias, pero si una asociación positiva para medidas cardiovasculares subclínicas (arritmias y latidos supraventriculares).

En conclusión, la evidencia de los estudios evaluados sugiere una relación causal entre la exposición a corto plazo a las PUF y efectos cardiovasculares.

1.2.4.2 Efectos Respiratorios

Limitados estudios epidemiológicos han examinado la asociación potencial entre la exposición breve a PUF y la morbilidad respiratoria. De los estudios evaluados hay pocas evidencias inconsistentes para una asociación entre la exposición a corto plazo a las UFP y síntomas respiratorios, así como también para las admisiones hospitalarias por asma en lugares con una concentración del número de partículas promedio de ~ 6 200 a una media de 38 000 partículas/cm³ (la variabilidad espacial y temporal de la PUF también afecta esta asociación). Estudios toxicológicos han reportado efectos respiratorios que incluyen respuestas inflamatorias y alérgicas a diferentes tipos de PUF. Aunque pocos estudios de exposición humana controlada no han examinado extensivamente los efectos de las PUF sobre la respiración, unos cuantos estudios han observado un pequeño decrecimiento asintomático de la función pulmonar. Se observaron también el incremento de los marcadores de inflamación pulmonar en adultos saludables en exposiciones controladas.

Por lo tanto, la evidencia colectiva actual sugiere una relación causal entre la exposición a corto plazo a las PUF y efectos respiratorios.

1.3 INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL PERÚ

La preocupación por los efectos en la salud por la presencia del humo en ambientes domiciliarios viene de mucho tiempo atrás, sin embargo, hay a la fecha pocos estudios que han buscado una relación de causalidad entre los contaminantes del aire interior y exterior y los impactos en la salud, particularmente con las infecciones agudas respiratorias.

Así, en el estudio epidemiológico transversal realizado por Sattler en el año 1993 "Efecto de la contaminación ambiental intradomiciliaria por humo de combustión de biomasa sobre flujo espiratorio máximo en 2 comunidades rurales del Perú" en hombres y mujeres, relacionó las variables de años de exposición al humo de la biomasa y síntomas respiratorios crónicos, hallando que la relación del Flujo Espiratorio Máximo (FEM) observado respecto de lo esperado (FEMo/e) fue significativamente menor en mujeres que en hombres, probablemente por estar dichas mujeres más expuestas al humo de la biomasa por sus tareas de cocinar, lo cual constituye un factor de riesgo para adquirir una EPOC³³

El año 1998, se realizó un estudio de investigación descriptivo prospectivo sobre la influencia de contaminantes atmosféricos en la salud respiratoria (flujo espiratorio) del policía de tránsito, en una muestra de 104 policías de la ciudad de Lima (zonas centro

y sur). Con la aplicación de una ficha, identificaron los posibles efectos de la contaminación ambiental en la salud respiratoria del policía de tránsito, se realizaron mediciones del flujometría hallando que dos tercios de la muestra estaba afectada, siendo el más afectado el personal que trabaja por la tarde y lo hace en la zona centro que es donde mayor contaminación se verificó. Los síntomas evidenciados fueron la tos y la congestión de la mucosa nasal³⁴.

En un estudio analítico comparativo realizado en Abancay en 1999, en mujeres expuestas al humo de la biomasa por más de 20 años con otras no expuestas para determinar si existía disminución en la flujometría y saturación de oxígeno, se concluyó que en las mujeres expuestas existe una disminución significativa del Pico Espiratorio Forzado (PEF), asimismo presenta valores de saturación de oxígeno menores a 90%, con relación a las no expuestas³⁵.

Accinelli et. al, realizaron el año 1999, un estudio en Tarma y Barranca y encontró que los niños expuestos a combustibles de biomasa, comparados con los no expuestos, presentaban mayor frecuencia de síntomas como tos matutina, disnea al esfuerzo y sibilancias: 13,7% vs 2,8%, 24% vs 13% y 31% vs 26% respectivamente³⁶.

Otro estudio epidemiológico transversal, descriptivo, observacional en pacientes que acudieron a la consulta del Hospital Cayetano Heredia de Lima, efectuado el 2001 y en el que se aplicó espirometría, tomaron placas radiográficas, así como realizó chequeo clínico, se verificó que las mujeres que presentaban sibilancias, disnea y bronquitis crónica estuvieron expuestas durante mayor tiempo a los combustibles de biomasa, hallando una correlación entre la profusión y el tiempo de exposición. Se observó también que las mujeres con radiografía anormal tuvieron mayor tiempo de exposición³⁷.

Entre abril y diciembre del 2001, se realizó una investigación para establecer las relaciones de calidad ambiental y calidad de vida a través de índices de calidad (determinados mediante la evaluación de indicadores y matrices cuadráticas). En relación a la calidad del aire, se halló que los niveles de PM₁₀, Dióxido de Azufre (SO₂) y Plomo en PM₁₀, en el período de estudio sobrepasaban los límites máximos permisibles de la OMS y los estándares nacionales de calidad ambiental del aire, para el Perú; lo cual no sólo determinaba una disminución en la calidad del aire, sino que significa una disminución en la calidad de vida de la población, con efectos en la salud y en el deterioro del paisaje de la ciudad³⁸.

En Julio del 2002 se realizó en la ciudad de Trujillo, un estudio de exposición a contaminantes vehiculares (Material Particulado PM_{2,5} y Monóxido de Carbono CO, entre 58 trabajadores (choferes, vendedores ambulantes de periódicos, policías de tránsito y personal de grifos) y 10 trabajadores de oficinas que actuaron como controles. El PM_{2,5} fue medido mediante el uso de dosíme-

³³Carlos Arturo Sattler Pabón. Efecto de la contaminación ambiental intradomiciliaria por humo de combustión de biomasa sobre flujo espiratorio máximo en 2 comunidades rurales del Perú. Lima, 1.993

³⁴Rolando Alfonso Estrella Viladegut. Influencia de contaminantes atmosféricos en la salud respiratoria (flujo espiratorio) del policía de tránsito, zona Lima Sur y Centro, 1998.

³⁵Norky Eliana Herrera Guerra. Estudio comparativo de la flujometría pulmonar y oximetría en la mujer de altura expuesta a dos tipos de combustibles para cocinas: reporte preliminar. Lima, 1.999

³⁶Accinelli, R, Leey J, Vega L, Ruiz F, Amaro M. Biomass fuel combustion during childhood: The most important factor related with chronic bronchitis in Tarma (altitude-3050m) and Barranca (sea level), Perú. Am J Resp Crit Care Med, 1999, Lima, Perú)

³⁷Carlos Segundo Fajardo Vásquez. Hallazgos clínicos espirométricos y radiológicos en mujeres con exposición por más de 30 años a combustibles de biomasa. Lima, 2.001

³⁸Carlos Cabrera Carranza, Manuel Maldonado D., Walter Arévalo G., Renán Pacheco A., Alfredo Giraldo V, Sebastián Loayza. Relaciones entre calidad ambiental y calidad de vida en Lima Metropolitana. Revista del Instituto de investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y ciencias Geográficas. UNMSM. Vol. 5 N°09. Lima. Enero-Junio 2002.

tros personales marca SKC y para el CO se usó dosímetros personales activos en tiempo real marca Draeger Pac III y mediante el uso de tubos pasivos marca Draeger. Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) fueron medidos con dosímetros (tubos) pasivos tipo Tenax los cuales fueron analizados por medio de cromatografía de gases y espectrometría de masas.

Los vendedores ambulantes de periódicos tuvieron la máxima exposición al CO ($11,4 \pm 8,9$ ppm) medida mediante tubos pasivos, los trabajadores de oficinas tuvieron la mínima exposición al CO ($2,0 \pm 1,7$ ppm). Los choferes de micros ($161 \pm 8,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) tuvieron la máxima exposición al $\text{PM}_{2,5}$, mientras que los trabajadores de los grifos ($64 \pm 26,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y los de oficinas ($65 \pm 8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) tuvieron la mínima exposición al $\text{PM}_{2,5}$. En cuanto a la exposición al Benceno/Tolueno/Etilbenceno/Xileno (BTEX), los trabajadores de los grifos ($111/254/43/214 \mu\text{g}/\text{m}^3$) tuvieron una exposición mucho mayor que los choferes de micros, combies y de taxis. Las exposiciones estudiadas representan una preocupación para la salud ocupacional de estas personas³⁹.

En el Diagnóstico comparativo de la calidad del aire de los interiores de las viviendas de dos poblaciones indígenas del Perú realizado el 2003, más del 50% de los entrevistados en la comunidad de Ayamachay, Lambayeque manifestaron sufrir de tos con flema, que se podría ser debida a la inflamación o irritación bronquial que producen las partículas inferiores a 10μ generadas por la combustión de la leña; más aún, si esta molestia un 17% lo padece crónicamente. Se señala también que la contaminación del aire en las cocinas de las viviendas de las poblaciones indígenas evaluadas era innegable y ésta constituye uno de los mayores factores de riesgo de sufrir infecciones respiratorias agudas en la infancia, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, enfermedades de las vías respiratorias superiores y otitis media, asma o exacerbación de ella, otras enfermedades pulmonares como la bronquitis crónica, cáncer del tracto nasofaríngeo y de la laringe, tuberculosis pulmonar, cataratas, entre otras enfermedades, así como que los niños tengan bajo peso al nacer y un incremento en la tasa de mortalidad de los lactantes⁴⁰.

El 2005 un equipo de la Universidad Cayetano Heredia, realizó evaluaciones en tres comunidades rurales, la primera se realizó en la comunidad de Cutini Capilla, provincia de Chucuito, Puno, evaluando a 123 pobladores mediante encuestas, espirometrías, radiografías de tórax, análisis de gases arteriales, encontrando que las personas que reportaron algún síntoma respiratorio tenían más tiempo de exposición al combustible de biomasa que aquellos que no reportaron ningún síntoma. Posteriormente 127 pobladores de las comunidades de Ayamachay y Uyshahuasi fueron evaluados clínicamente y se les realizó espirometrías entre otros análisis, observándose que el tiempo de exposición e índice de exposición se correlacionaron positivamente con el número de años con tos por lo menos de 3 meses y el número de días por semana con expectoración. Hallaron que, además de la bronqui-

tis crónica, los años de exposición a los humos de combustibles de biomasa se relacionan con la presencia de síntomas respiratorios. Y hay relación entre síntomas, saturación de oxígeno y años de exposición, tiempo que se pasa en la cocina y tamaño de la misma⁴¹.

Como parte del proceso de implementación de los Estándares de Calidad del Aire aprobados el año 2001, el Ministerio de Salud a través de la Oficina General de Epidemiología en coordinación con la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), realizó estudios epidemiológicos de Prevalencia de enfermedades respiratorias en niños escolares de 3 a 14 años y factores asociados a la calidad del aire en las 13 ciudades priorizadas en el D.S. N° 074-2001-PCM, siendo una de ellas, la ciudad de Lima. El objetivo de estos estudios fue determinar la prevalencia de enfermedades respiratorias (asma, rinitis alérgica y faringitis) en escolares de 3 a 14 años, identificar los factores de calidad del aire intra y extra domiciliarios asociados con las enfermedades respiratorias por estratos de exposición a contaminación del aire y establecer la relación entre estas enfermedades y la contaminación del aire. Para ello utilizaron un cuestionario estandarizado basado en el formulario internacional Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) validado por estudios internacionales.

En el estudio realizado en la ciudad de Lima, encontraron que más de la mitad de los escolares que estudian en colegios ubicados en zonas de mayor riesgo ambiental viven en la misma zona, lo que implica un mayor tiempo de exposición a los riesgos ambientales extradomiciliarios. Se señala que las prevalencias de enfermedades respiratorias crónicas halladas en Lima Ciudad podrían estar asociadas a la elevada concentración de contaminantes aéreos. Las tasas de prevalencia de enfermedades respiratorias crónicas encontradas en la zona de estudio son muy elevadas en todos los estratos de exposición a fuentes de contaminantes del aire: Rinitis alérgica (21,3%, faringitis (18,96%), asma acumulada (26,8%), asma diagnosticada por médico (25,8%) y Asma actual (19,41%). Se halló mayor prevalencia de síntomas sugestivos de asma en el estrato de mayor riesgo ambiental y tiende a disminuir según disminuye el riesgo ambiental por estratos. Los valores de $\text{PM}_{2,5}$ se hallaban por encima del valor estándar en la mayor parte de los días medidos⁴².

La ONG Labor realizó el 2004, el Estudio epidemiológico por exposición a contaminantes atmosféricos de la población en riesgo de Arequipa 2004, de carácter ecológico, tipo transversal, con componentes analítico e interpretativo para ver la prevalencia de afecciones asociadas a la contaminación atmosférica en poblaciones de áreas y grupos seleccionados de Arequipa (240vecinos de Nicolás de Piérola, 507 de San Lázaro y 330 de Ciudad mi Trabajo), particularmente expuestos al Monóxido de Carbono (CO) y al Material Particulado (PM_{10}). Además se estudiaron los grupos de: 255 comerciantes, 102 policías de tránsito y 169 transportistas. El total de la población estudiada fue 1 603. El estudio

³⁹Oficina General de Epidemiología del Ministerio de Salud. Prevalencia de enfermedades respiratorias en niños escolares de 3 a 14 años y factores asociados a la calidad del aire. Lima Ciudad - Perú, 2003. Estudio Epidemiológico de línea base. Lima, 2005.

⁴⁰Xianglu Han, Manuel Aguilar-Villalobos, John Allen, Charlene Bayer, Luke P. Naeher. Exposición ocupacional a contaminantes atmosféricos de Particulado fino ($\text{PM}_{2,5}$), Monóxido de Carbono (CO) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) en Trujillo, Perú - 2002. University of Georgia, Office of International Agriculture and College of Agricultural and Environmental Sciences; Asociación del Aire Ambiental, Lima, Perú; Municipalidad Provincial de Trujillo, Perú. 2002.

⁴¹Korc M., Quiñones M. Diagnóstico comparativo de la calidad del aire de los interiores de las viviendas de dos poblaciones indígenas del Perú. OPS-GTZ. 2003

⁴²Roberto Accinelli, Cecilia Yshii, Eduardo Córdova, Marita Sánchez-Sierra, Celia Pantoja, Jessica Carbajal. Evaluación del efecto de los combustibles de biomasa en el aparato respiratorio en tres comunidades rurales andinas: Cutini Capilla (3850 msnm, Puno), Ayamachay y Uyshahuasi (2850 msnm, Lambayeque). Laboratorio de Respiración, Instituto de Investigaciones de la Altura, Universidad Peruana Cayetano Heredia. 2005

específico de exposición a CO y PM₁₀, se realizó con 18 personas (5 Amas de casa, 5 Comerciantes, 4 Transportistas y 4 Policías de Tránsito). Se realizó un examen clínico médico y aplicó un cuestionario sobre las condiciones ambientales de las viviendas y antecedentes de fallecimientos en las áreas de estudio. Para la exposición al CO y PM₁₀ se utilizaron dosímetros y realizaron mediciones de PM₁₀ en la zona de estudio.

En San Lázaro se halló la más alta prevalencia de afecciones asociadas a contaminantes atmosféricos, siendo en orden de frecuencia, la rinitis alérgica, conjuntivitis alérgica, faringitis crónica, dermatitis alérgica, asma bronquial y bronquitis crónica. La prevalencia más alta se encontró en el grupo de Policías de Tránsito, luego los comerciantes, los transportistas y las amas de casa. Las afecciones asociadas a contaminantes atmosféricos en estos grupos en orden de frecuencia fueron: rinitis y conjuntivitis en amas de casa y comerciantes; conjuntivitis y rinitis en transportistas, y rinitis y faringitis en policías de tránsito. La prevalencia de afecciones asociadas a contaminantes atmosféricos fue mayor en los grupos etáreos de 45 a 64 años y entre los 65 a más años y más alta en el grupo de Comerciantes de 65 años a más, en los Transportistas de 20 a 44 años y los Policías de 19 años.

La exposición a CO y PM₁₀, en el área de Nicolás de Piérola fue más alta en el grupo de Policías de Tránsito, en tanto que en San Lázaro la exposición a PM₁₀ fue más alta en el grupo de transportistas, seguido de las amas de casa, los policías de tránsito y los comerciantes. En general el grupo más expuesto a PM₁₀ fue el de transportistas, seguido muy de cerca por los policías, luego están los comerciantes y finalmente las amas de casa⁴³.

Teniendo en cuenta que el asma es una de las enfermedades crónicas infantiles más frecuentes y constituye una causa importante de ausentismo escolar y limitación funcional, se realizó una investigación con el objetivo de determinar la asociación entre el nivel de contaminación ambiental y el desarrollo de asma bronquial infantil y en la población de alumnos de 13 a 14 años de colegios ubicados en la provincia de Lima en el año 2007. Los resultados confirmaron la fuerte asociación entre el asma y la historia familiar, así como el uso de querosene como combustible, la presencia de cucarachas en el hogar y fuente de contaminación cerca de casa. El riesgo es casi el doble de tener asma en niños con antecedentes familiares de asma, del mismo modo el riesgo es una y media veces más de sufrir asma cuando existe la presencia de insectos en la casa, y un riesgo de dos veces más cuando existe y una fuente de contaminación cerca de la casa⁴⁴.

El 2011 se realizó una investigación de tipo descriptivo – correlacional, no experimental, de corte transversal con el objetivo de determinar la relación entre el grado de exposición a contaminantes atmosféricos y la frecuencia a consultas por Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs), en menores de 5 años. Se estudió la asociación entre la exposición a contaminantes ambientales y

la frecuencia a consultas por infecciones respiratorias altas y bajas. La Población estudiada fue: menores de 5 años de edad, del “Hospital de Baja Complejidad Vitarte”. En relación a la variable “exposición a contaminantes atmosféricos”, se obtuvo de la estación de monitoreo ambiental del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía (SENAMHI), ubicado en la Municipalidad de Ate.

En relación a la variable frecuencia por consultas por IRAs, se encontró que en los pacientes menores de 5 años, el 72% son menores de 12 meses de edad; el 52 % de los pacientes son de género femenino; el 87 % de los mismos tienen diagnóstico del tipo de IRAs altas, con diagnóstico de rinofaringitis aguda no especificada. Con relación al Dióxido de Azufre SO₂, se observó que el 100 % de los días tenía un Índice de Calidad Ambiental (ICA) “bueno”. En relación al PM₁₀ se observa que en muchas de las estaciones están con ICA “bueno” pero que estadísticamente tiene una incidencia en la presencia de las IRAs en menores de 5 años. En la estación de invierno, el 89,9% de pacientes tienen diagnóstico de IRAs altas en relación a las demás estaciones del año. El estudio concluye que existe relación significativa entre el grado de exposición a contaminantes atmosféricos (PM₁₀) y la frecuencia de consultas por IRAs Altas en menores de 5 años del distrito de Ate Vitarte, Lima, 2011, con una significancia de $\alpha < 0.0042$.

⁴³Oficina General de Epidemiología del Ministerio de Salud. Prevalencia de enfermedades respiratorias en niños escolares de 3 a 14 años y factores asociados a la calidad del aire. Lima Ciudad - Perú, 2003. Estudio Epidemiológico de línea base. Lima, 2005.

Alejandro Vela Quico. Asociación Civil Labor Arequipa. Proyecto Gestión de la Salud Ambiental y Descontaminación Atmosférica en la ciudad de Arequipa, ámbito de Arequipa Metropolitana - MUSA. Estudio epidemiológico por exposición a contaminantes atmosféricos de la población en riesgo de Arequipa 2004. Arequipa 2004

⁴⁴Nazarío Silva Astete. Prevalencia del Asma Bronquial Infantil y su Asociación con el nivel de contaminación del aire en algunos colegios de la provincia de Lima. Tesis Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Facultad de Medicina, Unidad de Post Grado. 2012

⁴⁵Edgar Quispe Carcausto. Grado de exposición a contaminantes ambientales y frecuencia a consultas por IRAs en menores de 5 años, distrito de Ate Vitarte, Lima-Perú, 2011. Tesis Universidad Peruana Unión, Escuela de Posgrado, Unidad de Posgrado de Salud Pública. 2013



VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE

2.1 MARCO LEGAL EN MATERIA DE CALIDAD DEL AIRE

El Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Decreto Legislativo 613, actualmente derogado) de 1990, marca la pauta para el desarrollo incipiente de la normatividad ambiental en el Perú.

Se puede apreciar que el sector minero-energético avanzó con la reglamentación ambiental, así en materia de Calidad del Aire las primeras normas datan del año 1993. Posteriormente, el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) impulsa el proceso de establecimiento de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles que deben regirse de acuerdo al Reglamento Nacional para aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles (D.S. N° 044-98) y se elabora la propuestas para los ECA en el Grupo de Estudio -Técnico Ambiental -GESTA Aire, aprobándose el 2001 los Estándares Nacional de Calidad Ambiental para Aire. El año 2008 se crea el Ministerio del Ambiente quien tiene como una de sus funciones el establecimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), bajo este marco, establece en el 2008 ECA para Aire para nuevos parámetros y el año 2009 establece los LMP para emisiones de la industria de Harina y Aceite de Pescado y Harina de Residuos Hidrobiológicos.

2.1.1 MARCO INTERNACIONAL

2.1.1.1 Guías de la Organización Mundial de la Salud

La referencia directa y que ha servido como base para las propuestas de los Estándares Nacionales de Calidad del Aire son los Lineamientos o Guías de Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en primera instancia la publicada el año 2000 (Air Quality Guidelines for Europe 2nd ed. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 2000) y posteriormente la actualización al 2005 de la Guía en relación al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.

Las guías de calidad del aire de la OMS están destinadas a su uso en todo el mundo, pero se han elaborado para respaldar medidas orientadas a conseguir una calidad del aire que proteja la salud pública en distintas situaciones. Cada país establece normas de calidad del aire para proteger la salud pública de sus ciudada-

nos, por lo que son un componente importante de las políticas nacionales de gestión del riesgo y ambientales⁴⁶ y los valores que establece un país, están en relación al riesgo que están dispuestos a asumir, tomando en cuenta la gravedad del efecto del contaminante, el número de personas afectadas, la exposición a plazos corto y largo, la adecuación entre los niveles tolerables y la calidad deseable del aire, así como el grado de avance en el cumplimiento de las normas.

Como se ha descrito en el capítulo I, el material particulado tiene un amplio abanico de efectos en la salud, pero particularmente se producen en los sistemas respiratorio y cardiovascular, habiéndose demostrado que el riesgo se incrementa con la exposición y hay pocas pruebas que indiquen un umbral por debajo del cual no se tenga que prever efectos adversos en la salud.

Durante mucho tiempo, los sistemas de vigilancia de la calidad del aire han estado referidos a la medición del PM_{10} , por lo que la mayoría de los estudios epidemiológicos utilizaron este parámetro como indicador de exposición, el cual representa la masa de las partículas que ingresan al sistema respiratorio, que incluye tanto las partículas gruesas (entre $2,5$ y 10μ) como las finas (menos de $2,5\mu$ - $PM_{2,5}$) que se considera contribuyen a los efectos observados en el entorno urbano. Los valores establecidos por la OMS se aprecian en la siguiente tabla:

Tabla N° 1: Guías para Material Particulado

$PM_{2,5}$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media anual 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media de 24 horas
PM_{10}	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media anual 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media de 24 horas

⁴⁶OMS. Actualización mundial 2005. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. 2006.

Además de los valores guía, se presentan tres objetivos intermedios (OI) para el Material Particulado (MP) (véase la Tabla N° 2), considerando que éstos se pueden alcanzar con medidas sucesivas y sostenidas de reducción. Estos valores intermedios pueden ser útiles para calcular los progresos con el paso del tiempo en el difícil proceso de reducir constantemente la exposición de la población al MP.

Tabla N° 2: Guías de la calidad del aire de la OMS y objetivos intermedios para el Material Particulado: concentraciones medias anuales

	PM₁₀ (µg/m³)	PM_{2,5} (µg/m³)	Fundamento de nivel elegido
Objetivo Inter-medio 1 (OI-1)	70	35	Estos niveles están asociados con un riesgo de mortalidad a largo plazo alrededor de un 15% mayor que con el nivel de las GCA.
Objetivo Inter-medio 2 (OI-2)	50	25	Además de otros beneficios para la salud, estos niveles reducen el riesgo de mortalidad prematura en un 6% aproximadamente [2- 11%] en comparación con el nivel del OI-1.
Objetivo Inter-medio 3 (OI-3)	30	15	Además de otros beneficios para la salud, estos niveles reducen el riesgo de mortalidad en un 6% [2-11%] aproximadamente en comparación con el nivel del OI-2.
Guía de calidad del aire (GCA)	20	10	Estos son los niveles más bajos con los cuales se ha demostrado, con más del 95% de confianza, que la mortalidad total, cardiopulmonar y por cáncer de pulmón, aumenta en respuesta a la exposición prolongada al MP _{2,5} .

Cabe señalar que en la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, el numeral 33.2 del Art. 33° de la elaboración del ECA y LMP, establece que la Autoridad Ambiental Nacional, en el proceso de elaboración de los ECA, LMP y otros estándares o parámetros para el control y la protección ambiental debe tomar en cuenta los establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) o de las entidades de nivel internacional especializada en cada uno de los temas ambientales.

2.1.1.2 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire de la Agencia de Protección Ambiental –EPA de los Estados Unidos

En enero de 2013, la EPA publicó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (National Ambient Air Quality Standards - NAAQs), aprobados en diciembre luego de un largo proceso de revisión que tuvo como objetivo principal la protección de la salud pública y bienestar de la población, tomando como base múltiples investigaciones epidemiológicas y toxicológicas, además de las evaluaciones de la data de la vigilancia de la calidad del aire de diversas ciudades de los Estados Unidos.

Los Estándares primarios están basados en la salud para proporcionar una mayor protección contra los efectos de salud asociados a exposiciones de corto y largo plazo, que incluyen la mortalidad prematura, el incremento de admisiones hospitalarias y visitas a la emergencia, así como las enfermedades crónicas respiratorias. También se tienen en cuenta los efectos sobre el bienestar por la disminución de la visibilidad relacionada con el PM que se aborda en el estándar secundario de 24 horas⁴⁷. En la Tabla N° 3 se muestra los valores para Material Particulado PM₁₀ y PM_{2,5}.

Tabla N° 3: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (NAAQs – EPA)

Contaminante		Primario/ Secundario	Tiempo promedio	Nivel	Forma
Partículas Establecido el 14 de Diciembre de 2012	PM _{2,5}	Primario	Anual	12 µg/m ³	Media anual, Promedio sobre 3 años
		Secundario	Anual	15 µg/m ³	Media anual, Promedio sobre 3 años
		Primario y Secundario	24-horas	35 µg/m ³	Percentil 98, promedio sobre 3 años
	PM ₁₀	Primario y Secundario	24-horas	150 µg/m ³	No exceder más de una vez por año en promedio sobre 3 años

2.1.2 NORMATIVIDAD NACIONAL

Ha habido un desarrollo pausado de normas relacionadas a las emisiones atmosféricas y de calidad del aire desde el año 1993 hasta el 2008, las que se mencionan a continuación:

- En el Art. 29° del D.S. N° 016-93-EM del 28.04.93 modificado por el D.S. N° 059-93-EM que aprueba el Reglamento sobre protección del medio ambiente en la actividad minero-metalúrgica se indica que los EIA y/o PAMA enfatizarán el cumplimiento de metas respecto a calidad del aire por las emisiones gaseosas.

En relación a Límites Máximos Permisibles y Estándares de Calidad Ambiental, se tienen las siguientes normas:

- La R.M. N°315-96-EM-VMM aprueba los Niveles Máximos Permisibles de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero-metalúrgicas, para el Anhidrido Sulfuroso, Partículas, Plomo y Arsénico presentes en

las emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero-metalúrgicas (anexo 1 de la norma) y en su anexo 3, establece los Niveles Máximos Permisibles de Calidad del Aire para SO₂, Partículas en Suspensión, Plomo y Arsénico.

- En el Reglamento de Protección Ambiental para las actividades de Hidrocarburos, aprobado por D.S. N° 046-93-EM, Art. 43° se establece en la Tabla 2, las concentraciones Máximas aceptables de Contaminantes en el Aire para: Partículas, Monóxido de Carbono, Gases Ácidos, Ácido Sulfhídrico (H₂S), Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Hidrocarburos.

- El Ministerio de Transportes y Comunicaciones mediante D.S. N° 047-2001-MTC y sus modificatorias, establece Límites Máximos Permisibles de Emisiones Contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial, para los vehículos en circulación y los nuevos. Para los primeros se consideraron LMP para el Monóxido de Carbono e Hidrocarburos, en tanto que para los vehículos nuevos además del CO y HC, para los Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y Material Particulado.

⁴⁷Environmental Protection Agency. 40 CFR Parts 50, 51, 52,53 and 58 (EPA-HQ-OAR-2007-0492; FRL-9761-8) RIN 2060-AO47. National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter. Federal Register/Vol. 78, N° 10/Tuesday, January 15, 2013/Rules and Regulations.

• Con D.S. N° 003-2002-PRODUCE se aprueban los Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para las actividades industriales de Cemento, Cerveza, Curtiembre y Papel, fijándose LMP para Material Particulado para las emisiones de la industria cementera del Perú.

• Mediante D.S. N° 011-2009-MINAM se aprueba los Límites Máximos Permisibles para las emisiones de la industria de Harina y Aceite de Pescado y Harina de Residuos Hidrobiológicos, fijándose valores LMP para el Sulfuro de Hidrógeno y el Material Particulado.

• El año 2001 se aprueba el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (D.S. N° 074-2001-PCM) que es-

tablece niveles de concentración máxima para Dióxido de Azufre, Material Particulado menor a 10 micrómetros (PM_{10}), Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Ozono, Plomo y Sulfuro de Hidrógeno. El valor anual revisado para Plomo se fija en el D.S. N° 069-2003-PCM.

• Posteriormente, el año 2008, con el D.S. N° 003-2008-MINAM se modifica el valor de 24 horas para el Dióxido de Azufre e incluyen nuevos valores ECA para el Benceno, los Hidrocarburos Totales (HT), Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras e Hidrógeno Sulfurado (que era referencial). En el (Anexo N° 1) se aprecia los valores ECA establecidos por ambas normas. Los valores para el Material Particulado son los siguientes:

Tabla N° 4: Estándares Nacionales de Calidad del Aire para Material Particulado –
ECA Aire para PM_{10} y $PM_{2,5}$

Parámetro	Período	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Vigencia	Formato	Método de Análisis
PM_{10}	Anual	50		Media Aritmética	Separación Inercial/filtración
	24 h	150		NE más de 3 veces al año	
Material Particulado menor a 2,5 micras ($PM_{2,5}$)	24 h	25	1 de enero de 2014	Media aritmética	Separación inercial, filtración (gravimetría)

NE: No Exceder

• Con el D.S. N° 009-2003-SA, modificado por el D.S. N° 012-2005-SA se aprueba el Reglamento de los niveles de Estados de Alerta Naciones para contaminantes del Aire para el Material Particulado PM_{10} , Dióxido de Azufre, el Monóxido de Carbono y

el Sulfuro de Hidrógeno, cuyos valores se aprecia en la Tabla N° 5. En el Art. 7° de la norma se precisan las medidas a considerar en los planes de contingencias para cada una de los parámetros.

Tabla N° 5: Niveles de Alerta para contaminantes críticos

TIPOS DE ALERTA	Material Particulado (PM ₁₀)	Dióxido de Azufre (SO ₂)	Monóxido de Carbono (CO)	Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)
Cuidado	>250 µg/m ³ prom. aritmético 24 horas	>500 µg/m ³ prom. móvil 3 horas	>15 000 µg/m ³ prom. móvil 8 horas	>1 500 µg/m ³ prom. aritmético 24 horas
Peligro	>350 µg/m ³ prom. aritmético 24 horas	>1 500 µg/m ³ prom. móvil 3 horas	>20 000 µg/m ³ prom. móvil 8 horas	>3 000 µg/m ³ prom. aritmético 24 horas
Emergencia	>420 µg/m ³ prom. aritmético 24 horas	>2 500 µg/m ³ prom. móvil 3 horas	>35 000 µg/m ³ prom. móvil 8 horas	>5 000 µg/m ³ prom. aritmético 24 horas"

•A fin de poder llegar a cumplir con el ECA Aire, el título III del Reglamento establece el proceso de aplicación de los ECA de Aire, y en los Art. N° 9, 10º y siguientes se detallan los pasos a seguir para elaborar los Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire (donde se establecerán las estrategias, políticas y medidas necesarias para alcanzar los ECAs). Par este fin, con Resolución Presidencial N° 022-2002-CONAM/PCD se aprueban Directrices para la elaboración de los Planes de Acción para Mejorar la Calidad del Aire, denominados Planes "A limpiar el Aire", cuya sección III fue modificada por Resolución Presidencial N° 213-2005-CONAM/PCD.

•A efectos de contar con normas técnicas para las mediciones, sean de las emisiones atmosféricas como de los niveles de calidad ambiental, tanto el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), como el Ministerio de la Producción (PRODUCE) (antes Ministerio de Industrias, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales -MITINCI) desarrollaron protocolos de monitoreo para emisiones atmosféricas, en tanto que el MINSa aprobó el correspondiente al monitoreo de la calidad del aire.

oCon R.M. N° 026-2000-ITINCI/DM se aprueban los protocolos de Monitoreo de Efluentes Líquidos y Emisiones Atmosféricas referidos en el Reglamento de Protección Ambiental para el desarrollo de las actividades de la Industria Manufacturera.

oMediante R.D. N° 1404/2005/DIGESA/SA se aprueba el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los datos para aplicación de la DIGESA en el marco de sus competencias como entidad encargada del Monitoreo permanente de la calidad del aire.

oCon R.D. N° 280-2007-MEM-AAM se aprueba la Guía para la Evaluación de Impactos en la Calidad del Aire por Actividades Metalúrgicas.

•Con Decreto del Consejo Directivo N° 015-2005-CONAM/CD se aprueba la Directiva para la aplicación del Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminación del Aire aprobado por Decreto Supremo N° 009-2003-SA, modificado por D.S. N° 012-2005-SA.

•Por Decreto del Consejo Directivo N° 016-2006-CONAM/CD se aprueba el Primer Plan Integral de Saneamiento Atmosférico para

Lima y Callao – PISA 2005-2010, con la visión de lograr que la calidad del aire en el área metropolitana de Lima y el Callao presenten niveles aceptables de contaminantes del aire. El objetivo del plan es el de proteger la salud pública en el Área Metropolitana Lima-Callao.

2.2 REDES DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LIMA METROPOLITANA

Lima Metropolitana cuenta con dos redes de vigilancia de la calidad del aire, la primera, administrada por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud y la segunda por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía (SE-NAMHI), entidad adscrita al Ministerio del Ambiente.

2.2.1 PROGRAMA NACIONAL DE VIGILANCIA SANITARIA DE CALIDAD DEL AIRE DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL -DIGESA

Entre los años 1967 y 1980, la DIGESA del Ministerio de Salud participó del Proyecto de Red Panamericana de Muestreo Normalizado - Monitoreo de la Contaminación del Aire (Red-PANAIRE) de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) habiendo realizado el monitoreo del Polvo Sedimentable (PS), Partículas Totales en Suspensión (PTS) y Dióxido de Azufre en la ciudad de Lima. Posteriormente en 1986, la DIGESA implementó una estación de monitoreo en el centro de Lima (Estación CONACO) para recoger información de PTS. En 1996 se inicia el monitoreo para los parámetros PTS, SO₂ y CO.

En el año 1999, la DIGESA implementa cinco estaciones de monitoreo de PTS, CO, NO₂ y SO₂ en Lima Metropolitana y el Callao ubicadas en los distritos de Lima Cercado, Comas en el norte, Ate en el este, San Juan de Miraflores al Sur y una estación en el Callao. Desde ese entonces a la fecha se ha venido progresando en la implementación de las estaciones fijas operando actualmente tanto con equipos activos como con equipos automáticos. En las estaciones de Lima Cercado y Comas se cuenta con un sistema de telemetría obteniéndose los datos a tiempo real tanto para el PM₁₀ como el CO. Cabe señalar también que desde el 2014 se tiene una nueva estación en el distrito de Lince que mide PM₁₀, PM_{2,5} y SO₂.

Tabla Nº 6: Estaciones de Monitoreo de la Calidad del Aire del Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de la Calidad del Aire – DIGESA

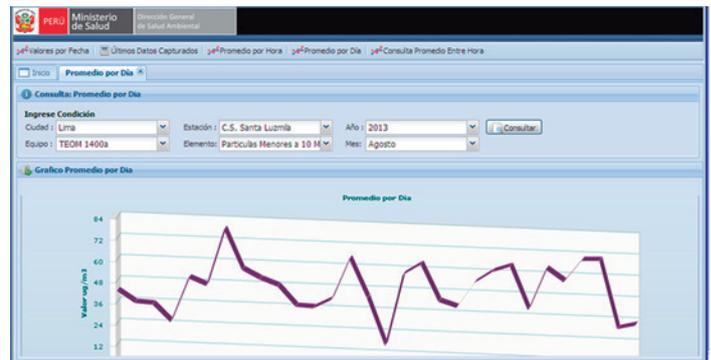
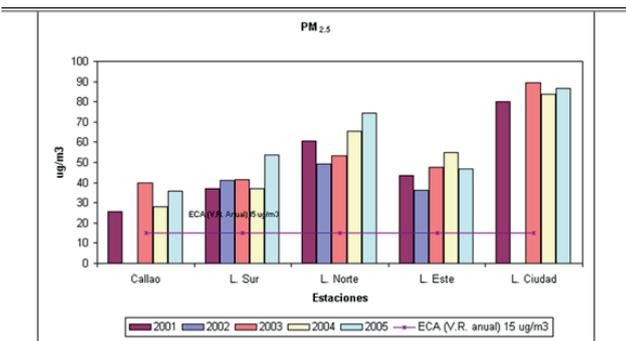
Estación	Zona	Lugar	Dirección	Distrito
E – 1	Callao	DIRESA I Callao	Jr. Colina 879	Bellavista
E – 2	Lima Sur	Hospital María Auxiliadora	Av. Miguel Iglesias 968	San Juan de Miraflores
E – 3	Lima Norte	C.S. Santa Luzmila	Av. Guillermo de la Fuente s/n Urb. Santa Luzmila	Comas
E – 4	Lima Este	Hospital Hipólito Unánue	Av. César Vallejo 1390	El Agustino
E – 5	Lima Centro (*)	Congreso	Av. Abancay Cdra. 2	Cercado de Lima
E – 6	Lima Centro (**)	C.S. Lince	Intersección del Jr. Manuel Candamo N°495 y la Av. Militar Cdra. 17	Lince

Este programa de vigilancia sanitaria no sólo reporta el estado de la calidad del aire de Lima Metropolitana y el Callao, sino que ha implementado redes de monitoreo en otras ciudades del país como son: Chiclayo -Lambayeque, Trujillo - La Libertad, Cusco, Arequipa, y Huancayo – Junín, las cuales son administradas por entidades sea del gobierno regional (las Direcciones Regionales de Salud Ambiental – DIRESA) o del gobierno local. La DIGESA brinda todo el apoyo técnico, así como el servicio de análisis de laboratorio.

En la web de la DIGESA se puede obtener la información acerca de los resultados de los promedios mensuales del año 2007 a la fecha y los resultados anuales de los años anteriores, asimismo, se tiene la información a tiempo real de la calidad del aire, tal como se aprecia en los siguientes gráficos, así como el mapa de la ubicación de las estaciones:

Gráfico Nº 1: Resultados anuales de PM_{2.5}

Gráfico Nº 2: Información a tiempo real



Dirección
 Las Amapolas # 350 Urb. San Eugenio, Lince (Lima 14)
 Lima - Perú

Teléfonos
 (511) 442-8353

Telefax
 (511) 422-6404

Página Web
<http://www.digesa.dsi.pe>
<http://www.digesa.minsa.gob.pe>

Correo Electrónico
digesa@digesa.minsa.gob.pe

Gráfico Nº 3: Ubicación de las estaciones de monitoreo



2.2.2 VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA Y CALLAO DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA - SENAMHI

El SENAMHI a través del Proyecto VICON (Vigilancia de la Contaminación) durante los años 1991, 1992 y parte de 1993 realizó el monitoreo de Contaminantes Sólidos Sedimentables (CSS), determinando los CSS en la atmósfera de Lima Metropolitana, a través de una red de estaciones captadoras, realizaron igualmente mediciones de Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO₂) y partículas en suspensión en avenidas principales de alta concentración vehicular. Para 1998, una vez culminado el Proyecto VICON, la vigilancia fue continuada con el presupuesto del SENAMHI, implementando 23 estaciones en diversos distritos de Lima para el muestreo de CSS, a fin de evaluar el comportamiento espacial y temporal de la contaminación por sólidos sedimen-

tables, identificando zonas de alta, media y baja contaminación en Lima Metropolitana⁴⁸.

La Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales ha venido evaluando sistemáticamente, los niveles de contaminación en los diferentes distritos de la capital, mediante su Programa de Vigilancia de la Contaminación Ambiental en la Zona Metropolitana (Z.M.) de Lima-Callao; contando para ello inicialmente con la red de muestreo de los CSS, y una estación automática de Calidad del Aire para la evaluación de los contaminantes gaseosos (Dióxido de Azufre, Monóxido de Carbono, Ozono Troposférico y Óxidos de Nitrógeno) y una estación meteorológica automática⁴⁹. Posteriormente, en los últimos cinco años ha implementado estaciones de monitoreo de la calidad del aire contando para ello, con equipos tanto para muestreo pasivo, activo y automáticos.

En el año 2013 contaban con 5 estaciones de monitoreo, y en la actualidad tienen 10 estaciones⁵⁰, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla N° 7: Estaciones de Monitoreo del Programa de Vigilancia de la Contaminación Ambiental en la Zona Metropolitana (Z.M.) de Lima-Callao

Zona	Ubicación
Lima Sur	Lima Sur 1: San Borja, en el Polideportivo Limatambo, Calle Malachowsky 550
	Lima Sur 2: Villa María del Triunfo, en el Parque Virgen de Lourdes, Av. 26 de Noviembre s/n, Sector Nueva Esperanza
Lima Centro	Lima Centro: Campo de Marte (Jesús María), Jr. Nazca s/n
Lima Este	Lima Este 1: Ate, en el Palacio Municipal, Carretera Central km 7,5
	Lima Este 2: Santa Anita, en el Palacio Municipal, Av. Los Eucaliptos Cdra. 12
	Lima Este 3: Huachipa
	Lima Este 4: Univ. César Vallejo (San Juan de Lurigancho)
Lima Norte	Lima Norte 1: San Martín de Porres
	Lima Norte 2: Carabaylo
	Lima Norte 3: Puente Piedra

El SENAMHI mensualmente publica sus boletines con los resultados de los monitoreos realizados en las estaciones, asimismo, el estado de la calidad del aire en Lima Metropolitana se emite diariamente a través del portal institucional del SENAMHI (www.senamhi.gob.pe)⁵¹.

Han elaborado el Índice de Calidad del Aire (ICA) que se categoriza como bueno, moderado, malo, muy malo y alerta máxima. La

clasificación está basada en los valores establecidos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire y los Niveles de Alerta Nacional de Contaminantes del Aire. Los ICA son una herramienta muy simple que explica la calidad del aire en cada distrito monitoreado. Para establecer la categoría global de cada estación se utiliza el índice más elevado de los contaminantes monitoreados, que se muestran en la tabla siguiente:

⁴⁸Acta de Sesión Ordinaria del miércoles 23 de setiembre de 1998 de la Comisión de Ambiente Ecología y Amazonía. Sesión Ordinaria 5TA. Miércoles 23 de setiembre de 1998. <http://www2.congreso.gob.pe/sicr/ApoyComisiones/tcomision98.nsf/24aa0ad548bebec0525654c00031235/7afcc0168e11ac9f0525668f007c5e57?OpenDocument>

⁴⁹José Silva Cotrina, Zarela Montoya Cabrera. Análisis de la relación entre el comportamiento estacional de los Contaminantes Sólidos Sedimentables con las condiciones meteorológicas predominantes en la Zona Metropolitana de Lima-Callao durante el año 2004.

⁵⁰Boletín Vigilancia de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Lima y Callao. Boletín Mensual. Año 14 - N° 05, Mayo 2014. SENAMHI

⁵¹Odón Sanchez et al. SENAMHI- Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Evaluación de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana 2011.

Tabla N° 8: Índice de Calidad del Aire

Índice de la Calidad del Aire (ICA)	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
	24 h	24 h	1 h	8 h
0 - 50	0 - 50	0 - 20	0 - 40	0 - 60
>50 - 100	>50 - 150	>20 - 80	>40 - 200	>60 - 120
>100 - 200	>150 - 250	>80 - 500	>200	>120
>200 - 300	>250 - 420	>500 - 2500		
>300	>420	>2500		

Fuente: adaptado de <http://www.epa.gov> basado en el DS 074-2001-PCM y EL DS 003-2008-MINAM

Y tienen además la clasificación de los estados de la calidad del aire con los índices de calidad del aire:

Tabla N° 9: Clasificación de los Estados de Calidad del Aire

Estado de Calidad del Aire	ICA	Efectos en la salud	Acciones preventivas
Bueno	0 a 50	La calidad del aire se considera satisfactoria y la contaminación del aire no representa ningún riesgo	Toda la población puede realizar sus actividades cotidianas al aire libre sin ninguna restricción.
Moderado	>50 a 100	Los grupos de población sensible (niños y ancianos) pueden presentar síntomas como tos y cansancio	Personas particularmente sensitivas a la contaminación del aire: planeen actividades físicas al aire libre cuando mejore la calidad del aire.
Malo Dañino para la salud de los grupos sensitivos	>100 a 200	La población puede padecer síntomas como tos seca, ojos cansados, ardor en la nariz y garganta	Grupos sensitivos: reduzcan o pospongan actividades físicas al aire libre cuando se detecte la presencia de los siguientes contaminantes: Contaminación por partículas: personas con enfermedades cardíacas o pulmonares (incluyendo diabetes), adultos de edad avanzada y niños. Ozono: niños y adultos activos y personas con enfermedades pulmonares. Dióxido de azufre: niños activos y adultos con asma.
Muy Malo Dañino para la salud	>200 a 300	Toda la población puede presentar agravamiento de los síntomas como tos seca, ojos cansados, ardor en la nariz y garganta	Todos: reduzcan o pospongan las actividades físicas al aire libre. Grupos sensitivos: eviten las actividades físicas al aire libre.
Alerta Máxima Muy dañino para la salud	>300 a 500	Toda la población puede padecer riesgos graves y manifestaciones de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, Aumento de las muertes prematuras en personas de los grupos más sensibles	Todos: reduzcan considerablemente las actividades físicas al aire libre. Grupos sensitivos: eviten todas las actividades físicas al aire libre.

Adaptado de <http://www.epa.gov>

En la web del SENAMHI se reporta el estado de la calidad del aire mediante los índices (como se aprecia en el gráfico N° 4), asimismo se publican los informes de Evaluación de la Calidad

del Aire anuales con resultados como los que se puede observar en el gráfico N° 5.

Gráfico N° 4: Pronóstico de la Calidad del Aire para Lima

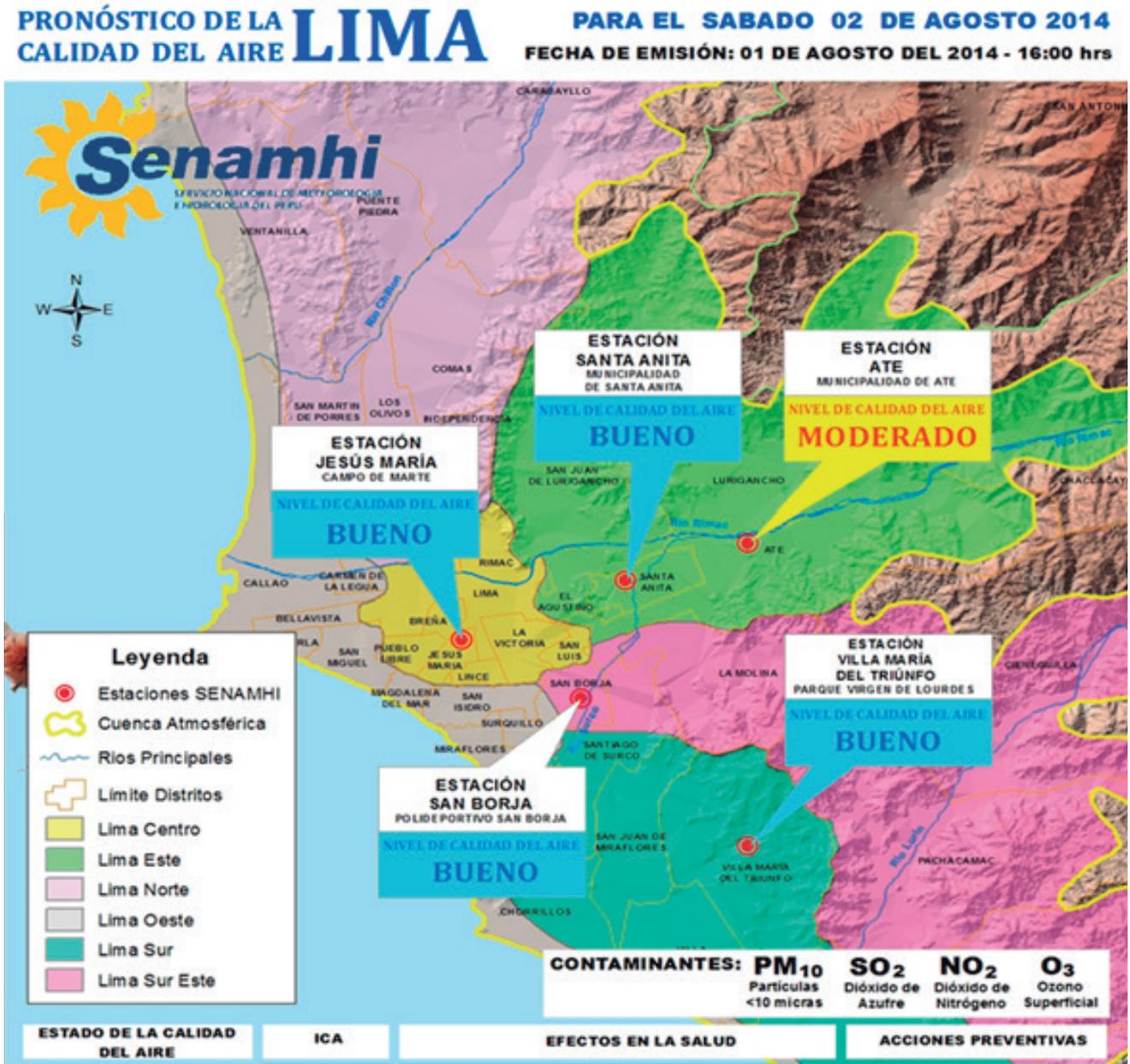
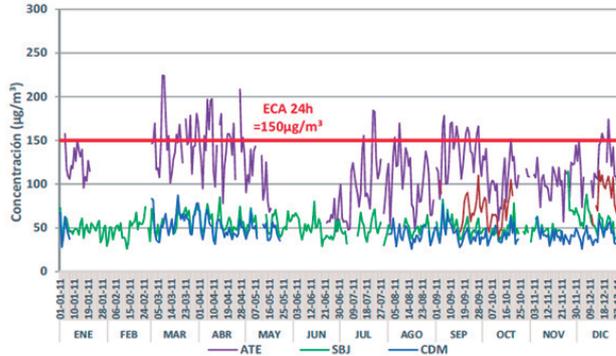


Gráfico N° 5: Evolución de la concentración media diaria de PM₁₀ en 2011 en las estaciones de SENAMHI



2.2.3 SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL COSAC I

El Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire del COSAC I tiene como objetivo registrar el efecto que tiene el sistema de transporte Corredor Segregado de Alta Capacidad I (COSAC I) sobre los niveles de contaminación del aire en Lima.

Inició su operación en setiembre de 2009 y está conformada por tres estaciones de monitoreo con equipamiento automático, activo y pasivo, ubicadas estratégicamente en el ámbito del COSAC I:

- Estación E-01 Prohvilla ubicado en Av. Defensores del Morro esquina con Hernando Lavalle s/n, Zona Ecológica Pantanos de Villa, distrito de Chorrillos (al sur de la ciudad)
- Estación E-02 SAT ubicada en Jr. Camaná N° 370, Cercado de Lima (Edificio SAT)
- Estación E-03 Móvil, ubicada en la Universidad Nacional de Ingeniería (Cruce con la Av. Túpac Amaru con Eduardo de Habich)

Las tres estaciones miden PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁, SO₂, NO, NO₂, O₃, C-orgánico, Carbón elemental, además de los parámetros meteorológicos⁵²

En la siguiente tabla se detallan los parámetros que se miden en las estaciones de monitoreo:

Tabla N° 10 : Parámetros que se monitorea en la Red de COSAC

Estación E-01 rural "PROHVILLA"	Estación E-02 urbano "EDIFICIO SAT"	Estación E-03 Local "Móvil"
PM ₁₀ ¹ 24 horas (Activo)	PM ₁₀ (Automático)	PM ₁₀ (Automático)
PM _{2.5} ¹ 24 horas (Activo)	PM _{1.0} (Automático)	PM _{1.0} (Automático)
PM _{1.0} ⁵ 24 ⁶ horas (Activo)	Hollín horario	Hollín horario
NO/NO ₂ ² (Pasivos)	NO/NO ₂ /NOx	NO/NO ₂ /NOx
SO ₂ ³ (Pasivos)	PM ₁₀ ⁴ 24 horas (Activo)	PM ₁₀ ¹ 24 horas (Activo)
O ₃ ² (Pasivos)	PM _{2.5} ⁴ 24 horas (Activo)	PM _{2.5} ¹ 24 horas (Activo)
	PM _{1.0} ⁵ 24 horas (Activo)	PM _{1.0} ⁵ 24 horas (Activo)
	NO/NO ₂ ² (Pasivos)	NO/NO ₂ ² (Pasivos)
	SO ₂ ³ (Pasivos)	SO ₂ ³ (Pasivos)
	O ₃ ² (Pasivos)	

¹ Cada dos días (Análisis ICP - MS cada 8 días)

² Promedios 2 semanas, una vez por mes

³ Promedio mensual, una vez por mes

⁴ Promedio mensual, una vez por mes

⁵ Cada ocho días (Análisis ICP- MS cada 8 días)

⁶ Cada ocho días (Análisis EC/OC cada 8 días)

⁶ Dependiendo de las concentraciones, se puede utilizar un periodo de muestreo de 24 o 48 horas

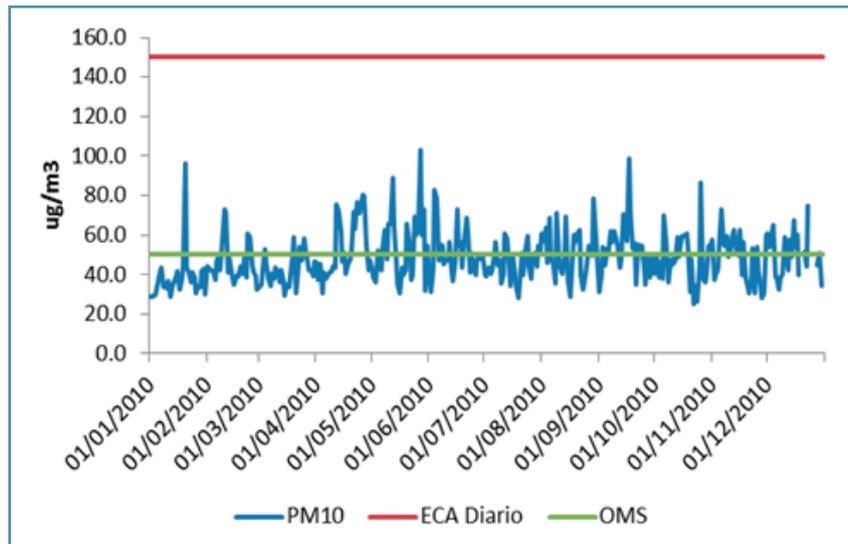


⁵²Protransporte - Instituto Metropolitano de Lima

En el gráfico Nº 6 se muestra los resultados obtenidos en la Estación E-02 ubicada en el Edificio SAT, para el PM_{10} , durante al año

2010, en el cual se observa que el 37% de los datos superan las Guías de la OMS.

Gráfico Nº 6: Concentraciones diarias de PM_{10} en la Estación E-02 SAT durante el año 2010



2.3 ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AIRE REALIZADOS

2.3.1 I ESTUDIO DE SATURACIÓN DE CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO 2000

En el año 2000, la DIGESA con el apoyo de Swisscontac realiza el Primer Estudio de Saturación en el área Metropolitana de Lima-Callao, para el Comité de Gestión de la Iniciativa Aire Limpio para Lima-Callao, la cual se realizó en dos períodos: verano e invierno. Se midieron en 30 puntos los contaminantes siguientes: PTS, O_3 , SO_2 , NO_2 , Pb y Polvo Sedimentable.

Los objetivos de este estudio fueron: definir la cuenca atmosférica del área metropolitana de Lima y Callao y obtener la distribución espacial de la contaminación atmosférica mediante una campaña de medición de la calidad del aire. Se realizó del 27 de marzo al 8 de mayo de 2000. Se dispuso de tubos pasivos para medir O_3 , SO_2 y NO_2 de manera simultánea en 30 sitios distribuidos en el área metropolitana de Lima y Callao. De igual manera en los mismos lugares, pero de forma alternada en lapsos de 1 a 5 días, se realizó la medición (por principios activos) de partículas PTS, PM_{10} y $PM_{2.5}$.

Los resultados obtenidos para PTS indicaron que los contaminantes primarios son arrastrados por acción del viento hacia el norte y este de la cuenca atmosférica siguiendo claramente el patrón de vientos dominante. El transporte de gases y partículas hacia esas zonas provoca una acumulación en las microcuencas donde cambia la pendiente y el viento es atrapado o deflectado por

los cerros y montañas⁵³.

En relación al ozono se observó que el área central urbana de Lima es una zona donde se acumulan y reaccionan los contaminantes, es posible afirmar que los cerros que rodean la Molina propician un microambiente receptor y acumulador de contaminantes de alto riesgo. Este contaminante fue detectado en mayor concentración en las zonas altas de las microcuencas de los conos norte y este.

2.3.2 II ESTUDIO DE SATURACIÓN DE CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO 2011

Estudio realizado por la DIGESA durante el año 2011, con el objetivo de determinar el grado de contaminación del aire en Lima Metropolitana y el Callao. Los objetivos específicos de este estudio fueron:

- Obtener la distribución espacial de los contaminantes del aire.
- Identificar los distritos con altos índices de contaminación del aire
- Comparar los resultados del estudio de saturación del año 2000 y 2011 y conocer el impacto de la implementación de las medidas del Primer Plan Integral de Saneamiento Atmosférico para Lima y Callao- PISA 2005-2010.

⁵³Juan Narciso –DIGESA. Red de Monitoreo de la Calidad del Aire para Lima-Callao. Exposición en el II Taller de Aire Limpio para Lima-Callao u III Encuentro Latinoamericano sobre Calidad del aire y Salud.2001

• Se colocaron 50 estaciones de monitoreo en dos temporadas del año, verano (febrero a marzo) e invierno (julio a setiembre). Se midieron los parámetros de PM₁₀, PM_{2,5}, O₃, SO₂, NO₂, Pb y Polvo Sedimentable (PS).

El estudio determinó que pese a la considerable reducción de sus valores, el material particulado, PM₁₀ y PM_{2,5}, aún son los principales contaminantes en Lima-Callao. Éstos se dispersan de sur a nor-este por los vientos, lo que podría contribuir al incremento de enfermedades respiratorias de la población expuesta en estos distritos.

• El PM₁₀ registrado en el estudio sobrepasó el ECA anual (50µg/m³) en 25 distritos de Lima Metropolitana y el Callao presentando la mayor concentración, los distritos ubicados en la zona Norte y Este, es el caso del distrito de Carabaylo que excedió en 333% (166,51 µg/m³) la norma, seguido de los distritos de Chacacayo, San Juan de Lurigancho, Puente Piedra y Comas. Lo contrario sucedió en 7 distritos como la Punta y Magdalena del Mar que tienen índices de 35,88 µg/m³ y 36,83 µg/m³, respectivamente, valor que está por debajo de lo establecido.

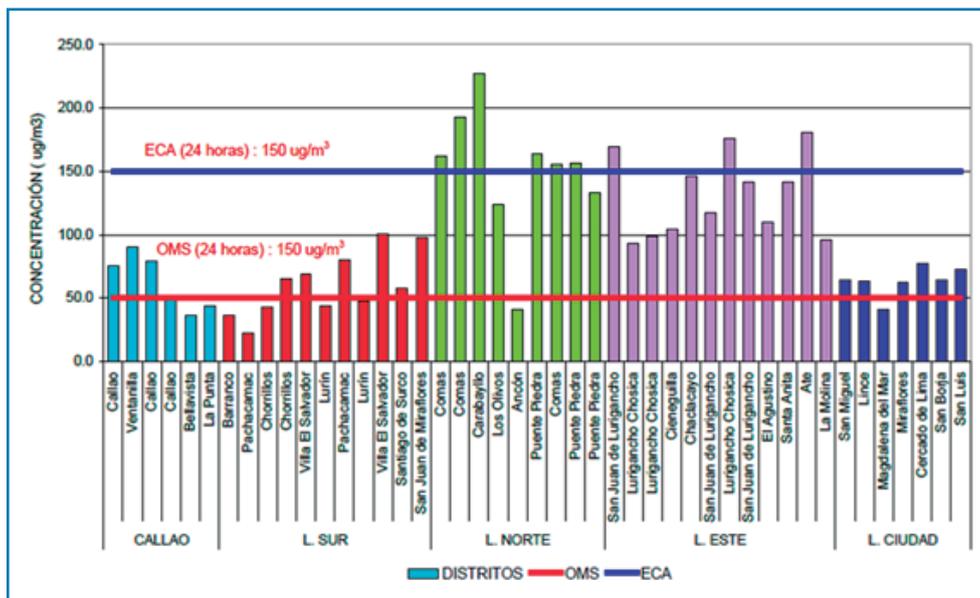
• El PM_{2,5} sobrepasó el ECA anual en 26 distritos de Lima Metropolitana y el Callao, la mayor concentración se presentó en el distrito de Lurigancho-Chosica que sobrepasó en 408% (61,201 µg/m³) lo establecido en el ECA (15 µg/m³), seguido de los dis-

tritos de San Juan de Lurigancho, Carabaylo, Puente Piedra y El Agustino. Lo contrario sucedió en 3 distritos como Lurín, Barranco y Cieneguilla cuyos índices fueron de 9,68 µg/m³, 13,96 µg/m³ y 14,65 µg/m³ respectivamente, valores que están por debajo del ECA establecido.

- Los valores de SO₂ disminuyeron significativamente con respecto al estudio del año 2000, encontrándose los mismos muy por debajo de los Estándares de Calidad del Aire. Podría indicarse que la reducción del azufre en los combustibles que actualmente se comercializan en Lima y Callao y el mercado de combustibles alternativos contribuyen a esta mejora.
- Los valores encontrados para el NO₂ están por debajo de los ECA.
- El Ozono (O₃) no sobrepasó el valor recomendado por la OMS para 8 horas de exposición (100 µg/m³) ni el ECA para 8 horas (120 µg/m³).
- El Polvo Sedimentable (PS) presentó valores altos en los distritos más alejados a la Costa, llamando la atención los valores registrados en los distritos de Carabaylo, Santa Anita, Ate y Comas, en relación al valor recomendado por la OMS.

En los siguientes gráficos se muestran los resultados del estudio para material particulado, PM₁₀, así como una comparación entre el primer y segundo estudio.

Gráfico N° 7: Concentración material Particulado (PM₁₀) por distritos verano 2011



⁵³Juan Narciso –DIGESA. Red de Monitoreo de la Calidad del Aire para Lima-Callao. Exposición en el II Taller de Aire Limpio para Lima-Callao u III Encuentro Latinoamericano sobre Calidad del aire y Salud.2001

Gráfico N° 8: Concentración material Particulado (PM₁₀) por distritos invierno 2011

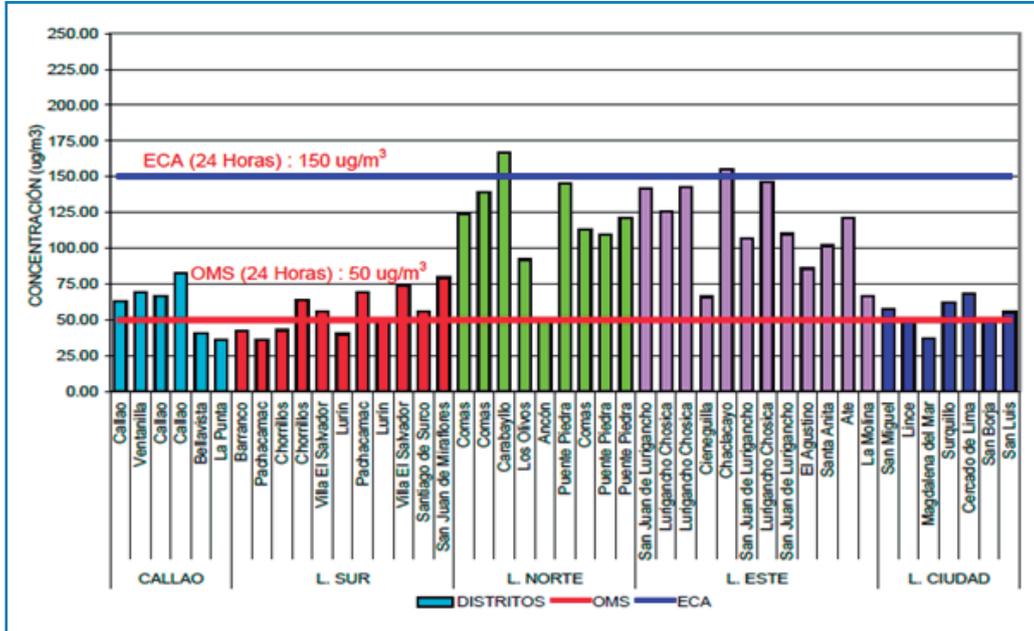


Gráfico N° 9: Mapas comparativos del material particulado (PM₁₀)

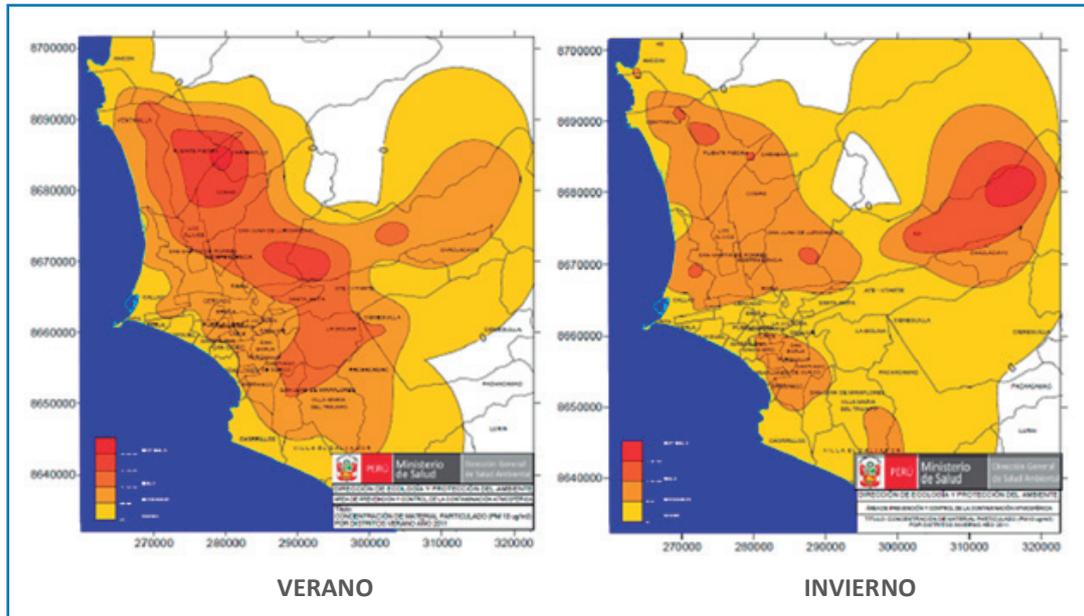
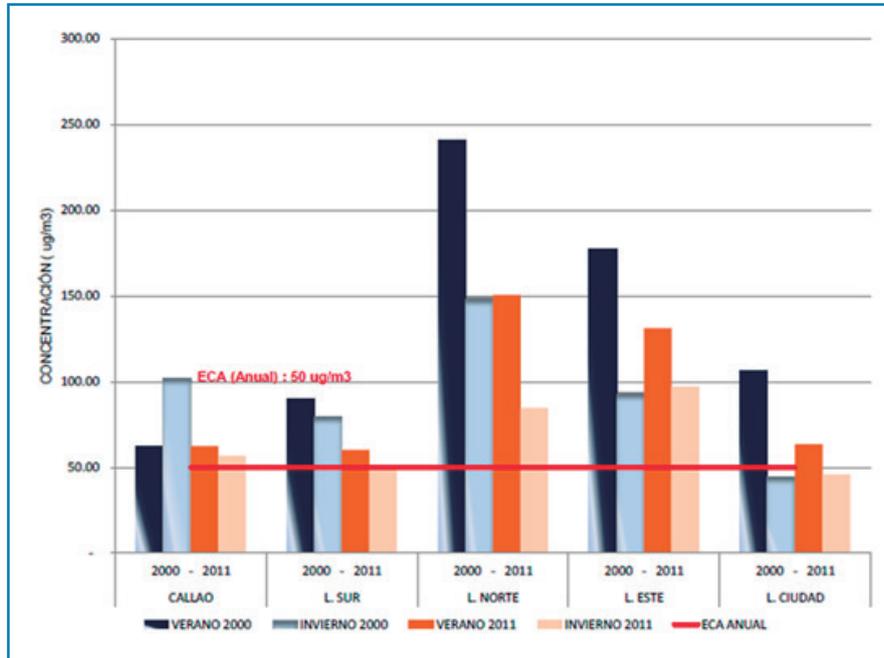


Gráfico N° 10: Concentración material Particulado (PM₁₀) por distritos verano e invierno Año:2000 , 2011



2.3.3 Medición de la Calidad del Aire en el Distrito de Miraflores⁵⁴

PM₁₀ se calculó por gravimetría.

Entre el 9 y 17 de enero de 2009 se realizó un estudio por encargo de la Municipalidad de Miraflores para medir la concentración de PM₁₀ en el aire en la Av. Pardo, y en las calles Dos de Mayo, Enrique Palacios, Piura y Chiclayo, todas ellas vías de tránsito del mencionado distrito. El monitoreo se realizó con muestreadores de partículas de bajo volumen (LowVol) y la concentración del

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla y gráfico siguientes:

Tabla N° 11: Resultados de la concentración de PM₁₀ en el aire en (µg/m³)

Estaciones de monitoreo	Período					
	09/01-10/01	12/01-13/01	13/01-14/01	14/01-15/01	15/01-16/01	16/01-17/01
	Concentración de PM ₁₀ (µg/m ³)					
Jr. Chiclayo			29,5			20,3
Jr. Piura	26,3	32,5				
Calle Enrique Palacios	25,8 ⁽¹⁾	35,0 ⁽²⁾			18,2 ⁽³⁾	36,4 ⁽⁴⁾
Av. Dos de Mayo	30,6	38,2		53,0	29,7	39,1
Av. Pardo				37,8	39,9	

¹Calle Enrique Palacios 420

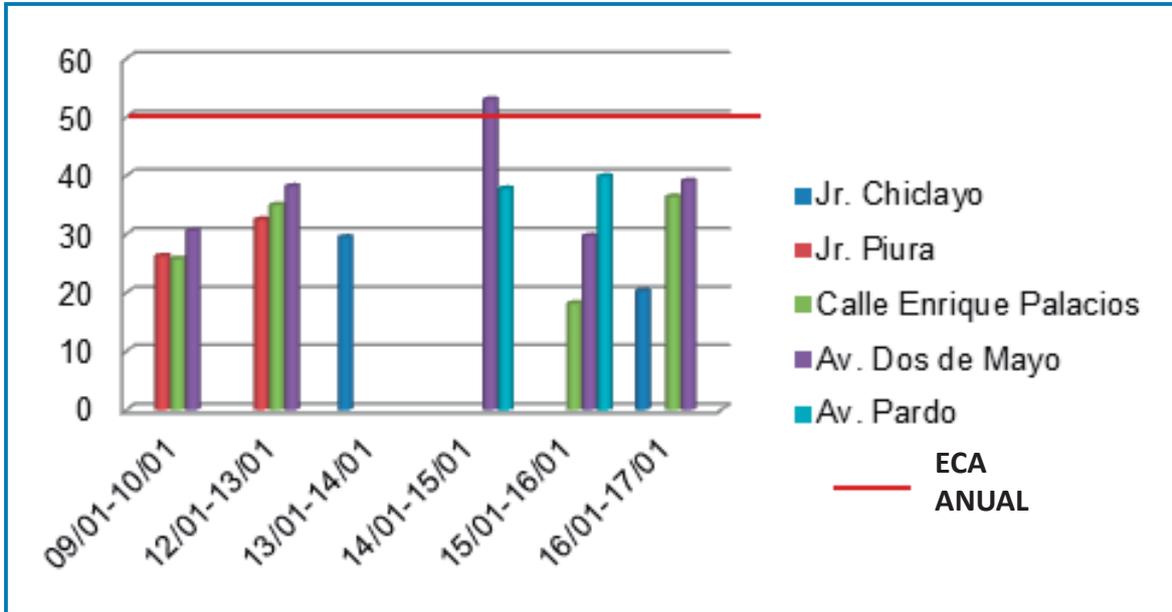
²Calle Enrique Palacios 540

³Calle Enrique Palacios 540

⁴Calle Enrique Palacios 540. Resultado correspondiente a una medición de solo 9,5 horas (corto circuito en la fuente de energía)

⁵⁴Klepel Consulting S.A.C. Medición de la calidad del aire en el Distrito de Miraflores. Lima, 2009

Gráfico N° 11: Concentración de PM₁₀ en (µg/m³)



Fuente: Digesa

Como se observa, en todos los puntos evaluados no se sobrepasaron los 150 µg/m³ correspondientes al ECA para el PM₁₀ para 24 horas. Sólo en un día de medición se sobrepasó ligeramente el ECA anual de 50 µg/m³, y asumiendo que la tendencia anual de las concentraciones sería de manera similar a lo registrado en el estudio, se tendría que ninguna pasaría el ECA promedio anual. Las mayores concentraciones se registraron en la Av. Dos de Mayo y la menor en la Calle Chiclayo.

2.3.4 Informe de monitoreo ambiental y social – Proyecto Línea Amarilla ⁵⁵

En cumplimiento al Plan de Monitoreo del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Vía Expresa Línea Amarilla, se rea-

lizó el monitoreo de la calidad del aire a fin de evitar el deterioro del entorno físico del área aledaña a la ejecución de los trabajos y obras del proyecto. Se tomaron muestras en los meses de junio y agosto en dos estaciones ubicadas en:
 ECA-03 Cerca del cruce de las avenidas Tacna y Vía de Evitamiento – Casa de los Petisos.
 ECA-12 A 60 metros de la Vía de Evitamiento, cerca del cruce de las avenidas Abancay y Vía de Evitamiento.

Los parámetros medidos fueron: PM₁₀, PM_{2,5}, Plomo (Pb), SO₂, NO₂, CO, Sulfuro de Hidrógeno (H₂S), Benceno e Hidrocarburos Totales como Hexano. Por ser interés del presente estudio se muestran sólo los resultados correspondientes al material particulado.

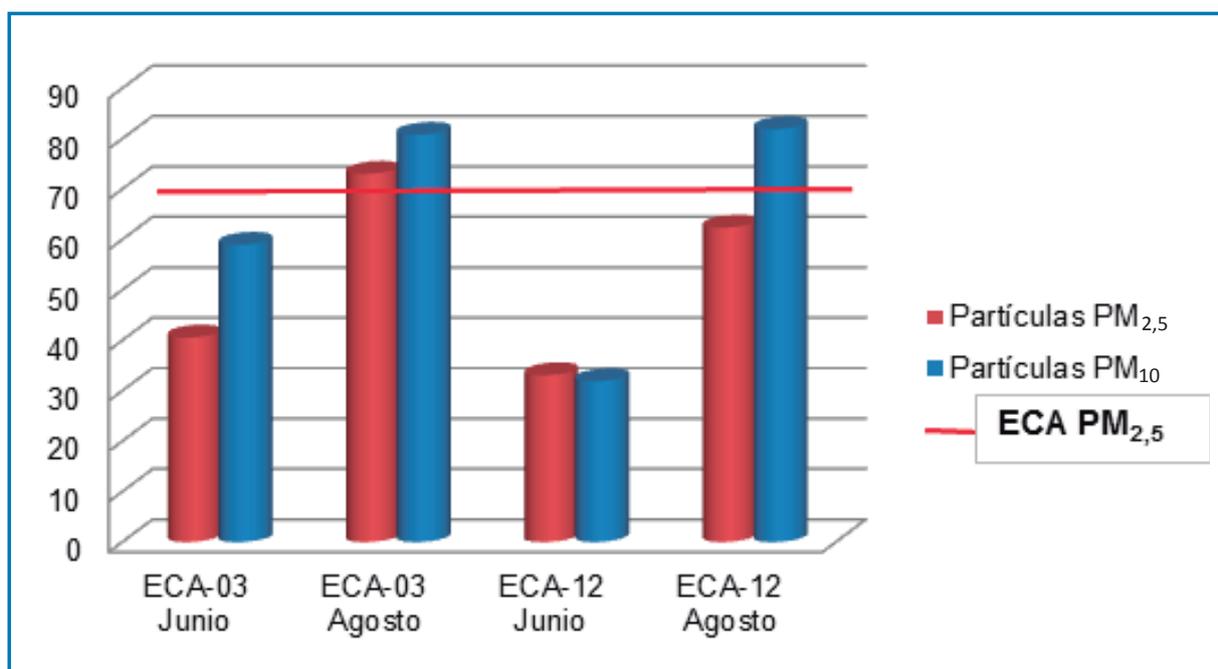
Tabla N° 12: Resultados del monitoreo del PM₁₀ del Proyecto Línea Amarilla en Estaciones ECA-03 y ECA-12

Parámetro	ECA µg/m ³	Estaciones de Monitoreo			
		ECA-03 Junio	ECA-03 Agosto	ECA-12 Junio	ECA-12 Agosto
Partículas PM ₁₀	150	58,96	80,77	31,92	81,91
Partículas PM _{2,5}	50	40,57	73,04	33,10	62,37

Fuente: DKA Consultores Ambientales

⁵⁵LAMSAC. Línea Amarilla. Segundo Informe de monitoreo ambiental y social – Proyecto Línea Amarilla. 2012

Gráfico Nº 12: Concentración de Material Particulado en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



De los resultados obtenidos, se aprecia que en todos los puntos de monitoreo se cumple con el ECA para PM₁₀, sin embargo en el mes de agosto se observa que para el PM_{2,5} se ha excedido considerablemente el valor ECA, lo que se debería al incremento de las labores de construcción en la zona del futuro túnel.

En el Tercer Informe del año 2012⁵⁶, para el mes de setiembre se muestreó en los siguientes puntos:

ECA-01 Parque del Soldado. A tres cuadras del cruce de las avenidas Morales Duárez y Universitaria

PC-01 Altura de la comisaría La Unificada, a espaldas del campamento UNI.

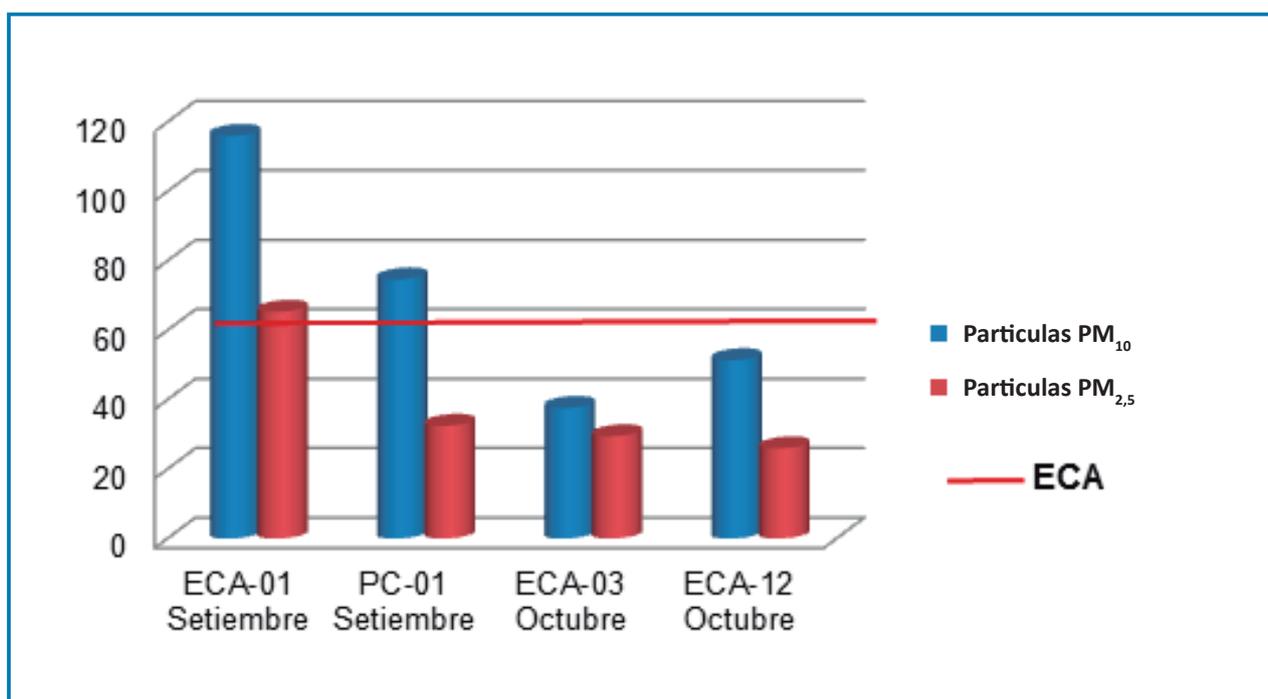
Y para octubre en los puntos ECA-03 y ECA-012

⁵⁶LAMSAC. Línea Amarilla. Tercer Informe de monitoreo ambiental y social – Proyecto Línea Amarilla. 2012

Tabla Nº 13: Resultados del monitoreo del PM10 del Proyecto Línea Amarilla en Estaciones ECA-01, PC-01, ECA-03 y ECA-12

Parámetro	ECA $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Estaciones de Monitoreo			
		ECA-01 Setiembre	PC-01 Setiembre	ECA-03 Octubre	ECA-12 Octubre
Partículas PM_{10}	150	116,01	74,66	37,64	51,42
Partículas $\text{PM}_{2,5}$	50	65,35	32,51	29,50	26,00

Gráfico Nº 13: Concentración de Material Particulado en $\mu\text{g}/\text{m}^3$



De los resultados obtenidos se observa que en los puntos de monitoreo se cumplen con el ECA para PM_{10} , y para el $\text{PM}_{2,5}$, salvo en el mes de setiembre para este último parámetro que se reduce a más de la mitad en octubre.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE MORBILIDAD Y MORTALIDAD ATRIBUIBLE A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (PM10)

3.1 MARCO CONCEPTUAL DE LA METODOLOGÍA DEL AIR-Q

El Air Quality Health Impact Assessment (AirQ 2.2.3 OMS 2004) es una herramienta diseñada por la OMS para estimar el impacto en la salud generado por la contaminación del aire, ha sido desarrollada por la WHO⁵⁷ European Centre for Environment and Health, Bilthoven Division.

El AirQ es un software especializado que permite estimar el impacto a la salud humana de la exposición a contaminantes atmosféricos en un área urbana definida para un determinado período. Es un programa que requiere información detallada referida a la población expuesta a la contaminación, su distribución por grupos de edad y sexo; información sobre la mortalidad total y por causa principal, información diaria de las concentraciones de contaminantes atmosféricos en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, distribución de frecuencias en intervalos de 10, 5 ó 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

El AirQ estima el riesgo de mortalidad y morbilidad atribuible a cada uno de los parámetros de contaminación atmosférica. El programa combina información de exposición-respuesta referida a la población expuesta y estima los efectos en la salud relacionada a la exposición de la población a la contaminación atmosférica.

La información de exposición-respuesta proviene de estudios epidemiológicos realizados por la OMS de los cuales se ha elaborado la información de riesgo relativo a la salud para cada parámetro contaminante. Para el caso de este estudio para PM_{10} se adjunta dicha información en la Tabla N° 14. Los riesgos a la salud están referidos tanto a mortalidad total, respiratoria, cardiovascular como de morbilidad referida principalmente a admisiones hospitalarias, ataques de asma, etc.

Últimos estudios de cohorte realizados por la American Cancer Society -ACS (Krewski et al., 2009) han confirmado las estimaciones del riesgo relativo de mortalidad por todas las causas cuando hay una exposición crónica al $\text{PM}_{2,5}$ en el largo plazo, sugiriendo un valor de 1,06. Igualmente se estimó el riesgo relativo del impacto del $\text{PM}_{2,5}$ sobre la mortalidad cardiovascular (Pope et al. 2004), como un valor de 1,15.

Para los efectos del PM_{10} en periodos cortos sobre la mortalidad no accidental, se sugiere usar un RR de 1,006, esto como resultado del meta-análisis realizado por la OMS (Anderson et al., 2004). En tanto que para los efectos del PM_{10} en periodos cortos sobre las hospitalizaciones cardíacas se sugiere el uso del mismo valor anterior, es decir un RR de 1,006 (Atkinson et al., 2005); y para los efectos sobre las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias se sugiere usar un RR de 1,0114 (Atkinson et al., 2005).

Tabla N° 14: Resultados en la salud y el Riesgo Relativo (RR) asociado, usado en la Evaluación del Impacto en la Salud por la contaminación del aire efectos en el corto y largo plazo⁵⁸

Impactos de corto plazo del PM_{10}				
Resultado de salud	Código Internacional de Enfermedades CIE (ICD)	Edad	RR por $10\mu\text{g}/\text{m}^3$	Referencia
Mortalidad por causas no externas	ICD9 001-799 ICD10 A00-R99	Todas	1,006 (1,004 – 1,008)	Anderson et al., 2004)
Hospitalizaciones respiratorias	ICD9 460-519 ICD10 J00-J199	Todas	1,0114 (1,0062-1,0167)	Atkinson et al., 2005
Hospitalizaciones cardíacas	ICD9 390-429 ICD10 I00-I52	Todas	1,006 (1,003 – 1,009)	Atkinson et al., 2005
Impactos de largo plazo del $\text{PM}_{2,5}$				
Mortalidad total	ICD9 000-999 ICD10 A00-Y98	>30	1,06 (1,02 – 1,11)	Pope, III et al., 2002
Mortalidad cardiovascular	ICD9 390-459 ICD10 I00-I99	>30	1,12 (1,08 – 1,15)	Pope, III et al., 2004

⁵⁷World Health Organization

⁵⁸Aphekorn. Guidelines for assessing the health impacts of air pollution in European cities. WorkPackage 5. Deliverable D5. April 2011

El AirQ permite estimar el riesgo atribuible para los siguientes contaminantes atmosféricos:

- Partículas Totales en Suspensión (PTS),
- Partículas menores a 10 y 2,5 micras (PM_{10} y $PM_{2,5}$),
- Dióxido de Azufre (SO_2),
- Dióxido de Nitrógeno NO_2 ,
- Ozono (O_3),
- Plomo (Pb),
- Benzopireno (BaP).

Se puede seleccionar uno o más contaminantes atmosféricos a los cuales, la población urbana está expuesta durante un período determinado. La metodología de riesgo atribuible permite contar con estimaciones referenciales del impacto de la contaminación del aire en la salud y está sujeta a supuestos y limitaciones.⁵⁹

Cálculo del número de casos atribuibles⁶⁰

La epidemiología basada en la Evaluación de Impactos en la Salud se basa esencialmente en el concepto de riesgo atribuible que consiste en la combinación de:

1. estimaciones de la función exposición-efecto basada en los estudios epidemiológicos, es decir, la función de enlace matemático entre el grado de exposición y el cambio esperado en el estado de salud;
2. estimaciones de la frecuencia de las variables de salud en relación a una línea de base, basadas en estudios epidemiológicos;
3. la distribución de la exposición en la población objetivo

Basado en la frecuencia observada de los impactos en la salud (incidencia, prevalencia) y el nivel actual de exposición observado, el número de casos esperados serán calculados para un supuesto nivel de exposición sobre una línea de base.

En teoría, la proporción atribuible (Attributable Risk -AP) se refiere a una población expuesta, asumiendo que existe una relación causal entre exposición y efectos en la salud que se puede diferenciar de otras causas que generen efectos asociados, para un mismo período.

La fórmula usada por el AirQ para esta estimación es la siguiente:

$$AP = \frac{\sum \{[RR(c) - 1] * p(c)\}}{\sum [RR(c) * p(c)]}$$

Donde $RR(c)$ = Riesgo relativo de una categoría c de exposición
 $p(c)$ = Proporción de la población en categoría c de exposición

La distribución de la población expuesta y el riesgo relativo a la

salud se derivan de la función exposición - respuesta obtenida de los estudios epidemiológicos de existir en la ciudad en estudio, en su defecto se asumen los valores de la OMS, como es el caso del presente estudio; que se muestran en la Tabla N° 14.

El supuesto importante en este punto, es que hay una relación de causalidad entre la exposición y el efecto en la salud, y que la estimación del riesgo relativo aplica a todo el grupo (poblacional) expuesto y que no hay dudas del efecto observado.

Aplicación del Modelo AirQ

El software Air Q 2.2 realiza cálculos que permiten la cuantificación de los efectos sobre la salud de la exposición a la contaminación del aire, incluyendo las estimaciones de la reducción de la esperanza de vida.

Aplicando el AirQ se puede estimar:

- Los efectos de la contaminación del aire a corto plazo ((basado en las estimaciones de riesgo de los estudios de series de tiempo);
- Los efectos de la exposición a largo plazo (utilizando el enfoque de tablas de vida y basado en las estimaciones de riesgo de los estudios de cohorte).

Los principios metodológicos del AirQ se basan en las estimaciones científicas del riesgo atribuible realizado por la OMS en diversos países del mundo. Como se sabe, hallazgos científicos apuntan a una relación causal entre la exposición a la contaminación del aire y la salud. El impacto de los efectos a nivel individual puede parecer bajo comparado con otros factores de riesgo, sin embargo, puesto que toda la población está expuesta a la contaminación del aire, este impacto resulta en una carga de salud pública significativa. Cualquier reducción en la contaminación del aire por ello, beneficiaría a un gran número de personas y se asocia con mejoras significativas de la salud.

La elaboración de políticas para reducir la contaminación del aire no es una tarea fácil porque muchas consideraciones están en juego, tales como las limitaciones económicas y sociales, las orientaciones políticas, la planificación urbana, así como salud; por ello, las evaluaciones de impacto en la salud proporcionan una estimación objetiva de los impactos de las mejoras en la calidad del aire en la salud de una población dada, usando datos de salud y estudios epidemiológicos disponibles a nivel mundial, junto con mediciones de la calidad del aire. Esto puede ayudar a los tomadores de decisión a planear e implementar medidas para proteger la salud pública de manera más eficaz.

Para lograr este objetivo, los métodos deben ser transparentes y los resultados comprensibles, por esta razón es que se ha elegido

⁵⁹Rothman KJ and Greenland S, 1998, Rockhill B et al, 1998. Krzyzanowski M, 1997

⁶⁰WHO Regional Office for Europe. Evaluation and use of epidemiological evidence for environmental health risk assessment. Denmark 2000.

el AirQ por ser un método riguroso. Se puede obtener información predictiva, considerando que en un tiempo determinado la situación de la contaminación continúe igual o se logre disminuir los niveles de contaminación por las medidas de control de las emisiones u otras medidas adoptadas con el fin de llegar a los Estándares de Calidad Ambiental.

El enfoque del AirQ se basa en el concepto epidemiológico de una fracción atribuible definida a nivel de población como la proporción de casos de la enfermedad que puede ser atribuida a un nivel determinado de exposición (Benichou, 2001). Este fue el enfoque utilizado por el proyecto Apheis (Medina et al., 2009; APHEIS, 2005; Boldo et al., 2006; Ballester et al., 2008).

3.1.1 PROCEDIMIENTO

Realizar una estimación del riesgo atribuible aplicando el Software AirQ requiere seguir los pasos que se detallan a continuación:

1. Definición de un periodo de estudio. Año base definido en función de la existencia y disponibilidad de data tanto de calidad del aire como de salud. Se debe tratar que la data de ambos parámetros pertenezca al mismo año y de no ser posible, el desfase no debe exceder de dos años.
2. Definición de un área de estudio.
3. Selección de indicadores de la contaminación del aire a ser evaluados y la recolección de datos de monitoreo utilizando una metodología estandarizada.
4. Recolección de los indicadores socio-económicos de la población expuesta.
5. Selección de los resultados de salud de morbilidad y mortalidad asociados y recopilación de datos de salud por grupo de edad y sexo.
6. Cálculos del riesgo atribuible por parámetro y zona de estudio.

La estimación del riesgo atribuible es un proceso iterativo y los pasos no deben considerarse como independientes, sino deben llevarse a cabo en orden secuencial. Lo importante es obtener datos representativos de las ciudades estudiadas. El período de estudio mínimo debe cubrir un año entero, sin embargo un período de dos a tres años consecutivos es recomendable para compensar las variaciones año a año en las concentraciones de contaminantes asociadas a las condiciones meteorológicas.

Respecto a los datos de calidad del aire, es aconsejable tener data de varias estaciones de monitoreo en la zona de estudio para el contaminante seleccionado. Ello permitirá calcular el promedio de exposición en la zona.

El periodo de estudio debería excluir años que se han asociado con eventos de salud inusual que puedan interferir con la base de la salud como pueden ser las pandemias; del mismo modo, años asociados con episodios meteorológicos inesperados (por ejemplo, las olas de calor, friaje, etc.) o la contaminación atmosférica inusual (por ejemplo, los incendios forestales que duran varias semanas) deben ser excluidos.

Se debe comprobar que los métodos de medición de la calidad del aire sean consistentes con los utilizados en los estudios epidemiológicos; la mayoría de los cuales utiliza concentraciones medidas con el método gravimétrico.

Asimismo, para cada estación y cada contaminante se debe asegurar que los datos diarios con que se cuente sean mayores al 75%. Para cada contaminante se agregan los datos diarios a través de todas las estaciones mediante la media aritmética.

Para el presente estudio referido sólo a Partículas Menores a 10 micras (PM_{10}) el AirQ requiere información que se detalla a continuación:

- Mortalidad: Número total de muertes de cada área urbana, tasa de mortalidad por 100,000 habitantes. Mortalidad total, mortalidad cardiovascular y mortalidad respiratoria por grupos de edad específicos.
- Morbilidad: Número de casos y tasas. En relación a efectos crónicos, admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias y cardiovasculares por grupos de edad específicos.
- Concentración de Contaminantes diaria en $\mu g/m^3$ para el período de 1 año:

Se requiere la información diaria de concentraciones de PM_{10} para cada área urbana (Lima Metropolitana: Lima Centro, Lima Norte, Lima Sur, Lima Este) y su respectiva distribución de frecuencias en intervalos de $10 \mu g/m^3$, es decir el número de veces que durante el año se obtuvieron valores comprendidos entre <10, 10 - 19, 20 - 29, 30 - 39, 40 - 49, 50 - 59, 60 - 69, 70 - 79, 80 - 89, 90 - 99, 100 - 109, 110 - 119, 120 - 129, 130 - 139, 140 - 149, 150 - 159, 160 - 169, 170 - 179, 180 - 189, 190 - 199, 200 - 209, 210 - 219, 220 - 229, hasta <400;

Las concentraciones de contaminantes en el ambiente provienen de las estaciones de monitoreo del área urbana en estudio para un mismo período.

- Cálculos Estadísticos:

o Media Aritmética Anual y por estación, verano e invierno de los promedios de 24 horas (diarios).

o Percentil 98 de los valores promedio de 24 horas (diarios)

o Valores Máximos y Mínimos anuales y por estación verano e invierno de los valores promedio de 24 horas (diarios)

3.2 DISEÑO DEL ESTUDIO

Para el desarrollo de este estudio se estableció un proceso secuencial que permitió a partir de la identificación, recopilación y análisis de la información de base requerida ir construyendo los elementos necesarios para estimar el riesgo de mortalidad y morbilidad atribuible a la contaminación por PM_{10} para Lima Metropolitana. Ver esquema de Diseño del Estudio.

Fase I:
COORDINACIONES: MINAM, MINSAL, SENAMHI
DEFINICION DEL AÑO BASE DEL ESTUDIO 2013
DEFINICION DEL AMBITO DEL ESTUDIO: LIMA METROPOLITANA
(43 distritos, 4 zonas Norte, Centro, Sur y Este)

Fase II:
Elaboración Base de Datos de Niveles de Contaminación del Aire PM_{10}
• Información diaria de las 9 estaciones
• Promedio diario, anual, estaciones de verano e invierno, percentil 98
• Valores máximos y mínimos
• Distribución de frecuencias
• Comparación con Valor ECA diario y anual y Guía OMS

Fase III:
Elaboración Base de Datos de condiciones de Salud vinculadas a PM_{10} de la población de Lima Metropolitana, por zonas de estudio
• Mortalidad por todas las causas por sexo y grupo de edad
• Morbilidad por enfermedades respiratorias y tasa de incidencia TI
• Morbilidad por enfermedades cardiovasculares y tasa de incidencia TI
• Admisiones Hospitalarias por causas cardiovasculares y respiratorias y TI

Fase IV:
Elaboración de Base de Datos de Población para LM
• Población por distritos, zonas, sexo y grupo de edad
• Tasa de mortalidad,, natalidad, tasa de crecimiento
Información de las Condiciones socioeconómicas de LM
• Características de hogares
• Nivel socioeconómico,
• Índice de desarrollo humano

Garfico N° 14

PRODUCTOS

Fase A:
Estimación del riesgo de morbilidad y mortalidad atribuible a PM_{10} (Modelo AirQ)

Fase B:
Estimación de la reducción del impacto en morbimortalidad asociado a PM_{10} si se lograra alcanzar el ECA Nacional promedio diario y el Valor Guía de la OMS.

Fase C:
Valoración económica del riesgo atribuible a la contaminación por PM_{10}

Para el desarrollo de la presente consultoría se realizaron las siguientes actividades:

• Coordinaciones

Se realizaron coordinaciones con el Ministerio del Ambiente (MINAM) para precisar el Plan de Trabajo del Estudio e informar sobre los avances; con el SENAMHI y la DIGESA, instituciones que cuentan con la información referida a monitoreo de la calidad del aire; y para obtener información sobre los indicadores de morbilidad y mortalidad, se coordinó con la Dirección General de Epidemiología y la Oficina General de Estadística e Informática del MINSa.

• Definición del ámbito de estudio

Se acordó para este estudio que el ámbito esté referido al Área Metropolitana de Lima, constituida por la provincia de Lima como una unidad territorial y sus 43 distritos agregados en cuatro ámbitos interdistritales coincidentes con la zonificación utilizada por el INEI Norte, Centro, Sur y Este; el detalle del mapa y distritos que comprenden cada zona se detallan en el acápite 3.3 Definición del Área de Estudio. En cada zona existe al menos una estación de monitoreo de calidad del aire sea de la DIGESA y/o del SENAMHI, que cuenta con información de calidad del aire, de una serie de años.

• Definición del Año Base para realizar el estudio

Se acordó trabajar el año 2013 debido a la existencia de información más completa tanto de calidad del aire, como de morbilidad y población. Se evaluó la información existente desde el año 2007 al 2013 en lo referido a la data diaria de calidad del aire, identificando el año 2013 como el que tenía el mayor número de días con información para el parámetro de estudio PM_{10} .

• Elaboración de Base de Datos Poblacionales

Para el año base 2013 y para el ámbito del estudio Lima Metropolitana se obtuvo la información del INEI a nivel distrital, de población por grupo de edad y sexo; así como información de Tasas de Natalidad, Tasa de Mortalidad, Tasa de Crecimiento Poblacional, PEA, etc.; las cuales fueron agregadas por zonas de estudio (Lima Norte, Lima Centro, Lima Sur y Lima Este). Para contar con esta base de datos se realizó un levantamiento de información secundaria, estadísticas oficiales principalmente del INEI, encuestas y estudios; revisión y análisis de la información. Esta información analizada, agregada a nivel de zonas de estudio y graficada se presenta en el acápite 3.4 Estimación poblacional de áreas de influencia de las estaciones de monitoreo de Calidad del Aire en Lima Metropolitana.

• Acopio y análisis de información de las condiciones socioeconómicas

Para contar con las características socioeconómicas de la población de Lima Metropolitana y su grado de vulnerabilidad se obtuvo información de los estratos socio-económicos, características de los hogares, acceso a servicios básicos, niveles de ingreso,

etc. La información se obtuvo de documentos oficiales del INEI y publicaciones de diversas instituciones y se presenta en el acápite 3.5 Características Socio-Económicas de Lima Metropolitana.

• Elaboración de base de datos de los niveles de contaminación atmosférica

A fin de determinar los niveles de contaminación existentes en cada zona de estudio para el parámetro PM_{10} , se consideró la información remitida tanto por la DIGESA como por el SENAMHI, la primera entidad desde el año 2007 hasta el 2013 referida a las estaciones de Santa Luzmila, María Auxiliadora, Congreso, Hipólito Unanue; y la segunda, del 2010 al 2013 para las estaciones Ate, San Borja, Campo de Marte, Santa Anita y Villa María del Triunfo. En los Anexos N° 2, N° 3, N° 4 y N° 5 se detallan la información remitida por el SENAMHI y por la DIGESA para cada una de las estaciones de ambas entidades.

En primera instancia se realizó el conteo de los datos a fin de tener el porcentaje de días muestreados tanto por estación, como el total de estaciones de ambas entidades por zonas, obteniéndose matrices que consolidan los datos para cada año, información que se detalla en el Acápite N° 3.6 Calidad del Aire Lima Metropolitana 2013.

Cabe precisar que la información reportada no estaba completa para los 365 días del año 2013, por lo que se procedió a completarla considerando el promedio mensual y usando la data histórica para estimar los valores faltantes.

Sobre la data obtenida, se determinó para cada una de las cuatro zonas de estudio y para cada estación, los niveles existentes de PM_{10} diarios y promedios mensuales y anuales y se comparó éstos con los Estándares de Calidad del Aire vigentes a nivel Nacional y con los Valores Guías OMS. Asimismo se calcularon los valores promedio por estación verano e invierno y se identificaron los valores máximos y mínimos reportados.

La información de data diaria fue comparada con el valor ECA y Valor Guía, se elaboró gráficos, así como la distribución de frecuencias del número de días que presentaron valores en rangos de $10 \mu g/m^3$. Para cada estación se identificó el número de días que se excedió el ECA diario y el valor Guía de la OMS. Asimismo se evalúa la excedencia del promedio anual respecto ECA nacional y si hubo registro de valores de alerta.

• Elaboración de una base de información sobre las condiciones de salud en el área de Lima Metropolitana y cada una de las cuatro zonas para el año 2013.

La principal fuente, la constituyó el Registro Diario de Actividades de Salud (SISTEMA HIS) que procesa la Oficina de Estadística e Informática del Ministerio de Salud.

No se pudo obtener información de morbilidad de otras instituciones como EsSalud, Fuerzas Armadas e Instituciones Privadas.

⁶¹INEI. Evaluación de Población Adulta Mayor en Lima Metropolitana. 2012

das, por lo tanto para escalar la data del MINSA se consideró los resultados de la Encuesta de ENAHO 2013 realizada por el INEI, tal como se puede apreciar en el acápite 3.7 de Datos de morbi-mortalidad asociados al impacto a la salud por la contaminación del aire por Material Particulado, donde también se detallan las causas de morbimortalidad según la codificación internacional de enfermedades y el número de casos reportados para el año base, por grupo de edad y sexo.

Se calcularon las tasas de incidencia por 100 000 habitantes para el año 2013 y se obtuvieron los datos requeridos para correr el modelo AirQ a nivel distrital y de cada área interdistrital.

• **Estimación del riesgo de mortalidad y morbilidad atribuible a la contaminación por PM₁₀ para Lima Metropolitana y cada una de las cinco áreas interdistritales.**

Para este fin se utilizó el método de riesgo atribuible que permite estimar el impacto de la contaminación del aire en la salud. Se usó como instrumento de estimación el Modelo Air Quality Health Impact Assessment – AirQ, que es una herramienta especializada diseñada por la OMS que permite estimar el riesgo de impacto a la salud humana, atribuible a la exposición a contaminantes atmosféricos en un área urbana definida para un período definido.

La información requerida para correr el Modelo AirQ se puntualizó en el acápite 3.1 habiendo introducido la siguiente información trabajada y agregada, en el modelo tanto para Lima Metropolitana como las cuatro áreas interdistritales (zonas), teniendo como base el año 2013:

- Población distrital discriminada por grupo de edad y sexo;
- Mortalidad total, respiratoria y cardiovascular por grupo de edad; tasas de incidencia por 100 000 habitantes: total, respiratoria y cardiovascular;
- Admisiones hospitalarias por enfermedades cardiovasculares y respiratorias y sus tasas respectivas;
- Ataques de Asma niños y adultos y sus tasas de incidencia
- Concentraciones de contaminantes promedios diarios de PM₁₀ y su distribución de frecuencias cada 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,
- Cálculos estadísticos de promedios anuales, valores máximos y mínimos anuales por estación (verano e invierno) y percentil 98.

Se corrió el modelo para las cuatro zonas: Norte, Centro, Sur y Este considerando el promedio diario de las estaciones ubicadas en sus respectivos ámbitos y registrando adicionalmente la información de la estación de mayor valor y menor valor promedio anual y finalmente se corrió para Lima Metropolitana en su conjunto considerando el promedio diario de las 9 estaciones y el valor de la estación de mayor y menor valor promedio anual. Una vez obtenidos los resultados se registró la corrida de data para niveles de riesgo relativo Alto, Medio y Bajo.

- Estimación de la reducción del impacto en morbimortalidad asociado a PM10 si se lograra alcanzar el ECA Nacional promedio

diario y el Valor Guía de la OMS.

Para esto se volvió a correr el modelo AirQ considerando que todos los valores que excedían el ECA o Valor Guía de la OMS para PM10, van a lograr alcanzar valores en el rango inmediato inferior al límite, en la distribución de frecuencias. Este supuesto permite cuantificar el volumen de reducción en el impacto a la salud producido por la contaminación del aire por PM10 si se implementarían medidas adecuadas de control que logran disminuir los niveles de contaminación atmosférica.

• **Valoración económica del riesgo atribuible a la contaminación por PM₁₀**

Finalmente como el último paso del proceso, se realizó la valoración económica, para lo cual se han usado los métodos de la función de daño y de capital humano transfiriendo valores de otros países para el caso de mortalidad y para morbilidad, en lo referido a admisiones hospitalarias, se ha considerado los valores de gastos de hogares y subsidio del Estado.

Es importante aclarar que este estudio se basa en la información primaria existente e información secundaria, por lo tanto para poder realizar la estimación del impacto a la salud asociado a la contaminación por PM₁₀ y aplicar el Modelo AirQ, así como para estimar el valor económico de estos impactos se han realizado supuestos y estimaciones, y tomado en cuenta datos referenciales de encuestas, que son las limitaciones e incertidumbres del estudio.

Las consideraciones que se han tomado en cuenta para el estudio son las siguientes:

- El Ámbito de Estudio es el área de Lima Metropolitana constituida por sus distritos agregados a nivel de cuatro zonas de estudio. La información utilizada para el estudio está referida a 4 áreas: Lima Norte, Lima Sur, Lima Este, Lima Centro, cuya delimitación está en función de las áreas interdistritales de gestión, usadas por el INEI en sus diversos estudios. La información de Lima Metropolitana se obtiene por la agregación de las cuatro áreas antes referidas.

Lo ideal hubiera sido trabajar con microcuencas atmosféricas y tener la información requerida a ese nivel de desagregación, situación que no fue posible en el tiempo del estudio ya que ante la ausencia de información a ese nivel de desagregación, se hubiera requerido el levantamiento de información primaria.

- Para el caso de la data de población para el año 2013, se han considerados datos de proyecciones de población del INEI a nivel distrital no es data censal, igualmente la población por grupo de edad y sexo. Se ha considerado el índice de masculinidad de Lima Metropolitana para estimar la población por sexo a nivel distrital.

- La data de mortalidad fue obtenida de la información proporcionada por la Oficina General de Estadística e Informática del MINSa en base a los registros de defunciones. Sólo se contó con información del 2012, la cual se escaló al 2013. Se conoce que existe un porcentaje de omisiones debido al subregistro en la mortalidad, cifra que no se obtuvo para el ámbito y año de estudio.

- La data de morbilidad proporcionada por el MINSa provino de la OGEI y representa sólo a las atenciones brindadas por los establecimientos del MINSa, por lo que fue escalada considerando el porcentaje de pacientes que se atienden en los establecimientos de este sector en relación a los otros establecimientos de salud (EsSalud, hospitales de las fuerzas armadas, privados). Asimismo, se debe señalar que esta data se refiere al lugar de atención del paciente y no al lugar de residencia por lo que se tiene un sesgo, ya que la mayoría de hospitales grandes del MINSa están ubicados en la Zona Centro. La información se trabajó por causas, grupo de edad y a nivel distrital y se agregó para cada área, para finalmente ser escalada para el año 2013.

- La información referida a la contaminación del aire por PM_{10} corresponde a los resultados de las 5 estaciones que la DIGESA-MINSa tiene instaladas en el ámbito metropolitano y las 4 estaciones del SENAMHI. Lima Norte tiene sólo una estación de la DIGESA, Lima Sur tiene dos estaciones, una de DIGESA y otra de SENAMHI; Lima Este tiene tres estaciones, dos de SENAMHI y una de DIGESA, y Lima Centro cuenta con tres estaciones, una de la DIGESA y dos del SENAMHI.

Cabe precisar que la ubicación de estas estaciones ha obedecido principalmente a criterios de seguridad y están ubicadas en centros de salud y en ambientes municipales. Por lo tanto, se está asumiendo que los resultados obtenidos de calidad del aire en cada una de las estaciones son representativos del área de estudio.

- La información de Calidad del Aire existente es muy limitada, luego de la evaluación se consideró que el año 2013 es el que cuenta con mayor información. La data diaria de calidad del aire para PM_{10} requerida para correr el Modelo AirQ, se construyó tomando como base la información del monitoreo de las estaciones de DIGESA y SENAMHI y se procedió a completar la data diaria faltante considerando los promedios mensuales y usando data histórica, extrapolando datos y aplicando algoritmos según sea el caso.

- Para la Valoración Económica se utilizó el valor de la vida estadística para el Perú elaborado por la Oficina de Estudios Económicos del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería del Perú (OSINERGMIN), en el marco del diseño de instrumentos sancionadores y la estimación del costo de los perjui-

cios causados por la contaminación.

En lo que se refiere a la valoración económica del gasto referido a las hospitalizaciones por causa respiratoria y cardiovascular se ha considerado el Gasto Promedio de los Hogares (tomado de la ENAHO-2013) y el subsidio del Estado por cada día de hospitalización, estimado descontando al costo de los servicios de hospitalización reales, lo que pagan los pacientes.

El número promedio de permanencia de hospitalización se ha estimado considerando el promedio de los egresos y las estancias según establecimiento de Salud de Lima Metropolitana, que alcanza 8,1 días (OGEI-MINSa: Egresos y estancias por sexo, según establecimientos de salud MINSa-Año 2013).

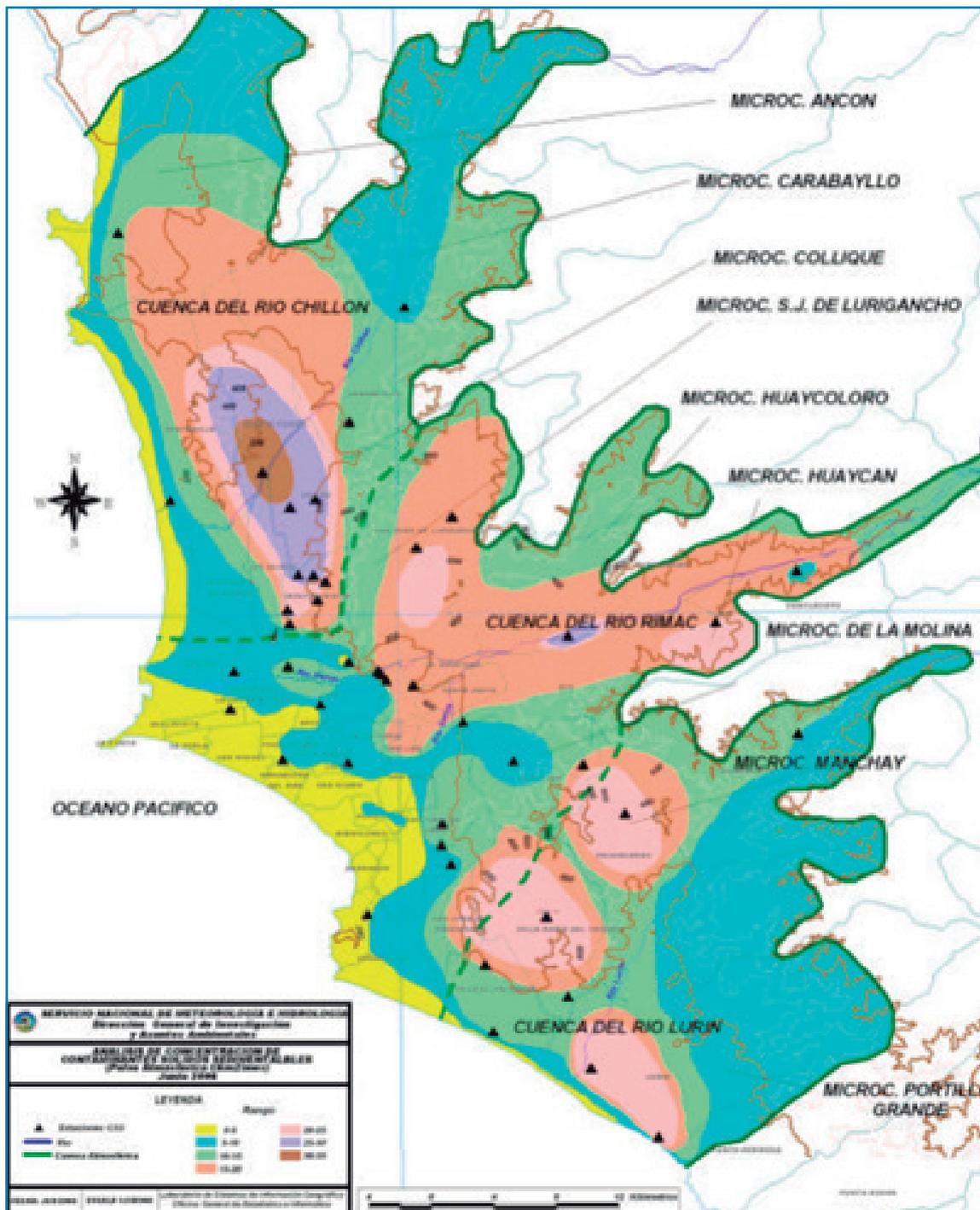
3.3 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área metropolitana de Lima y Callao tiene como coordenadas geográficas $12^{\circ} 04'$ latitud Sur y $77^{\circ} 22'$ de longitud oeste. Se desarrolla en una planicie costera de aproximadamente 10 km de ancho y una altura de 0 a 200 m sobre el nivel del mar. Los tentáculos de la cordillera crean tres valles intermontanos y aislados en la zona norte: San Juan de Lurigancho, Rímac (El Agustino, Santa Anita, Ate-Vitarte y Lurigancho) y la Molina y uno en el Norte: el Chillón (Los Olivos, Comas, Puente de Piedra), estos podrían denominarse microcuencas, receptores de vientos y acumuladores de contaminación.

La cuenca metropolitana está gobernada por un dominio climático semipermanente: el Anticiclón del Pacífico Sur, que en conjunción con la cordillera de los Andes produce un flujo de vientos del Sur durante todo el año. La Corriente de Humboldt y el flujo de aire del anticiclón aumentan la humedad relativa del aire formando nebulosidades estatifórmes y nieblas típicas en la costa, más intensas en invierno que en verano. El clima es desértico, seco con poca lluvia y sub-tropical.

El área de influencia de la contaminación sujeta a estudio está constituida por la cuenca atmosférica. La cuenca atmosférica del área metropolitana de Lima y Callao ha sido definida por el SENAMHI y está compuesta por 7 microcuencas: Río Chillón, San Juan de Lurigancho, Quebrada de Cajamarquilla, Río Rímac, Cieneguilla, Quebrada de Manchay y Río Lurín, tal como se aprecia en el siguiente gráfico:

Gráfico Nº 15: Cuenca Atmosférica para Lima Metropolitana y el Callao



Siendo Lima Metropolitana el área de referencia del estudio se está considerando la provincia de Lima con sus 43 distritos agrupados en cuatro zonas Lima centro, Lima norte, Lima sur y Lima este. Esta zonificación es tomada como referencia de las zonas geográficas que el INEI considera es sus estudios, como ámbitos de gestión metropolitana

Lima Centro tiene una población de 1 805 829 habitantes y está compuesta por 15 distritos que son los siguientes:

1. Lima
2. La Victoria
3. Rímac
4. San Miguel
5. San Borja
6. Miraflores
7. Pueblo Libre
8. Jesús María
9. Surquillo
10. San Isidro
11. Breña
12. Magdalena del Mar
13. Lince
14. Barranco
15. Santiago de Surco

Lima Este comprende 9 distritos, y tiene una población de 2 560 122 habitantes:

1. San Juan de Lurigancho
2. Ate
3. La Molina
4. Lurigancho
5. Santa Anita
6. El Agustino
7. San Luis
8. Chaclacayo
9. Cieneguilla

Lima Sur está integrada por 11 distritos y tiene una población de 1 823 427 habitantes:

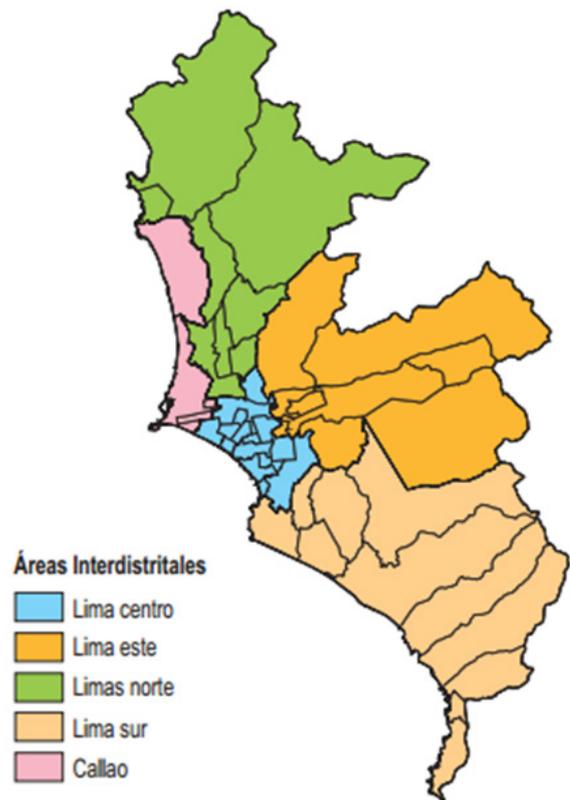
1. Villa María del Triunfo
2. San Juan de Miraflores
3. Villa El Salvador
4. Chorrillos
5. Pachacamac
6. Lurín
7. Pucusana
8. Punta Negra
9. Punta Hermosa
10. San Bartolo
11. Santa María del Mar

Lima Norte está compuesta por 8 distritos, tiene una población de 2 427 936 habitantes

1. San Martín de Porres
2. Comas
3. Los Olivos
4. Independencia
5. Carabaylo
6. Puente Piedra
7. Ancón
8. Santa Rosa

La ubicación de los distritos en las cuatro zonas se visualizan en el mapa siguiente:

Gráfico N° 16: Zonas de Estudio de Lima Metropolitana



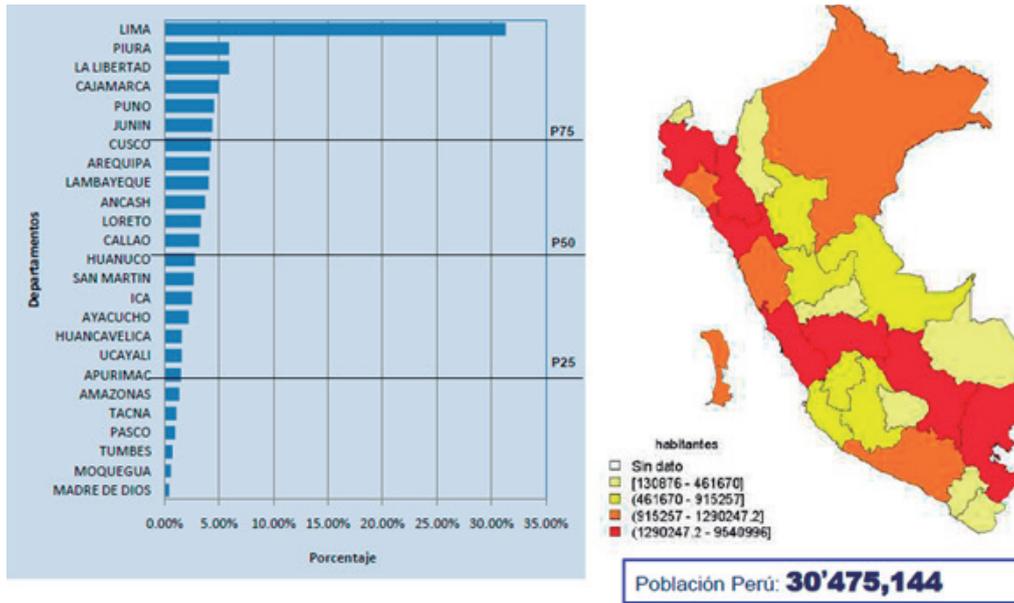
Fuente: Población Adulta mayor por zonas geográficas, 2014. INEI

3.4 ESTIMACIÓN POBLACIONAL DE ÁREAS DE INFLUENCIA DE LAS ZONAS DE ESTUDIO EN LIMA METROPOLITANA

3.4.1 PERÚ

La población proyectada del Perú para el año 2013 alcanza la cifra de 30 475 144 habitantes, de la cual, el departamento de Lima concentra el 31% y Lima Metropolitana representa el 28,2%⁶²

Gráfico Nº 17: Población Total Perú 2013



Fuente: INEI. Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población Urbana y Rural por Sexo y Edades Quinquenales, según Departamento, 2000-2015

Población Perú: 30'475,144
 Lima concentra el 31% de la población total.
 Los departamentos más poblados son:
 - Lima, Piura, La Libertad, Cajamarca, Puno, Junín.

3.4.1.1 Transición Demográfica

La transición demográfica que ha venido experimentando nuestro país indica con claridad que las tasas de natalidad y mortalidad se han ido modificando notándose un descenso paulatino a lo largo de las últimas décadas⁶³.

Como consecuencia de la declinación de la mortalidad y la natalidad, las poblaciones entran en un proceso de envejecimiento, en tal situación el crecimiento será cada vez más lento, pues los grupos de edad media habrán de envejecer y por fin morir sin siquiera ser reemplazados por las generaciones subsiguientes.

Los cambios en la dinámica social y demográfica peruana, así como su crecimiento demográfico fueron similares a lo sucedido en Latinoamérica, primero se vio la disminución en las tasas de mortalidad y de natalidad. La mortalidad descendió primero, produciendo un rápido crecimiento de la población, posteriormente empezó la declinación de la fecundidad propiciando un paulatino descenso del crecimiento.

Se plantean cuatro etapas en el proceso de transición en nuestro país⁶⁴: (Ver Gráfico Nº 18). En la primera etapa entre 1870 y 1935, se observó que la tasa de natalidad aún experimentó un leve incremento, mientras que la tasa de mortalidad mostró una leve disminución.

En la segunda etapa, entre 1935 y 1975, la tasa de mortalidad disminuyó significativamente, mientras que la tasa de natalidad empezó a disminuir con lentitud.

En la tercera etapa entre 1975 y el 2010 ambas tasas mostraron una significativa disminución situación que se mantendrá hasta el 2013 año del estudio.

La Cuarta etapa, del 2011 al 2025, se espera bajas tasas de natalidad y mortalidad, lo que produciría un crecimiento de población muy lento, produciéndose un aumento en la tasa bruta de mortalidad producto del envejecimiento de la población, la tasa de crecimiento natural promedio estaría alrededor de 1,0 por ciento.

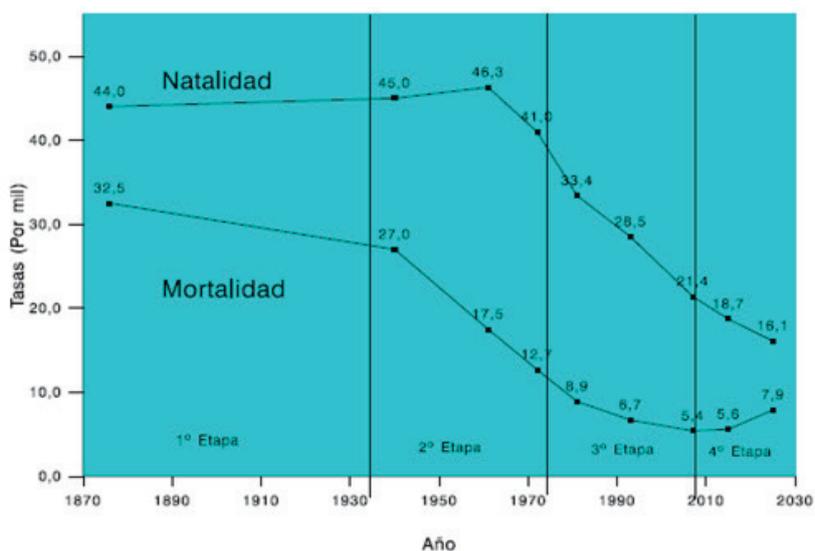
⁶²INEI Estimaciones y proyecciones de Población urbana y rural por sexo y edades quinquenales, según departamento 2000-2015

⁶³OGE MINSA

⁶⁴<http://www.bvsde.paho.org/texcom/sct/047992.pdf>

INEI La Mortalidad en el Perú. Guillermo Vallenás- 2009

Gráfico N° 18 Perú: Transición Demográfica 1870 - 2025



Fuente: INEI Censos y Proyecciones de población

3.4.1.2 Mortalidad

El Gráfico N° 19 muestra la evolución de la tasa bruta de mortalidad (por mil) proyectado entre el 2003 y 2013⁶⁵, expresa el número de fallecimientos por cada 1000 habitantes.

Gráfico N° 19: Evolución de la Tasa Bruta de Mortalidad por mil



La única fuente de información disponible sobre mortalidad es el Registro Civil, que da información de la mortalidad según edad, género, lugar de ocurrencia y causas de muerte. Los registros de defunciones cuya fuente es el Registro Civil están afectados por una omisión cuya magnitud es estimada por el INEI⁶⁶ a nivel nacional para el año 2012 en 28,5%, como podemos observar en la tabla siguiente:

⁶⁵INEI – Boletín Especial N° 17: "Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población Total por años calendarios y edades simples 1950 – 2050".

⁶⁶http://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1100/libro.pdf

INEI Perú: Nacimientos, Defunciones y Divorcios 2012- Nov. 2013

Tabla N° 15: Defunciones Estimadas, Registradas y Omisiones 2005-2012

Año de inscripción	Defunciones estimadas	Defunciones registradas	Omisión (%)
2005	151 965	103 207	32,1
2006	153 505	105 074	31,6
2007	155 242	107 249	30,9
2008	157 233	108 100	31,2
2009	159 522	110 811	30,5
2010	162 019	108 178	33,2
2011	164 637	118 456	28,1
2012	167 289	119 652	28,5

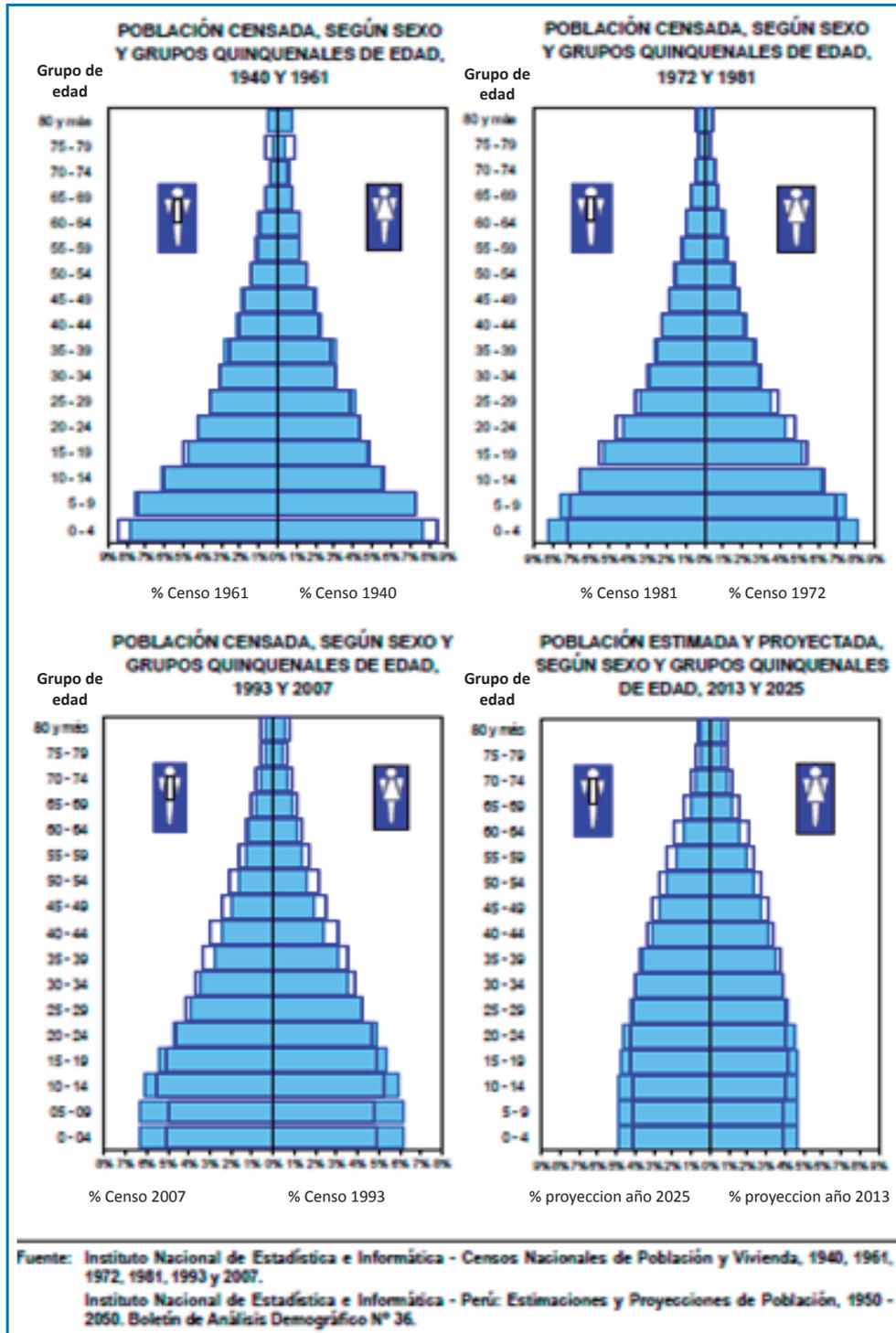
Para el caso de Lima, el INEI estima que las omisiones alcanzan el 12,9%.

3.4.1.3 Transición Epidemiológica

La transición demográfica está muy vinculada a la transición epidemiológica; la disminución del nivel de la mortalidad en el tiempo está altamente relacionada a los cambios que han ocurrido en las políticas de atención de la salud a la población, debido tanto a los avances de la medicina y farmacología, así como las mejoras en los sistemas de atención de la salud, que han contribuido a elevar las condiciones de salud de importantes sectores de la población, sobre todo de los residentes en las áreas urbanas. Estos cambios se expresan a través del estudio de la transición epidemiológica. Sin embargo, la transición epidemiológica no es un proceso único y aislado que explique los cambios en los niveles de mortalidad, también se produce la transición demográfica, que explica las variaciones del crecimiento natural de la población a través de la mortalidad y la natalidad. Paralelamente se produce el fenómeno de la urbanización y el envejecimiento de la población que genera cambios en la estructura por edad de la población lo que a su vez modifica la estructura por edad de las defunciones donde la proporción de muertes en adultos aumenta. Esto se refleja claramente en la distribución de población por sexo y edades, graficadas en las pirámides por edades, inter censales y proyectadas al 2013 y 2025⁶⁷ como se aprecia en el gráfico siguiente:

⁶⁷INEI, Compendio Estadístico Nacional 2013. Tomo I – Julio 2013 – Página 125

Gráfico N° 20 Pirámides de Población del Perú⁶⁸



⁶⁸Extraído de INEI, Compendio Estadístico Nacional 2013. Tomo I – Julio 2013 – Página 124

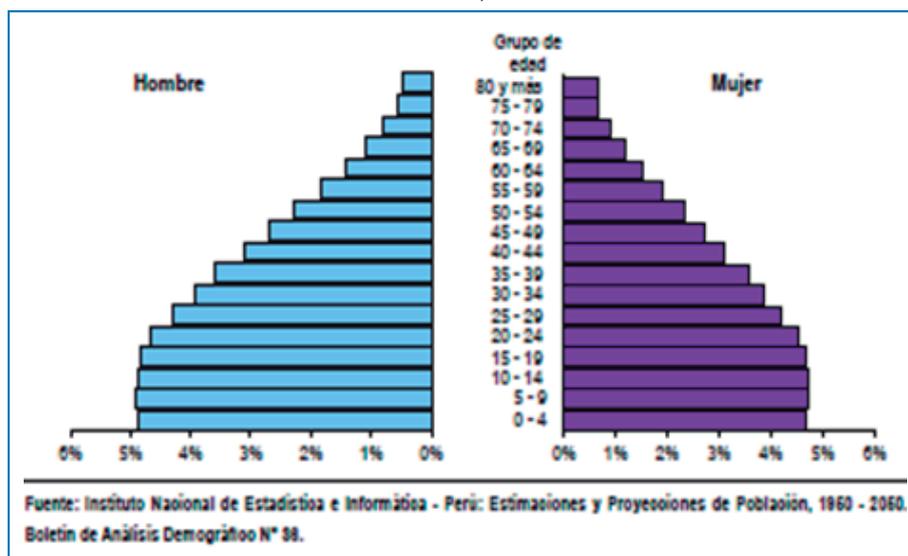
Como se observa, la base de la pirámide en el año 1970 era pronunciada teniendo gran cantidad de población niña y joven y muy poca población adulta y adulta mayor. Las proyecciones al año 2020 muestran una realidad muy diferente la población de niños, jóvenes y adultos presentan una distribución uniforme aumentando significativamente la población adulta y adulta mayor.

El efecto de la transición demográfica sobre la estructura por edad de la población se expresa a través de un proceso de enve-

jecimiento, esto es un aumento continuo de pobladores de 65 y más años de edad, además, la relación de dependencia, es decir el cociente entre la suma de menores de 15 años y mayores de 64 entre la población en edad de trabajar (15-64 años), se ve disminuida considerablemente, producto sobre todo de la disminución relativa de la población joven y el aumento de la fuerza de trabajo.

En el Año 2013 se observa cómo la distribución de la población del Perú por edades se modifica significativamente, ver gráfico Nº 21⁶⁹

Gráfico Nº 21: Perú, Población estimada al 30 de Junio, por sexo y grupos de edad , 2013



3.4.2 LIMA METROPOLITANA

La población estimada para el año 2013 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) de Lima Metropolitana constituida por sus 43 distritos asciende a 8 617 314 habitantes, de la cual, el 49% son hombres y 51% son mujeres⁷⁰. Ver Anexo Nº 6.

La distribución por zonas de estudio y sexo se presentan a continuación en la Tabla Nº 16. Como se puede observar la zona que

concentra el mayor volumen de población es Lima Este (30%) seguido por Lima Norte (28%) y luego Lima Sur y Centro con 21% cada uno.

En cuanto a la distribución por sexo para Lima Metropolitana, el 49% son varones y el 51% mujeres, distribución que se mantiene en las zonas de Lima Norte, Sur y Este; sin embargo en Lima Centro la concentración de mujeres es mayor alcanzando el 53% y varones sólo el 47%.

Tabla Nº 16: Población de Lima Metropolitana por zonas y sexo – 2013

ZONA	POBLACION TOTAL	%	MUJERES	%	VARONES	%
NORTE	2 427 936	28%	1 244 054	51%	1 183 882	49%
SUR	1 823 427	21%	929 335	51%	894 092	49%
ESTE	2 560 122	30%	1 298 557	51%	1 261 565	49%
CENTRO	1 805 829	21%	960 946	53%	844 883	47%
TOTAL LM	8 617 314	100%	4 432 892	51%	4 184 422	49%

Fuente: INEI Proyecciones de población por sexo, según departamento, provincia y distrito, 2000 – 2015.

⁶⁹Extraído de INEI Compendio Estadístico Nacional 2013 - de Pág. 141

⁷⁰INEI – UNFPA – CEPAL – CELADE - Boletín Especial Nº 18: "Estimaciones y Proyecciones de población por sexo, según departamento, provincia y distrito, 2000 – 2015.

La distribución de la población de Lima Metropolitana por grupos quinquenales de edad⁷¹ según las estimaciones realizadas por el INEI muestra la transición demográfica que viene sufriendo nuestro país. La información que se tiene sólo muestra la distribución por grupos quinquenales a nivel distrital, por tanto, para completar la data a nivel de sexo por cada grupo etario se ha considerado el Índice de Masculinidad para el año 2013 proyectado por el INEI⁷². Con estos Índices se ha construido la información por sexo para cada grupo quinquenal y los resultados se muestran en las tablas subsiguientes para cada zona.

La información para el año 2013 por grupo de edad para Lima Metropolitana muestra una distribución con una mayor concentración en población joven de 15 a 29 años y una importante concentración aún en población de niños de 0 a 14 años. La transición demográfica hace que la base de la pirámide se vaya angostando y la población intermedia de jóvenes y PEA incrementándose significativamente, asimismo el porcentaje de población mayor y adulta mayor muestra una tendencia a incrementarse, lo que se aprecia en la tabla y gráfico siguientes:

Tabla Nº 17: Población Por Grupo de Edad Lima Metropolitana

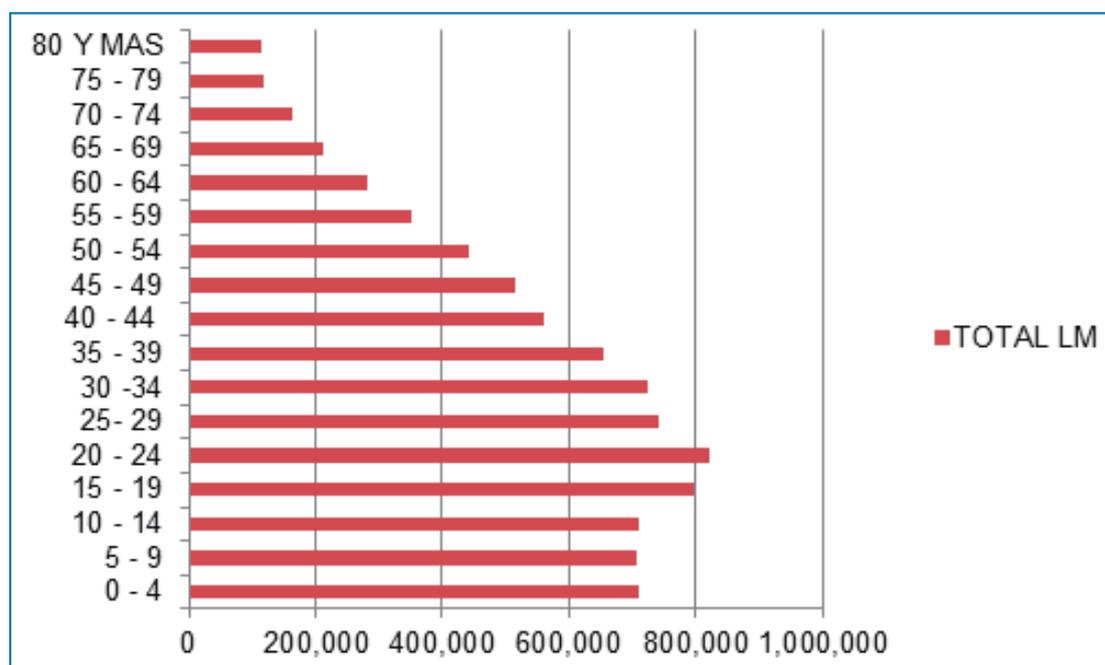
Grupo quinquenal	ESTE	CENTRO	NORTE	SUR	TOTAL LM	%
0 - 4	226 502	110 738	208 410	163 020	708 670	8,2%
5 - 9	219 556	113 318	207 856	164 267	704 997	8,2%
10 - 14	219 495	115 202	211 129	162 730	708 556	8,2%
15 - 19	250 455	142 532	229 149	173 969	796 105	9,2%
20 - 24	268 719	147 592	228 718	175 424	820 453	9,5%
25- 29	234 448	140 716	207 071	158 741	740 976	8,6%
30 -34	218 503	143 411	203 892	158 856	724 662	8,4%
35 - 39	189 042	134 812	187 504	143 519	654 877	7,6%
40 - 44	158 860	122 509	161 215	116 804	559 388	6,5%
45 - 49	144 395	124 032	144 471	101 336	514 234	6,0%
50 - 54	122 954	115 146	119 939	84 607	442 646	5,1%
55 - 59	95 913	96 287	93 572	67 167	352 939	4,1%
60 - 64	72 241	81 704	73 973	52 900	280 818	3,3%
65 - 69	52 281	66 863	55 689	38 655	213 488	2,5%
70 - 74	36 812	56 961	41 086	26 818	161 677	1,9%
75 - 79	26 133	45 367	28 621	18 121	118 242	1,4%
80 Y MAS	23 813	48 639	25 641	16 493	114 586	1,3%
TOTAL	2 560 122	1 805 829	2 427 936	1 823 427	8 617 314	100,0%

Fuente: "Estimaciones y Proyecciones de población por grupos quinquenales de edad, según departamento, provincia y distrito, 2005 – 2015. INEI – Noviembre 2010. Elaboración propia

⁷¹Boletín Especial Nº 21: "Estimaciones y Proyecciones de población por grupos quinquenales de edad, según departamento, provincia y distrito, 2005 – 2015. INEI – Noviembre 2010.

⁷²Documento : Índice de Masculinidad por Años calendarios según Grupos quinquenales de edad 1970-2025.- Cuadro Nº 06

Gráfico N° 22: Distribución de la Población Total de Lima Metropolitana



3.4.2.1 Zona Norte

En la Zona Norte, la población asciende a 2 427 936 habitantes, su distribución a nivel distrital se presenta en la Tabla N° 18; observándose que el distrito con mayor concentración poblacional es San Martín de Porres (28%) y el que menor porcentaje concen

tra es el distrito de Ancón (2%). En cuanto a la distribución por sexo, la mayoría de distritos mantiene el porcentaje de la zona Norte, 51% mujeres y 49% varones a excepción de los Distritos de Santa Rosa y Los Olivos donde el 54% son mujeres y el 52% varones.

Tabla N° 18: Población de Lima Norte por distrito y sexo - 2013

ZONA NORTE	Población Total	%	Mujeres	%	Varones	%
Ancón	40 951	2%	20 926	51%	20 025	49%
Carabayllo	278 963	11%	141 079	51%	37 884	49%
Comas	520 403	21%	266 119	51%	254 284	49%
Independencia	216 654	9%	110 451	51%	106 203	49%
Los Olivos	360 532	15%	187 631	52%	172 901	48%
Puente Piedra	320 837	13%	162 306	51%	158 531	49%
San Martín de Porres	673 149	28%	346 617	51%	326 532	49%
Santa Rosa	16 447	1%	8 925	54%	7 522	46%
TOTAL ZONA NORTE	2 427 936	100%	1 244 054	51%	1 183 882	49%

Fuente: INEI Proyecciones de población por sexo, según departamento, provincia y distrito, 2000 – 2015.

Si analizamos la Tabla N° 19 distribución de la población de la zona Lima Norte por grupos quinquenales, observamos cómo la población se concentra en los grupos de edad menor a 50 años y su distribución se visualiza en el Gráfico N° 23. También se observa la prevalencia de hombres hasta los 30 años, a partir del cual, el porcentaje de mujeres es mayor.

Gráfico N° 23: Distribución de la población de Lima Norte

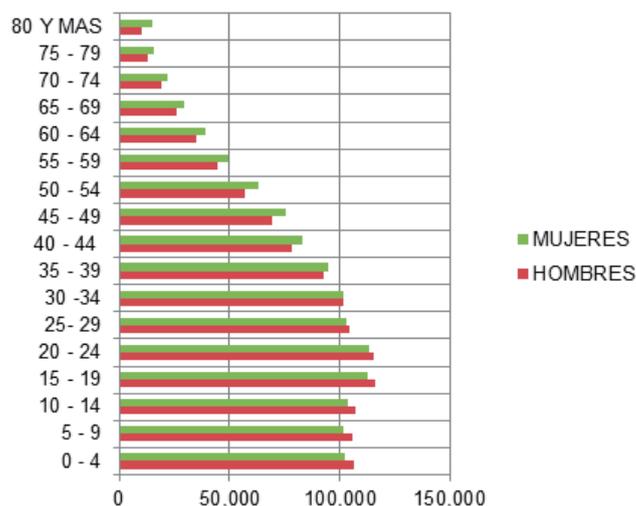


Tabla N° 19: Población por Grupo de edad y sexo Lima Norte

Grupo quinquenal	TOTAL	%	HOMBRES	MUJERES
0 - 4	208 410	8,6%	106 348	102 062
5 - 9	207 856	8,6%	105 866	101 990
10 - 14	211 129	8,7%	107 380	103 749
15 - 19	229 149	9,4%	116 212	112 937
20 - 24	228 718	9,4%	115 603	113 115
25 - 29	207 071	8,5%	104 204	102 867
30 - 34	203 892	8,4%	101 997	101 895
35 - 39	187 504	7,7%	92 805	94 699
40 - 44	161 215	6,6%	78 456	82 759
45 - 49	144 471	6,0%	69 186	75 285
50 - 54	119 939	4,9%	56 979	62 960
55 - 59	93 572	3,9%	44 349	49 223
60 - 64	73 973	3,0%	35 019	38 954
65 - 69	55 689	2,3%	26 130	29 559
70 - 74	41 086	1,7%	18 889	22 197
75 - 79	28 621	1,2%	12 632	15 989
80 Y MAS	25 641	1,1%	10 424	15 217
TOTAL	2 427 936	100,0%	1 202 480	1 225 456

Fuente: "Estimaciones y Proyecciones de población por grupos quinquenales de edad, según departamento, provincia y distrito, 2005 - 2015. INEI - Noviembre 2010.

3.4.2.2 Zona Sur

En cuanto a la Zona Sur, el 85% de la población está concentrada en cuatro distritos: Villa El Salvador (24,4%), Villa María del Triunfo (23,8%) San Juan de Miraflores (21,8%) y Chorrillos (17,5%). En

la distribución por sexo en casi todos los distritos, el porcentaje de mujeres es ligeramente mayor al de varones a excepción de Punta Hermosa, Punta Negra y Santa María del Mar, en las cuales, el porcentaje de varones es ligeramente mayor.

Tabla Nº 20: Población de Lima Sur por distrito y sexo – 2013

ZONA SUR	Población Total	%	Mujeres	%	Varones	%
Lurín	79 563	4,4%	39 505	50%	40 058	50%
Pachacamac	111 037	6,1%	56 384	51%	54 653	49%
Pucusana	15 240	0,8%	7 725	51%	7 515	49%
Punta Hermosa	7 155	0,4%	3 470	48%	3 685	52%
Punta Negra	7 215	0,4%	3 503	49%	3 712	51%
San Bartolo	7 233	0,4%	3 649	50%	3 584	50%
San Juan de Miraflores	397 113	21,8%	203 259	51%	193 854	49%
Santa María del Mar	1 338	0,1%	631	47%	707	53%
Villa El Salvador	445 189	24,4%	225 376	51%	219 813	49%
Villa María del Triunfo	433 861	23,8%	220 870	51%	212 991	49%
Chorrillos	318 483	17,5%	164 963	52%	153 520	48%
TOTAL ZONA SUR	1 823 427	100,0%	929 335	51%	894 092	49%

Fuente: INEI Proyecciones de población por sexo, según departamento, provincia y distrito, 2000 – 2015.

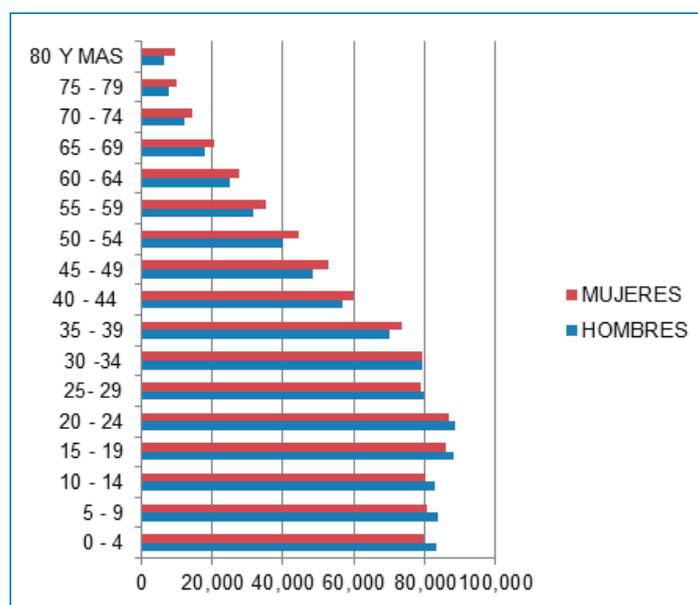
Respecto a la distribución de la población por grupos quinquenales de edad, la población se concentra en los menores a 45 años y a partir de los 35 años prevalecen las mujeres. Ver Tabla Nº 21 y Gráfico Nº 24.

Tabla Nº 21: Población por grupo de edad y Sexo - Lima Sur 2013

Grupo quinquenal	TOTAL	%	HOMBRES	MUJERES
0 - 4	163 020	8,90%	83 187	79 833
5 - 9	164 267	9,00%	83 665	80 602
10 - 14	162 730	8,90%	82 764	79 966
15 - 19	173 969	9,50%	88 228	85 741
20 - 24	175 424	9,60%	88 666	86 758
25- 29	158 741	8,70%	79 883	78 858
30 -34	158 856	8,70%	79 468	79 388
35 - 39	143 519	7,90%	69 844	73 675
40 - 44	116 804	6,40%	56 843	59 961
45 - 49	101 336	5,60%	48 529	52 807
50 - 54	84 607	4,60%	40 194	44 413
55 - 59	67 167	3,70%	31 835	35 332
60 - 64	52 900	2,90%	25 043	27 857
65 - 69	38 655	2,10%	18 137	20 518
70 - 74	26 818	1,50%	12 330	14 488
75 - 79	18 121	1,00%	8 048	10 073
80 y MAS	16 493	0,90%	6 705	9 788
TOTAL	1 823 427	100,00%	903 369	920 058

Fuente: "Estimaciones y Proyecciones de población por grupos quinquenales de edad, según departamento, provincia y distrito, 2005 – 2015. INEI – Noviembre 2010.

Gráfico N° 24: Distribución de la población de Lima Sur



Fuente: "Estimaciones y Proyecciones de población por grupos quinquenales de edad, según departamento, provincia y distrito, 2005 – 2015. INEI – Noviembre 2010.

3.4.2.3 Zona Este

La Población de la Zona Lima Este alcanza 2 560 122, está compuesta por nueve distritos, en dicha población, el 40,9% está concentrada en San Juan de Lurigancho y el 23,1% en Ate, que son los distritos más poblados de Lima Metropolitana; mientras que los distritos de Chaclacayo y Cieneguilla son los que menos

concentración de población presentan con 1,7% y 1,6% respectivamente. En cuanto a su distribución por sexo, en la mayoría de distritos se mantiene siempre un porcentaje ligeramente más alto de mujeres a excepción de Cieneguilla donde los varones alcanzan el 60,5%. Observar Tabla N° 22.

Tabla N° 22. Población de Lima Este por distrito y sexo – 2013

ZONA ESTE	Población Total	%	Mujeres	%	Varones	%
Ate	592 344	23,10%	303 253	51,20%	289 091	48,80%
Chaclacayo	43 271	1,70%	22 518	52,00%	20 753	48,00%
San Luis	57 454	2,20%	29 701	51,70%	27 753	48,30%
Cieneguilla	41 060	1,60%	16 232	39,50%	24 828	60,50%
El Agustino	190 474	7,40%	96 908	50,90%	93 566	49,10%
La Molina	162 237	6,30%	87 680	54,00%	74 557	46,00%
Lurigancho	207 070	8,10%	103 981	50,20%	103 089	49,80%
San Juan de Lurigancho	1 047 726	40,90%	526 944	50,30%	520 782	49,70%
Santa Anita	218 486	8,50%	111 340	51,00%	107 146	49,00%
TOTAL ZONA ESTE	2 560 122	100,00%	1 298 557	50,70%	1 261 565	49,30%

Fuente: INEI Proyecciones de población por sexo, según departamento, provincia y distrito, 2000 – 2015.

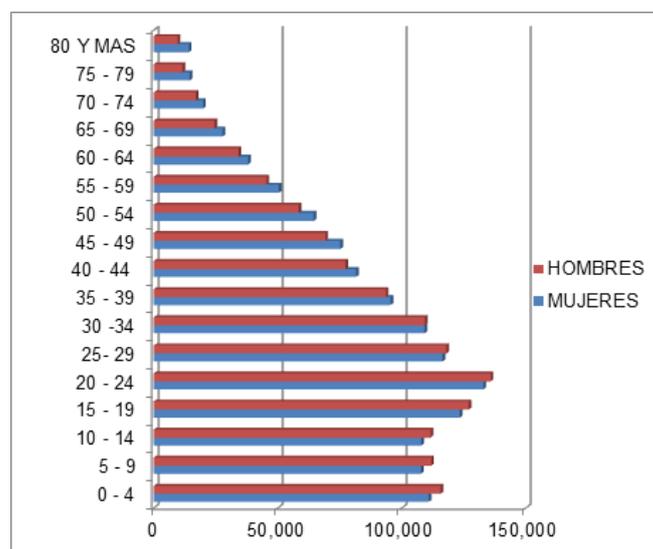
La estructura poblacional de la Zona Lima Este por grupos quinquenales de edad muestra al igual que las otras zonas, una concentración en los grupos poblacionales menores a 50 años, con una tendencia a una mayor concentración en la población joven

de 15 a 25 años, según se observa en la Tabla N° 23 y Gráfico N° 25. La población de niños es también significativa, mientras que la población de los adultos mayores está incrementándose paulatinamente.

Tabla N° 23: Población por grupo de edad y sexo Lima Este - 2013

Grupo quinquenal	TOTAL	%	HOMBRES	MUJERES
0 - 4	226 502	8,80%	115 580	110 922
5 - 9	219 556	8,60%	111 825	107 731
10 - 14	219 495	8,60%	111 635	107 860
15 - 19	250 455	9,80%	127 017	123 438
20 - 24	268 719	10,50%	135 821	132 898
25 - 29	234 448	9,20%	117 981	116 467
30 -34	218 503	8,50%	109 306	109 197
35 - 39	189 042	7,40%	93 566	95 476
40 - 44	158 860	6,20%	77 310	81 550
45 - 49	144 395	5,60%	69 150	75 245
50 - 54	122 954	4,80%	58 411	64 543
55 - 59	95 913	3,70%	45 459	50 454
60 - 64	72 241	2,80%	34 199	38 042
65 - 69	52 281	2,00%	24 531	27 750
70 - 74	36 812	1,40%	16 924	19 888
75 - 79	26 133	1,00%	11 607	14 526
80 Y MAS	23 813	0,90%	9 681	14 132
TOTAL	2 560 122	100,00%	1 270 004	1 290 118

Gráfico N° 25: Distribución de la población de Lima Este



Fuente: "Estimaciones y Proyecciones de población por grupos quinquenales de edad, según departamento, provincia y distrito, 2005 - 2015. INEI - Noviembre 2010.

3.4.2.4 Zona Centro

En Lima Centro, la población se distribuye en sus 15 distritos observando una mayor concentración en los distritos de Santiago de Surco (18,4%) y Cercado de Lima (15,6%), seguidos por La Victoria (9,9%) y Rímac (9,4%). Asimismo se mantiene una leve

predominancia de mujeres en todos los distritos. Los distritos con menor población son Magdalena del Mar (3%) y San Isidro (3,1%). La información detallada a nivel de distrito de la Zona Centro se presenta en la tabla siguiente:

Tabla Nº 24: Población de Lima Centro por distrito y sexo – 2013

ZONA CENTRO	Población Total	%	Mujeres	%	Varones	%
Lima	281 861	15,60%	145 565	51,60%	136 296	48,40%
Barranco	31 298	1,70%	16 787	53,60%	14 511	46,40%
Breña	78 291	4,30%	41 284	52,70%	37 007	47,30%
Jesús María	71 439	4,00%	39 244	54,90%	32 195	45,10%
La Victoria	178 958	9,90%	91 046	50,90%	87 912	49,10%
Lince	52 054	2,90%	27 690	53,20%	24 364	46,80%
Magdalena del Mar	54 476	3,00%	29 767	54,60%	24 709	45,40%
Magdalena Vieja	76 743	4,20%	40 784	53,10%	35 959	46,90%
Miraflores	83 649	4,60%	46 487	55,60%	37 162	44,40%
Rímac	169 617	9,40%	87 528	51,60%	82 089	48,40%
San Borja	111 688	6,20%	60 212	53,90%	51 476	46,10%
San Isidro	55 792	3,10%	31 658	56,70%	24 134	43,30%
San Miguel	135 226	7,50%	72 336	53,50%	62 890	46,50%
Santiago de Surco	332 725	18,40%	180 000	54,10%	152 725	45,90%
Surquillo	92 012	5,10%	50 558	54,90%	41 454	45,10%
TOTAL ZONA SUR	1 805 829	100,00%	960 946	53,20%	844 883	46,80%

Fuente: INEI Proyecciones de población por sexo, según departamento, provincia y distrito, 2000 – 2015.

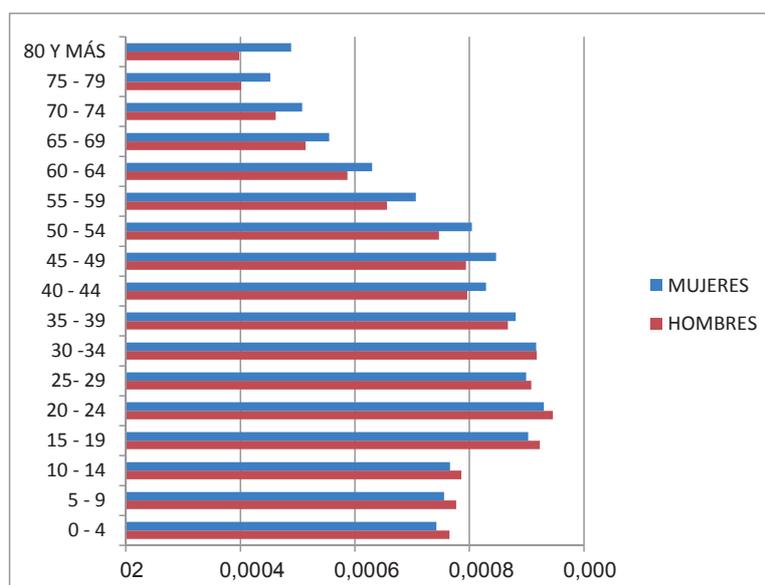
La distribución de la población por grupos quinquenales de la Zona Lima Centro se presenta a continuación en la Tabla Nº 25 y Gráfico Nº 26. Como se observa, la mayor concentración poblacional se presenta en la población joven entre 15 y 39 años, manteniéndose aún elevada la participación de niños entre 0 y 14

años, sin embargo la base de la pirámide se está angostando y la población joven incrementándose al igual que la población adulta mayor y ancianos, esto debido a la transición demográfica en la que se encuentra nuestra población.

Tabla Nº 25: Población por Grupo de Edad y Sexo- LIMA CENTRO

Grupo quinquenal	TOTAL	%	HOMBRES	MUJERES
0 - 4	110 738	6,10%	56 508	54 230
5 - 9	113 318	6,30%	57 715	55 603
10 - 14	115 202	6,40%	58 592	56 610
15 - 19	142 532	7,90%	72 285	70 247
20 - 24	147 592	8,20%	74 599	72 993
25- 29	140 716	7,80%	70 812	69 904
30 -34	143 411	7,90%	71 741	71 670
35 - 39	134 812	7,50%	66 725	68 087
40 - 44	122 509	6,80%	59 619	62 890
45 - 49	124 032	6,90%	59 398	64 634
50 - 54	115 146	6,40%	54 702	60 444
55 - 59	96 287	5,30%	45 636	50 651
60 - 64	81 704	4,50%	38 679	43 025
65 - 69	66 863	3,70%	31 373	35 490
70 - 74	56 961	3,20%	26 188	30 773
75 - 79	45 367	2,50%	20 149	25 218
80 y MAS	48 639	2,70%	19 773	28 866
TOTAL	1 805 829	100,00%	884 496	921 333

Gráfico Nº 26: Distribución de la población de Lima Centro



Fuente: "Estimaciones y Proyecciones de población por grupos quinquenales de edad, según departamento, provincia y distrito, 2005 – 2015. INEI – Noviembre 2010.

3.5 CARACTERÍSTICAS SOCIO-ECONÓMICAS DE LIMA METROPOLITANA

Según los resultados de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar ENDES 2013, el 43,6% de los hogares en Lima Metropolitana pertenecían al quintil superior de riqueza, mientras que

la Sierra y la Selva tenían un mayor porcentaje de hogares en el quintil inferior (40,3% y 38,3%, respectivamente)⁷³. Esta situación es resultado de una serie de condiciones económicas y sociales de los hogares de Lima Metropolitana.

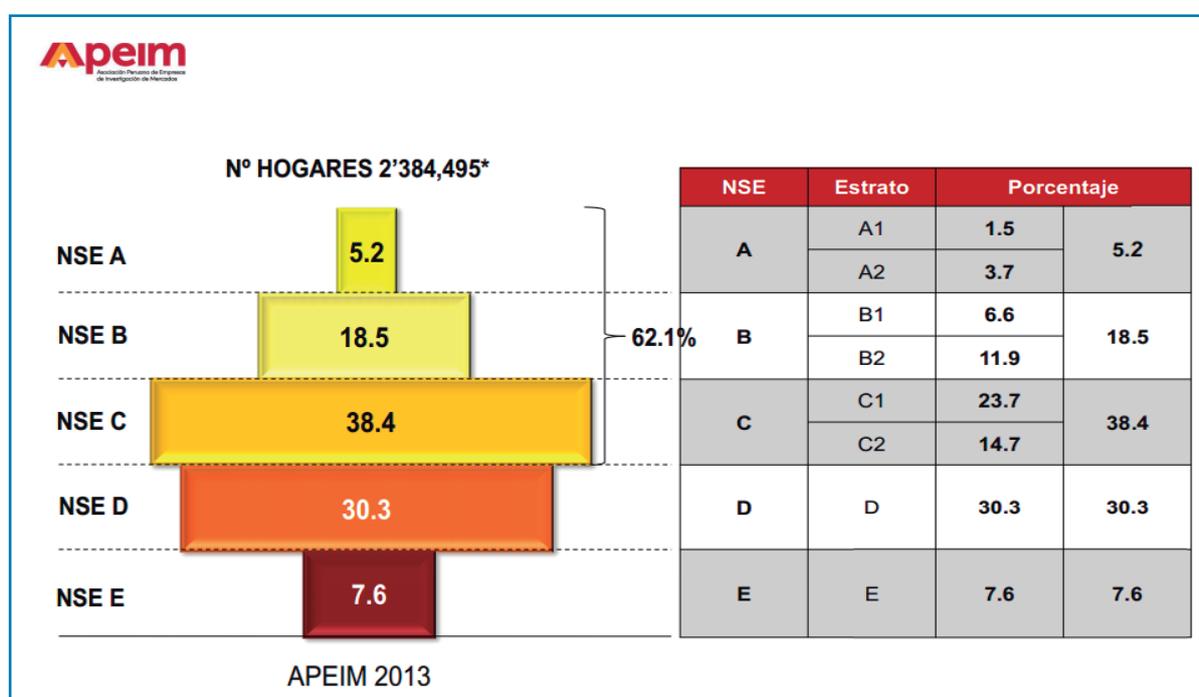
Tabla N° 26: Distribución de hogares por región natural según quintil de pobreza (%)

Quintiles de riqueza	Lima Metropolitana	Resto de Costa	Sierra	Selva
Quintil inferior	0,1	8,0	40,3	38,3
Segundo Quintil	6,8	23,0	27,0	32,9
Quintil intermedio	20,2	29,0	15,3	18,2
Cuarto quintil	29,4	25,3	10,5	8,2
Quintil superior	43,6	14,7	6,9	2,5
Total	100,0	100,0	100,0	100,0
Número de hogares	7 989	6 441	9 083	3 340

Fuente: INEI. Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2013

En cuanto al Nivel Socio Económico de la Población de Lima Metropolitana – NSE⁷⁴ para el año 2013, estudios realizados por diversas encuestadoras, tomando como base la información de la ENAHO⁷⁵ y encuestas realizadas por las propias empresas^{76,77}, coinciden en que la mayor proporción de población se encuentra en los niveles socioeconómicos C y D (66,2%-68,7%)

Gráfico N° 27: Distribución de hogares según NSE - Lima Metropolitana



⁷³INEI-Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2013- Cuadro N° 15 Distribución de los hogares por área de residencia y región natural, según quintil de pobreza 2013.

⁷⁴Se entiende por NSE un conjunto significativo de personas que comparten condiciones económicas y sociales que las hacen similares entre sí y distintas de las demás

⁷⁵INEI-Encuesta Nacional de Hogares 2012

⁷⁶PSOS APOYO OPINION Y MERCADO: Marketing Data. Año 12 N° 223 "Niveles socioeconómicos de Lima Metropolitana 2012"

⁷⁷APEIN – Distribución de Hogares según NSR_ Lima Metropolitana 2012

La información más reciente vinculada al perfil de Pobreza de Lima Metropolitana se refiere al año 2012, elaborado por el INEI⁷⁶ y se muestra a continuación:

- En cuanto al Tema de Educación (Ver Anexo N° 7 Tabla N° 7-1), la tasa de matrícula escolar en niños de 3 a 5 años educación inicial es de 83,5%, aumenta a 93,9% en primaria niños de 6 a 11 años y disminuye ligeramente en secundaria el grupo de 12 a 16 años a 92,0%. En cuanto a la tasa de asistencia escolar, en educación inicial es de 82% aumentando en primaria a 90% y disminuyendo en secundaria a 87%.

El nivel de educación alcanzado sólo primaria es de 13,3%, secundaria 47,7% superior no universitaria el 17,5% y superior universitaria 21,45. Si se analiza el nivel de pobreza, estos porcentajes varían considerablemente, el 63% de la población pobre tiene estudios secundarios y sólo el 4% educación superior universitaria mientras que en los no pobres el 45,5 % tienen educación secundaria y el 23,9% Superior Universitaria. El promedio de años de estudios es de 11,1; siendo que el 48,6% de la población tiene entre 7 a 11 años de estudio, el 37,75 % más de 12 años de estudio y sólo el 4,15 tiene menos de 3 años de estudio.

- En el tema de Salud, (Ver Anexo N° 7 Tabla N° 7-2), para Lima Metropolitana, la población con acceso a salud que cuenta con algún seguro es el 59,1% de los cuales tienen únicamente SIS (Sistema Integral de Salud) el 12%, sólo EsSalud el 33,7% y cuentan con otros seguros de salud el 13,4%.

- En cuanto a la participación en la actividad económica, (Ver Anexo N° 7 Tabla N° 7-3), el 70,7% de la población de Lima metropolitana es PEA, la cual por categoría de ocupación se distribuye de la siguiente manera: el 60,4% son asalariados, el 26,3% trabajadores independientes, 5,8% patrono o empleador, 4,3% son trabajador familiar no remunerado y 3,2% trabajador del hogar. La principal actividad está referida al Sector Terciario, que comprende servicios (74,5%), el Sector Secundario referido a manufactura y construcción concentra el 24% y el primario que comprende agricultura, pesca y explotación de minas y canteras concentra sólo el 1,45%.

- La estructura del mercado de trabajo, (Ver Anexo N° 7 Tabla N° 7-3), muestra que la mayoría de trabajadores son independientes (38,6%), seguidos de trabajadores en microempresas (20,1%), sector público (9,9%), pequeña empresa (6,9%) y empresa mediana y grande 87,4%. En cuanto al porcentaje de empresas según tamaño se aprecia que el 50,9% corresponde a empresas de 1 a 5 trabajadores, el 27,2% tiene entre 6 y más trabajadores, 11,7% entre 11 y 50 trabajadores y el 6,7% entre 6 y 10 trabajadores.

- Sólo el 46,4% tiene acceso al sistema de pensiones, (Ver Anexo N° 7 Tabla N° 7-4), de los cuales el 29,9% pertenece al Sistema Privado de Pensiones – AFP, el 13% pertenece al Sistema Nacional de Pensiones Ley 19991 y Ley 20530, mientras que el 3,2% cuenta con al menos 2 pensiones.

- En cuanto a las características socio-económicas de los hogares, (Ver Anexo N° 8 Tabla N° 8-1), el 71% tiene como jefe de hogar un hombre y la edad promedio del jefe de hogar es 52,8 años. El promedio de miembros en un hogar son 4 y en el 59,1% de hogares hay presencia de al menos un menor de 18 años. El 57,8% de hogares son de carácter nuclear jefe de hogar c/sin cónyuge con hijos; 25,1% son de carácter extendido donde existen además de la familia nuclear otros parientes.

- Los hogares con acceso a red pública de agua son 93,1%, con acceso a alcantarillado el 91,7% y a energía eléctrica por red pública 99,7%. (Ver Anexo N° 8 Tabla N° 8-2)

- En el 48,3% de hogares poseen computadoras, 54,8% teléfono fijo y 38,7% internet.

- El uso de energía para cocinar alimentos es predominantemente gas 60,3% y gas con otros combustibles como energía eléctrica, kerosene, etc., el 30,5%; el 0,1% usa leña y el 5,3% otro combustible contaminante carbón, kerosene.

- En cuanto a las condiciones de las viviendas, (Ver Anexo N° 8 tabla N° 8-3), el 67,9% son propias el 13,7% alquilada y el 18,4% de otra modalidad (cedidas en uso). El mayor porcentaje corresponde a material noble en pisos (40,2%) paredes (84,6%) y techos (70,6%).

- En el 74,4% de los hogares hay más de 1 receptor de ingresos, en el 25,3% 1 receptor y en el 0,3% no tiene ningún receptor de ingresos. El ingreso per cápita mensual es de S/. 1 037,70; en el grupo pobre el per cápita es S/. 415,00 y el sector no pobre S/. 1 143,70. En relación al gasto per cápita es de S/. 756,0 diferenciándose en el sector pobre el gasto llega a sólo S/ 290,60 y en el no pobre S/. 835,10 per cápita. (Ver Anexo N° 8 Tabla N° 8-4)

En cuanto a la situación a nivel distrital se ha tomado como base el IDH a nivel distrital 2012⁷⁹ el cual permite identificar para cada uno de los cuatro indicadores Esperanza de Vida al nacer, Población con educación secundaria completa, Años de educación e ingreso familiar per cápita, las diferencias existentes entre los distritos y por las zonas correspondientes (ver Anexo N° 9).

⁷⁶INEI – Perfil de Pobreza por Dominios Geográficos 2004-2012

⁷⁹PNUD - Informe sobre Desarrollo Humano Perú 2013. Cambio climático y territorio: Desafíos y respuestas para un futuro sostenible. Índice de Desarrollo Humano departamental, provincial y distrital 2012. - nov 2013

En cuanto al ranking del IDH a nivel nacional vemos que si bien es cierto Lima Metropolitana obtiene el puesto número 3 a nivel provincial en el ranking de IDH, sus 43 distritos oscilan en el ranking distrital entre 1 que lo obtiene el distrito de Miraflores al puesto 1 274 que lo tiene Pucusana.

Se ha realizado la agregación por zona de estudio y tenemos el siguiente resultado:

3.5.1 ZONA DE LIMA NORTE

De los ocho distritos que la conforman sólo dos se ubican sobre 100 en el ranking de IDH, éstos son Puente Piedra y Carabaylo que ocupan el puesto 105 y 115 respectivamente. Mientras que los que presentan mejor ubicación en el ranking del IDH son Los Olivos (puesto 40) y San Martín de Porres (puesto 42). Ver Tabla N° 27

La esperanza de vida al nacer oscila entre 77,93 en Ancón a 79,16 en Los Olivos. Mientras que el porcentaje de población con educación secundaria completa presenta su menor porcentaje en el distrito de Ancón con 74,68% y el mayor porcentaje lo tiene el distrito de San Martín de Porres con 82,79%.

Igualmente se observa una variación importante en el nivel de ingreso per cápita mensual de la población, mientras que en el distrito de Carabaylo sólo llega a S/. 783,60, el distrito de Los Olivos tiene un Ingreso per cápita de S/. 1 086,30.

3.5.2 ZONA DE LIMA SUR

De los once distritos que la conforman, diez están en el ranking del IDH por debajo de 139; el distrito que tiene el mejor IDH corresponde a Santa María del Mar que ocupa el puesto 29 en el ranking, mientras que el distrito que presenta el más bajo IDH es Pucusana que ocupa el puesto 274 en el ranking. Ver Tabla N° 28

Hay 9 distritos que están por debajo de 100 en el ranking nacional y sólo dos lo exceden, éstos son el distrito de Pachacamac que ocupa el puesto 139 y Pucusana el puesto 274.

Esta zona está compuesta por distritos balnearios y grandes distritos del cono sur como son Villa el Salvador y Villa María del Triunfo, distritos emergentes que ocupan los puestos 85 y 66 respectivamente en el ranking del IDH. En cuanto a la esperanza de vida, ésta oscila entre 77,62 en el distrito de Pucusana hasta 79,32 en San Juan de Miraflores.

En relación al porcentaje de población con educación secundaria completa también se nota bastante diferencia, presentando valores de 60,94% en Pucusana hasta 100% en Santa María del Mar. El Ingreso familiar per cápita mensual oscila igualmente entre S/. 623,90 en Pucusana y S/. 1 133 en Chorrillos y S/. 1 126,50 en Santa María del Mar.

Tabla N° 27 Lima Norte: Índice de Desarrollo Humano Distrital

DEPARTAMENTO		Población		Índice de Desarrollo Humano		Esperanza de vida al nacer		Población con Educ. secundaria completa		Años de educación (Pobloc. 25 y más)		Ingreso familiar per cápita	
Provincia	Distrito	habitantes	ranking	IDH	ranking	años	ranking	%	ranking	años	ranking	N.S. mes	ranking
1	Ancón	39.769	143	0,5983	68	77,93	299	74,68	237	10,13	138	939,0	76
2	Carabaylo	267.961	18	0,5624	115	78,20	271	73,25	259	10,26	127	783,6	155
3	Comas	517.881	4	0,6302	48	78,91	196	80,03	140	11,14	51	981,7	63
4	Independencia	216.503	22	0,6224	52	78,85	209	77,25	181	10,86	74	978,3	64
5	Los Olivos	355.101	10	0,6593	40	79,16	159	80,63	126	11,61	33	1083,6	48
6	Puente Piedra	305.537	14	0,5679	105	78,36	258	74,21	244	10,26	126	798,5	145
7	San Martín De Porres	659.613	2	0,6553	42	79,08	176	82,79	100	11,78	28	1044,3	56
8	Santa Rosa	15.399	343	0,6111	57	78,03	285	79,04	164	11,04	60	922,4	82

Tabla Nº 28 Lima Sur: Índice de Desarrollo Humano Distrital

DEPARTAMENTO													
Provincia	Población		Índice de Desarrollo Humano		Esperanza de vida al nacer		Población con Educ. secundaria completa		Años de educación (Poblac. 25 y más)		Ingreso familiar per cápita		
	habitantes	ranking	IDH	ranking	años	ranking	%	ranking	años	ranking	N.S. mes	ranking	
1	Chorrillos	314.835	13	0,6570	41	78,65	233	77,24	182	11,11	54	1133,3	39
2	Lurin	76.874	75	0,5873	86	78,61	238	70,78	310	10,07	148	905,7	88
3	Pachacamac	102.691	50	0,5447	139	77,87	303	66,50	398	9,93	163	767,8	169
4	Pucusana	14.403	368	0,4974	274	77,62	327	60,94	517	9,84	180	623,9	314
5	Punta Hermosa	6.935	692	0,6329	46	77,93	298	73,86	251	11,07	56	1055,3	51
6	Punta Negra	6.878	700	0,5950	78	78,14	274	70,20	317	11,03	62	902,9	89
7	San Bartolo	7.008	685	0,6203	53	78,90	198	81,87	110	11,01	65	933,8	77
8	San Juan De Miraflores	393.493	8	0,6420	44	79,32	141	80,14	136	11,02	64	1033,4	57
9	Santa María Del Mar	1.220	1573	0,6735	29	78,29	263	100,00	4	10,37	113	1126,5	41
10	Villa El Salvador	436.289	5	0,6028	66	78,86	207	75,30	216	10,67	86	911,8	84
11	Villa María Del Triunfo	426.462	6	0,5879	85	78,97	186	74,15	247	10,16	136	877,8	95

3.5.3 ZONA DE LIMA ESTE

Como se puede observar en la Tabla Nº 29, de los nueve distritos que la conforman, La Molina presenta el mejor IDH colocándose en el puesto 3 del ranking nacional, mientras que el resto de distritos oscila entre el puesto 21 y 116 que corresponden a los distritos de San Luis y Cieneguilla respectivamente.

En esta zona destacan por su gran volumen poblacional San Juan de Lurigancho que es el distrito más poblado del país y Ate que ocupa el puesto tres en volumen poblacional, estos distritos ocupan los lugares 54 y 65 en el Ranking del IDH.

En cuanto a la esperanza de vida, el distrito que presenta el menor número de años es Cieneguilla con 77,97 años y los distritos de mayor esperanza de vida de esta zona son: San Luis y El Agustino con 80,37 y 80,08 años respectivamente.

El distrito que tiene el menor porcentaje de población con educación secundaria completa es el Agustino con 69,45% mientras que La Molina tiene el 86,20% de su población con educación secundaria completa.

En relación al ingreso familiar per cápita mensual, se observa igualmente grandes diferencias, mientras que el distrito de Cieneguilla tiene S/. 762,30 como ingreso per cápita mensual, La Molina llega a S/. 1 557,50, ocupando el lugar 5 a nivel nacional.

Tabla Nº 29 Lima Este: Índice de Desarrollo Humano Distrital

DEPARTAMENTO													
Provincia	Población		Índice de Desarrollo Humano		Esperanza de vida al nacer		Población con Educ. secundaria completa		Años de educación (Poblac. 25 y más)		Ingreso familiar per cápita		
	habitantes	ranking	IDH	ranking	años	ranking	%	ranking	años	ranking	N.S. mes	ranking	
1	Ate	573.948	3	0,6034	65	78,73	228	74,99	230	10,59	92	922,6	81
2	Chaclacayo	43.180	132	0,6627	35	79,56	108	79,72	154	11,43	37	1107,8	46
3	Cieneguilla	38.328	151	0,5615	116	77,97	293	79,22	162	10,08	146	762,3	176
4	El Agustino	189.924	25	0,6058	61	80,08	65	69,45	337	10,21	133	965,9	68
5	La Molina	157.638	34	0,7814	3	79,38	138	86,20	57	13,76	5	1557,5	5
6	Lurigancho	201.248	24	0,6050	63	79,13	166	76,13	205	10,74	79	908,5	86
7	San Juan De Lurigancho	1.025.929	1	0,6160	54	78,73	227	76,31	200	10,84	75	957,9	70
8	San Luis	57.368	105	0,7058	21	80,37	53	79,74	153	12,12	23	1268,5	24
9	Santa Anita	213.561	23	0,6380	45	79,49	119	76,19	203	10,79	78	1050,1	53

3.5.4 ZONA DE LIMA CENTRO

La Zona de Lima Centro constituida por 15 distritos tiene niveles altos de IDH, se observa que sus distritos figuran entre los mejores del ranking nacional, nueve de sus distritos figuran entre los 14 primeros puestos, como se observa en la Tabla N° 30, Miraflores ocupa el lugar 1, Lince ocupa el puesto 4, San Isidro 5 y Jesús María 7 y San Borja 8, de Magdalena del Mar el puesto 11, Barranco 12, Santiago de Surco 13 y Surquillo 14. El distrito de

La Victoria tiene el IDH más bajo de su zona y ocupa el puesto 43 en el ranking.

En general se aprecia que todos los distritos a excepción de La Victoria tienen esperanza de vida mayor a 79 años y más del 80% de su población tiene educación secundaria completa.

En cuanto al ingreso familiar per cápita excede S/. 1 080,80 mensuales llegando hasta S/. 1589,10 en el distrito de Miraflores.

Tabla N° 30 Lima Centro: Índice de Desarrollo Humano Distrital

DEPARTAMENTO	Población		Índice de Desarrollo Humano		Esperanza de vida al nacer		Población con Educ. secundaria completa		Años de educación (Poblac. 25 y más)		Ingreso familiar per cápita		
	Provincia	Habitantes	ranking	IDH	ranking	años	ranking	%	ranking	años	ranking	N.S. mes	ranking
1	Lima	286.849	16	0,6787	26	79,14	164	80,16	135	11,54	35	1186,8	29
2	Barranco	31.959	169	0,7460	12	79,08	174	86,94	50	12,46	18	1440,6	12
3	Breña	79.456	66	0,7196	18	78,99	183	84,44	79	12,14	22	1336,6	21
4	Jesús María	71.364	82	0,7572	7	79,51	115	85,62	67	13,42	7	1442,0	11
5	La Victoria	182.552	27	0,6459	43	78,87	204	75,97	206	11,16	50	1080,8	49
6	Lince	52.961	117	0,7670	4	79,49	120	85,74	63	12,85	16	1534,4	6
7	Magdalena Del Mar	54.386	113	0,7491	11	79,52	114	84,52	78	12,98	15	1433,0	13
8	Magdalena Vieja	77.038	73	0,7532	9	79,44	128	87,19	45	13,31	10	1415,9	16
9	Miraflores	84.473	64	0,7971	1	79,41	132	89,50	31	14,25	1	1589,1	4
10	Rímac	171.921	29	0,6594	38	79,08	173	75,94	208	11,06	57	1149,1	36
11	San Borja	111.568	46	0,7569	8	79,55	112	87,06	47	13,97	4	1396,6	18
12	San Isidro	56.570	107	0,7638	5	79,46	124	88,89	34	14,02	3	1418,7	15
13	San Miguel	135.086	41	0,7521	10	79,33	140	85,29	70	13,01	14	1446,3	10
14	Santiago De Surco	326.928	11	0,7371	13	79,45	126	87,05	48	13,41	8	1324,3	23
15	Surquillo	92.328	56	0,7363	14	79,23	149	85,08	71	12,36	20	1403,8	17

3.6 CALIDAD DEL AIRE PARA LIMA METROPOLITANA - AÑO BASE 2013

La información referida a Calidad de Aire para el parámetro Material Particulado menor a 10 micras (PM₁₀) para Lima Metropolitana se obtuvo de los monitoreos realizados tanto por la DIGESA como el SENAMHI en sus diversas estaciones. Se evaluó la información de los valores diarios (24 h) de PM10 en µg/m³ de los monitoreos

realizados por la primera entidad desde el año 2007 hasta el 2013 y del 2010 al 2013 por la segunda. En los Anexos N° 2, 3, 4 y 5 se detallan los datos del SENAMHI y los datos de la DIGESA.

En primera instancia se realizó un conteo de los datos diarios a fin de tener el porcentaje de muestreo tanto por estación, como el total de todas las estaciones de ambas entidades, obteniéndose las siguientes tablas que muestran el número de datos para cada año y por cada entidad:

Tabla N° 31: Resumen del número de datos obtenidos por el SENAMHI

ESTACIONES	AÑO					
	2011	%	2012	%	2013	%
ATE	275	18,8	293	80,3	337	92,3
SAN BORJA	321	87,9	268	73,4	325	89,0
CAMPO DE MARTE	302	82,7	295	80,8	315	86,3
SANTA ANITA	57	15,6	292	80,0	225	61,6
VILLA MARÍA DEL TRIUNFO			277	75,9	320	87,7
Promedio		51,3		78,1		83,4

Fuente: Información reportada de estaciones de monitoreo del SENAMHI

Se puede observar que el SENAMHI ha ido incrementando sus mediciones año a año, así como el número de estaciones, de 3 implementadas inicialmente en el año 2010 a 5 estaciones en el 2012. Como se señaló en el punto 2.2, a la fecha cuentan con 10 estaciones de monitoreo. En la Tabla N° 31 se aprecia que el año 2013 fue el que mayor porcentaje de datos se obtuvo para todas las estaciones con excepción de la estación de Santa Anita que en el 2012 se obtuvo 292 datos, frente a 225 datos del 2013.

En el caso de la DIGESA, en la Tabla N° 32 que muestra el resumen de los datos obtenidos por estación y por año se puede ver que en general es muy bajo el porcentaje de días muestreados, por tanto de datos obtenidos. El año 2011 casi no se muestreó, pues en promedio se tiene 2,9% de días al año muestreados; en tanto que para el 2013 se incrementó el número de días muestreados a 34,8%. Este último año, no se obtuvieron muestras en la estación de Lima Norte (monitoreo activo), sin embargo para esta estación se reportaron datos de telemetría (monitoreo a tiempo real).

Tabla N° 32: Resumen de datos obtenidos por la DIGESA

	2007	%	2008	%	2009	%	2010	%	2011	%	2012	%	2013	%
Hipólito Unanue	31	8,5	56	15,3	44	12,1	69	18,9	35	9,6	52	14,2	44	12,1
Santa Luzmila	35	9,6	67	18,4	69	18,9	59	16,2	0	0,0	5	1,4	194 ¹	53,2
Ma. Auxiliadora	17	4,7	71	19,5	68	18,6	69	18,9	7	1,9	27	7,4	36	9,9
Congreso	29	7,9	66	18,1	30	8,2	25	6,8	0	0,0	0	0,0	47	12,9
Promedio		7,7		17,8		14,5		15,2		2,9		5,8		21,98

Fuente: Información reportada de estaciones de monitoreo de la DIGESA

Del análisis realizado del número de datos por año que reportaron tanto el SENAMHI como la DIGESA, se concluye que el año 2013 es el que mayor porcentaje de días se muestreó. En las tablas siguientes se aprecia el número de días al mes que se muestrearon en las estaciones de monitoreo de ambas entidades.

Tabla N° 33: Número de días con mediciones estaciones SENAMHI AÑO 2013

ESTACION	2013												Total DIAS	% días/año muestreados
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Ate	31	28	26	30	31	28	30	27	20	28	30	28	337	92%
San Borja	31	28	31	29	10	18	31	27	30	31	28	31	325	89%
Campo de Marte	24	28	31	29	31	29	31	31	18	14	18	31	315	86%
Santa Anita	31	26	31	24	28	30	31	19	0	5	0	0	225	62%
Villa María del Triunfo	27	23	29	29	29	18	31	31	20	28	30	25	320	88%
TOTAL	144	133	148	141	129	123	154	135	88	106	106	115	1522	83%

Tabla N° 34: Número de días con mediciones estaciones DIGESA AÑO 2013

ESTACION	2013												TOTAL DIAS	% días/año muestreados	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			2013
Sta. Luzmila	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	194 ¹ /	53%
Ma. Auxiliadora	4	5	5	5	5	5	4	0	0	0	0	3	36	10%	
CONACO	7	3	4	3	5	6	5	5	1	3	5	0	47	13%	
Hipólito Unanue	4	6	4	3	3	3	4	4	3	3	4	3	44	12%	
TOTAL	15	14	13	11	13	14	13	9	4	6	9	6	321	22%	

80^oDatos diarios de telemetría reportados por DIGESA

Con estos datos se trabajó cada matriz zonal considerando la información diaria de PM_{10} y se completó la data faltante con el promedio mensual, la data de telemetría y extrapolando la data histórica según corresponda, tal como se observa en los Anexos N° 2, 3, 4 y 5. De igual modo se procedió con la información diaria del año 2013 del SENAMHI.

Los valores de referencia para el análisis de la información son

los valores del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para el PM_{10} que es $150 \mu g/m^3$ para periodo de 24 horas, no debiendo excederse más de 3 veces al año y de $50 \mu g/m^3$ como media aritmética anual.⁸¹ Asimismo se considera en el análisis, el valor Guía de la OMS que es de $50 \mu g/m^3$ ⁸²

También se ha tenido en cuenta para el análisis, los Estados de Alerta Nacionales que para el parámetro PM_{10} son los siguientes:

Tabla N° 35: Valores de Estados de Alerta para PM_{10}

TIPO DE ALERTA	VALOR $\mu g/m^3$	PERIODO
CUIDADO	>250	Promedio aritmético 24 horas
PELIGRO	>350	Promedio aritmético 24 horas
EMERGENCIA	>420	Promedio aritmético 24 horas

Fuente: Extraído del Decreto Supremo 009-2003-SA y el Decreto Supremo 012-2005-SA

De otro lado, es pertinente señalar que se consideró de diciembre a marzo, como la estación de verano (con 120 días) y de abril a noviembre, la estación de invierno (con 245 días), tal como fue considerado en el estudio de saturación y porque el modelo del AirQ considera sólo dos estaciones.

3.6.1 LIMA METROPOLITANA

Para Lima Metropolitana, se tomó el promedio de las 9 estaciones que funcionaron durante el 2013. El valor promedio anual para PM_{10} es de $69,08 \mu g/m^3$, valor que excede el ECA anual en 38%, el valor diario mínimo registrado es $9,03 \mu g/m^3$ es y el máximo $256,94 \mu g/m^3$ y el valor del percentil 98, es de $163,37$.

Valores en $\mu g/m^3$	VERANO	INVIERNO	ANUAL
Promedio	66,21	71,08	69,08
Mínimo	9,03	9,03	9,03
Máximo	163,37	256,94	256,94

Percentil 98
163,37

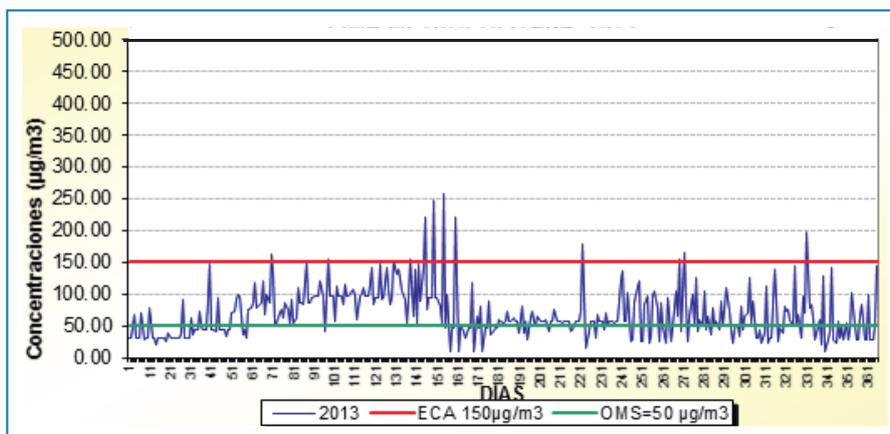
Los valores promedio diarios obtenidos a lo largo del 2013 se muestran en el Gráfico N° 28 donde se observa que sólo 10 días se excede el valor ECA Nacional, pero 236 días (64,6%) exceden el valor guía de la OMS.

Igualmente esta situación se refleja en la distribución de frecuencias que se presenta en el Gráfico N° 29, para cada rango de $10 \mu g/m^3$ y se observa que el mayor número de días presenta valores menores a $100 \mu g/m^3$ (84,4%). El Mayor número de días presenta valores en el rango de 50 a $59 \mu g/m^3$.

⁸¹Extraído de los Decretos Supremos DS 009-2003-PCM y DS 003-2008-MINAM.

⁸²OMS. Guías de Calidad de Aire

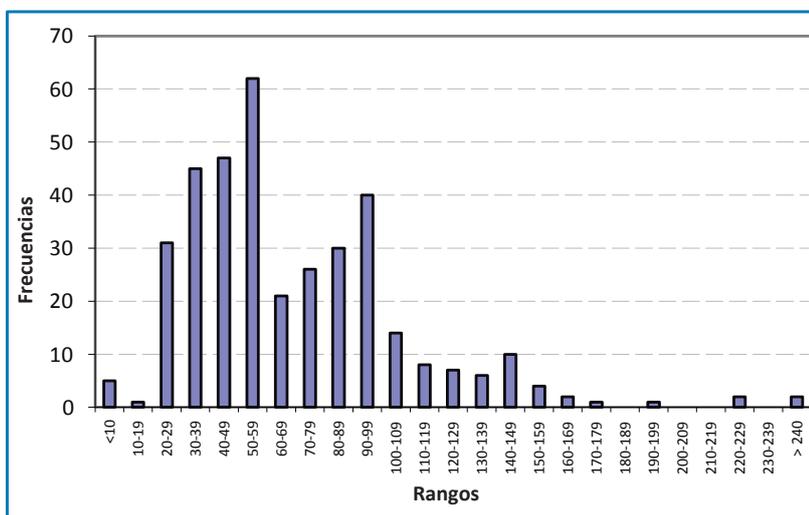
Grafico N° 28 Concentración promedio diaria de PM₁₀ Lima Metropolitana 2013



Si se comparan estos resultados con los valores de alerta, se aprecia que sólo 2 días se excede 240 µg/m³ que correspondería a un nivel de cuidado.

Rango	Días
<10	5
10-19	1
20-29	31
30-39	45
40-49	47
50-59	62
60-69	21
70-79	26
80-89	30
90-99	40
100-109	14
110-119	8
120-129	7
130-139	6
140-149	10
150-159	4
160-169	2
170-179	1
180-189	0
190-199	1
200-209	0
210-219	0
220-229	2
230-239	0
> 240	2

Gráfico N° 29 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS PARA PM₁₀ LIMA METROPOLITANA 2013



A continuación se presenta la información consolidada por zona y para cada una de las estaciones que la conforman, tanto las concentraciones diarias como la distribución de frecuencias, promedios anuales y mensuales, valores máximos y mínimos y los gráficos correspondientes así como el análisis del cumplimiento del ECA y el Valor Guía de la OMS para el parámetro PM_{10} .

3.6.2 DATA DE PM_{10} ($\mu g/m^3$) PARA LA ZONA DE LIMA CENTRO

Para la Zona de Lima Centro, se cuenta con la información de PM_{10} de dos estaciones del SENAMHI: San Borja y Campo de Marte y una estación de la DIGESA: Congreso (ex CONACO).

Como se puede observar en la Tabla N° 36 referida al consolidado del número de días al mes con información para cada estación de Lima Centro en el año 2013, en total se tiene 687 datos reportados de las tres estaciones, esto representa el 63% de días muestreados, precisando que el caso de las dos estaciones de SENAMHI, el número de días muestreados son del 89% y 86% respectivamente, mientras que la estación de DIGESA sólo cuenta con 13% de días con data reportada.

Tabla N° 36: Número de días con información reportada en las estaciones de Lima Centro para el Año 2013

	Estación San Borja	Estación Campo de Marte	Estación Congreso	TOTAL
Enero	31	24	7	62
Febrero	28	28	3	59
Marzo	31	31	4	66
Abril	30	29	3	61
Mayo	10	31	5	46
Junio	18	29	6	53
Julio	31	31	5	67
Agosto	27	31	5	63
Setiembre	30	18	1	49
Octubre	31	14	3	48
Noviembre	28	18	5	51
Diciembre	31	31	0	62
Total Año 2013	325	315	47	687
%	89	86	13	63

Para completar la data diaria se ha considerado el valor promedio del mes, cifras que figuran en rojo en el Anexo N° 2. Asimismo en el caso de la estación Congreso se ha considerado adicionalmente, la información de telemetría y la data histórica existente desde el año 2007 al 2012, para poder extrapolarla a los días sin información reportada.

El promedio anual de PM_{10} ($\mu g/m^3$) para Lima Centro es de 61,46 y los promedios mensuales son los siguientes:

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
40,56	50,77	63,55	72,07	75,06	65,84	64,57	73,07	64,39	58,67	50,29	57,81

El promedio anual excede el ECA en 22%, el valor mínimo reportado es de 31,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el máximo 134,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

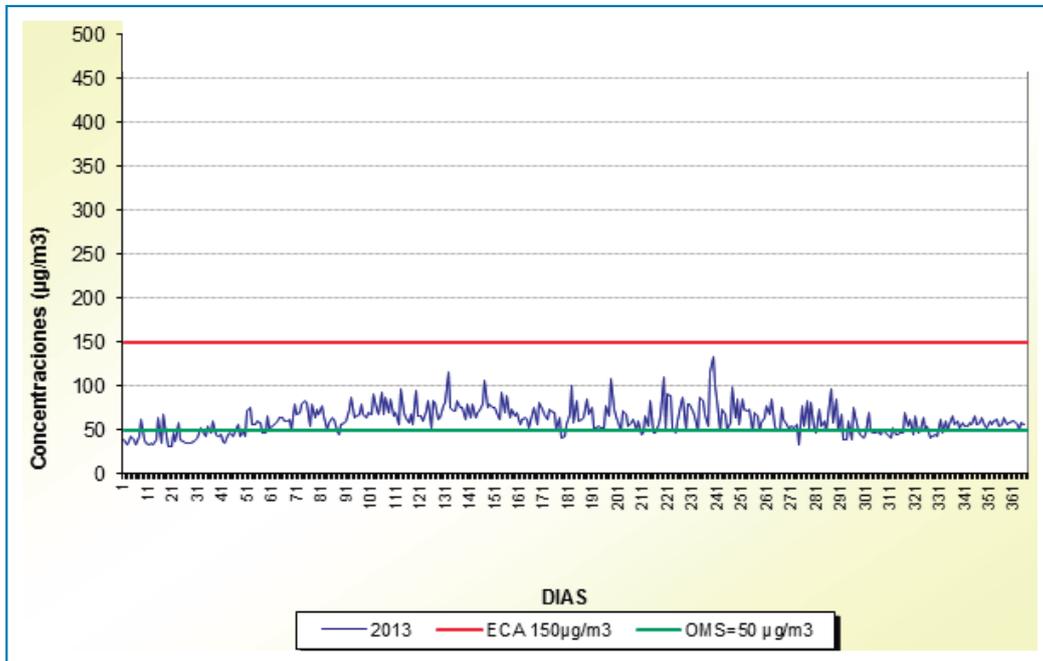
RESULTADOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LIMA CENTRO

ESTACIONES: Congreso, Campo de Marte y San Borja

	VERANO	INVIERNO	ANUAL	Percentil 98
Promedio $\mu\text{g}/\text{m}^3$	56,98	64,62	61,46	99,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Valor Mínimo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	31,07	33,59	31,07	
Valor Máximo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	95,76	134,03	134,03	

El Gráfico N° 30 muestra la concentración diaria de PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, los 365 días, notándose que ningún día se excede el valor ECA de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 274 días excede el valor guía de la OMS 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que equivale al 75% de días del año.

Gráfico N° 30: Concentración de PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para Zona Lima Centro Año 2013

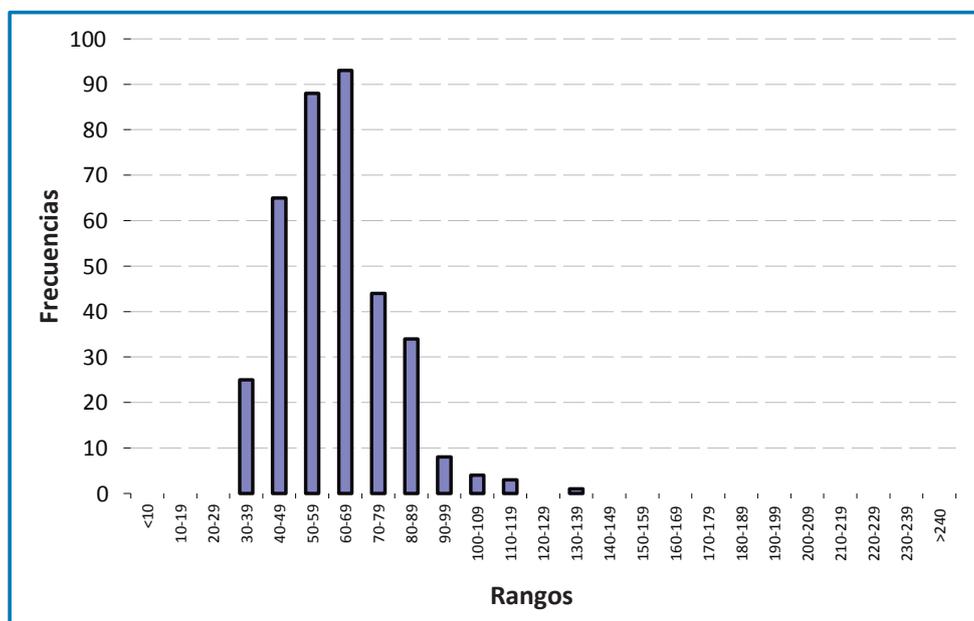


En cuanto a la distribución de frecuencias, se observa que el mayor número de días se concentra entre 60 y 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (25%) y entre 40 y 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (18%). Ningún día se excede de 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo que se cumple todos los días con el ECA Nacional, por tanto, ningún día presenta niveles de alerta. Ver Gráfico N° 31

Rango	Días
<10	0
10-19	0
20-29	0
30-39	25
40-49	65
50-59	88
60-69	93
70-79	44
80-89	34
90-99	8
100-109	4
110-119	3
120-129	0
130-139	1
140-149	0
150-159	0
160-169	0
170-179	0
180-189	0
190-199	0
200-209	0
210-219	0
220-229	0
230-239	0
> 240	0

365

Gráfico N° 31
Distribución de frecuencias para PM₁₀
LIMA CENTRO 2013



A continuación se presenta la información correspondiente a cada una de las tres estaciones que pertenecen a la Zona Lima Centro: Congreso, Campo de Marte y San Borja, con el análisis de concentración diaria, distribución de frecuencias, promedios y valores máximos y mínimos.

3.6.2.1 Estación Congreso

Estación ubicada en pleno de Lima, en la Plaza Bolívar, enfrente de la sede del Congreso, la calidad del aire está influenciada por las emisiones vehiculares del alto tránsito que soporta la Av. Abancay.

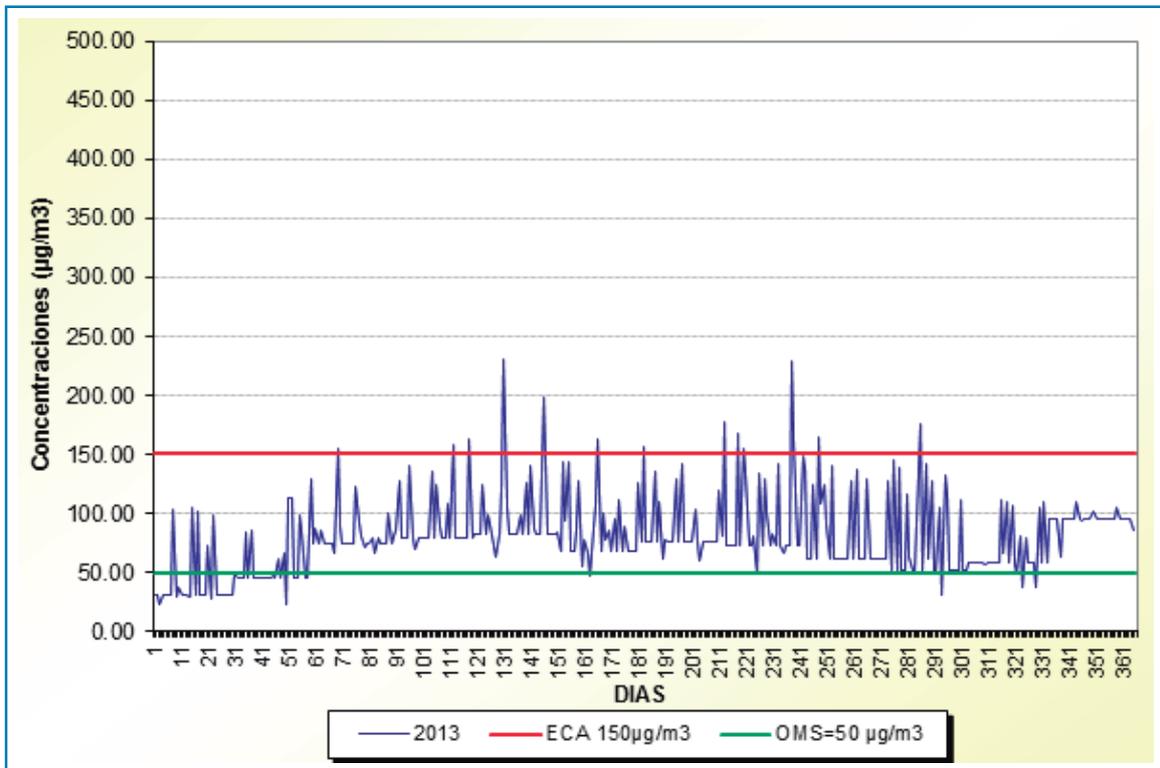
RESULTADOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE PM₁₀ µg/m³ EN LIMA CENTRO – ESTACION CONGRESO - 2013

ESTACION: CONGRESO (EX CONACO)
 ENTIDAD : DIGESA
 DIRECCION: PLAZA BOLIVAR – AV. ABANCAY S/N – LIMA CERCADO

Valores (µg/m ³)	VERANO	INVIERNO	ANUAL	
Promedio	74,24	86,95	81,69	Percentil 98
Mínimo	22,91	31,20	22,91	163 µg/m ³
Máximo	163,44	229,79	229,79	

El promedio anual excede en 83% el Valor ECA nacional anual. En el Gráfico N° 32 se observa la concentración diaria de PM₁₀ µg/m³ para la Estación Congreso, donde el 4% de días del 2013 se excede el ECA Nacional, mientras que el 86% de días se excede el Valor Guía de la OMS.

Gráfico N° 32 Concentración de PM₁₀ ESTACION CONGRESO - LIMA CENTRO 2013

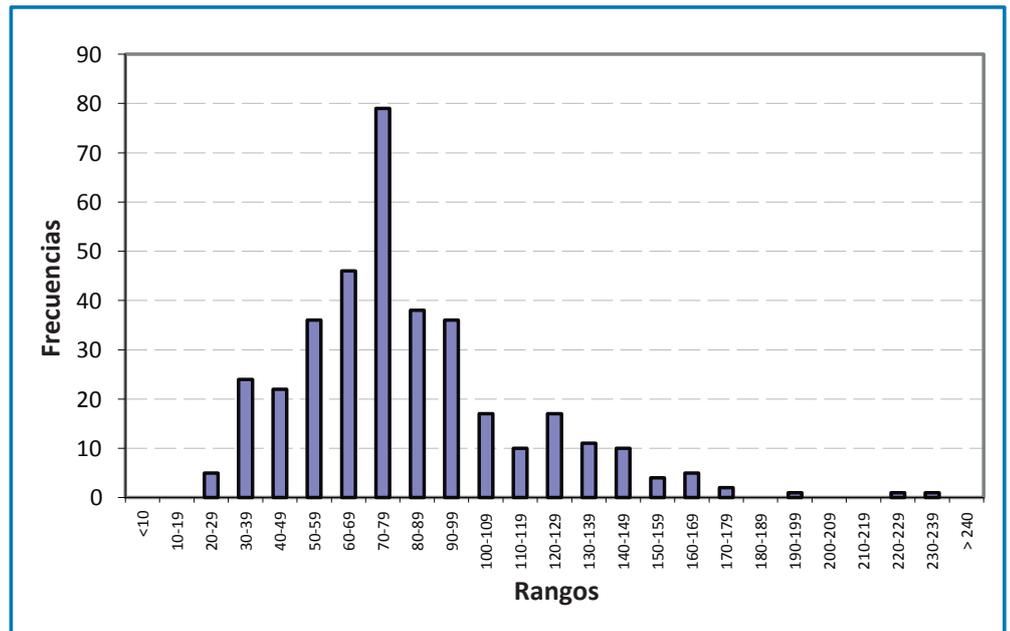


El Gráfico N° 33 Distribución de Frecuencias para la Estación Congreso, muestra con claridad que el 22% de días presentan valores entre 70 y 79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} , existiendo 14 días que excedieron el Valor ECA. No existe día que presente estado de alerta. Más del 78% de días presentan valores menores a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Rango	Días
<10	0
10-19	0
20-29	5
30-39	24
40-49	22
50-59	36
60-69	46
70-79	79
80-89	38
90-99	36
100-109	17
110-119	10
120-129	17
130-139	11
140-149	10
150-159	4
160-169	5
170-179	2
180-189	0
190-199	1
200-209	0
210-219	0
220-229	1
230-239	1
> 240	0

365

Gráfico N° 33: Distribución de frecuencias para PM_{10} ESTACIÓN CONGRESO - LIMA CENTRO 2013



3.6.2.2 Estación Campo de Marte

La Estación Campo de Marte, está ubicada en Jr. Nazca, distrito de Jesús María en una zona alejada del alto tránsito que caracteriza a Lima Centro. Los resultados del monitoreo diario de PM10 en dicha estación muestran valores bastante bajos. El promedio anual es 47,36 µg/m³, siendo el mayor valor 142,45 µg/m³ y el valor mínimo 20 µg/m³.

RESULTADOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LIMA CENTRO

ESTACION : CAMPO DE MARTE
 INSTITUCION: SENAMHI
 DIRECCION: Jirón Nazca s/n Parque Campo de Marte- Jesús María

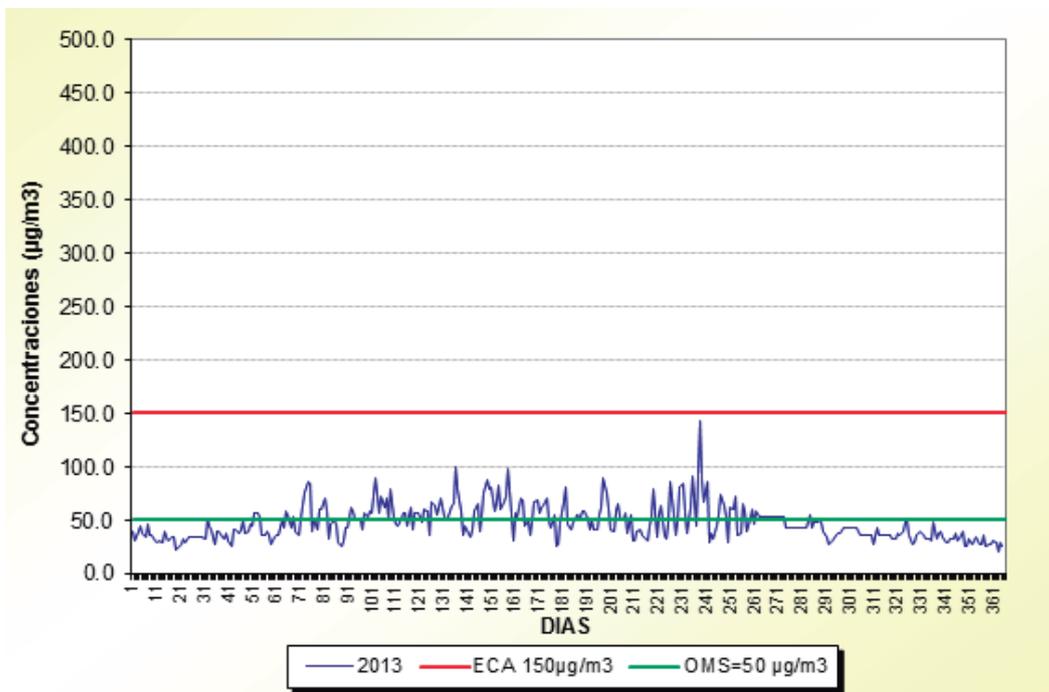
Valores µg/m³	VERANO	INVIERNO	ANUAL
Promedio	42,16	51,02	47,36
Mínimo	20,00	25,20	20,00
Máximo	90,06	142,45	142,45

Percentil 98

88,3 µg/m³

Todos los días del 2013 se cumplió con el ECA Nacional y el 40% de días del año se excedió el valor Guía de la OMS, los valores son más altos en la estación de invierno, en la estación de verano todos los días se presentaron niveles de PM10 por debajo del valor Guía de la OMS, como se puede observar en el Gráfico N° 34; por tanto ningún día se registró niveles de alerta.

Gráfico N° 34: Concentración de PM10
 ESTACION CAMPO DE MARTE - LIMA CENTRO 2013

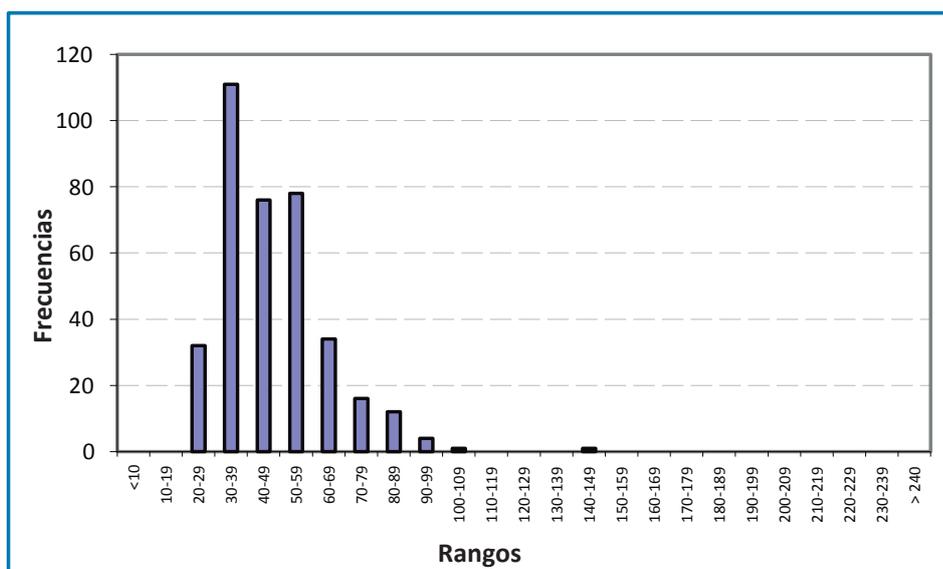


En cuanto a su distribución de frecuencias, se observa que el 30,4% de días presenta valores entre 30 y 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el 42% de días está entre 40 y 59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Rango	Días
<10	0
10-19	0
20-29	32
30-39	111
40-49	76
50-59	78
60-69	34
70-79	16
80-89	12
90-99	4
100-109	1
110-119	0
120-129	0
130-139	0
140-149	1
150-159	0
160-169	0
170-179	0
180-189	0
190-199	0
200-209	0
210-219	0
220-229	0
230-239	0
> 240	0

365

Gráfico N° 35: Distribución de frecuencias para PM_{10} ESTACIÓN CAMPO DE MARTE - LIMA CENTRO 2013



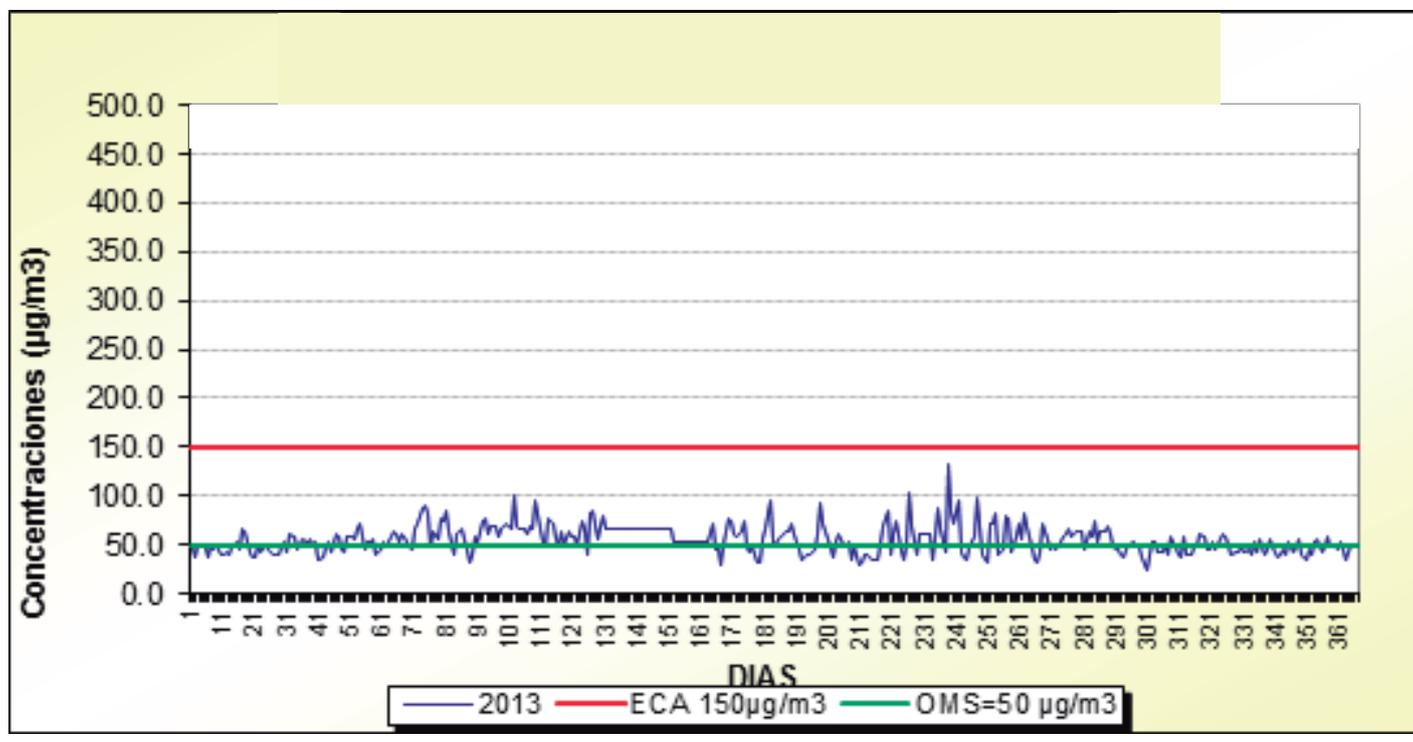
3.6.2.3 Estación San Borja

La Estación San Borja del SENAMHI ubicada en Calle Malachoswki 550 – Distrito de San Borja (en el Polideportivo Limatambo), ha reportado valores diarios que no exceden el ECA Nacional mientras que el 61,4% exceden el valor guía de la OMS. El valor promedio anual es de 55,53 ligeramente superior al valor ECA anual. Ningún día se registró niveles de alerta.

Valores $\mu\text{g}/\text{m}^3$	VERANO	INVIERNO	ANUAL
Promedio	54,53	56,24	55,53
Mínimo	31,08	25,00	25,00
Máximo	101,02	132,82	132,82

Percentil 98
93,4

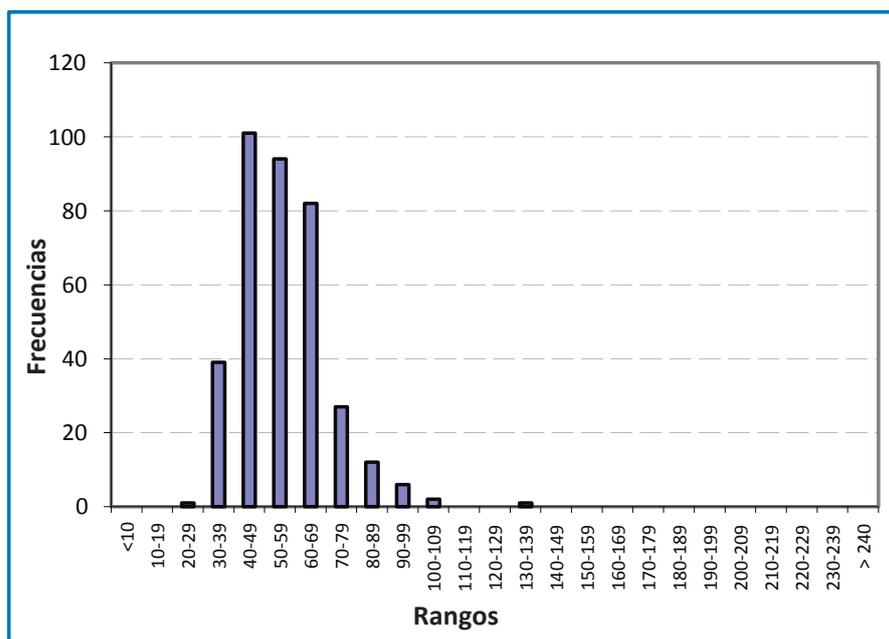
Gráfico N° 36: Concentración de PM_{10}
ESTACION SAN BORJA - LIMA CENTRO 2013



Rango	días
<10	0
10-19	0
20-29	1
30-39	39
40-49	101
50-59	94
60-69	82
70-79	27
80-89	12
90-99	6
100-109	2
110-119	0
120-129	0
130-139	1
140-149	0
150-159	0
160-169	0
170-179	0
180-189	0
190-199	0
200-209	0
210-219	0
220-229	0
230-239	0
> 240	0

365

Gráfico Nº 37 Distribución de frecuencias para PM₁₀ ESTACIÓN SAN BORJA - LIMA CENTRO 2013



3.6.3 DATA DE PM₁₀ (µg/m³) PARA LA ZONA DE LIMA NORTE

Para la Zona de Lima Norte sólo se cuenta con la información para PM₁₀ de una estación de la DIGESA en el Centro de Salud Santa Luzmila. Como se puede observar en la Tabla N° 34 sobre el consolidado del número de días al mes para el año 2013, no se cuenta con ningún dato muestreado con equipos de monitoreo activo. Para poder completar la data diaria se tomaron los datos de telemetría (monitoreo automático) y consideró la data promedio del mes, cifras que figuran en rojo en el Anexo N° 3.

Se ha considerado adicionalmente la data histórica existente desde el año 2007 al 2012, para poder extrapolarla a los días sin información reportada.

El promedio anual de PM₁₀ (µg/m³) para Lima Norte es de 96,90 y los promedios mensuales son los siguientes

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
98,0	138,28	118,71	150,44	113,62	86,02	74,53	72,82	88,20	94,37	98,74	91,02

Como se observa en la siguiente tabla se cuenta con 194 datos promedio diario obtenido por telemetría, 81 son datos de promedio mensual y 82 extrapolado de data histórica.

Tabla N° 37 Número de días con información reportada en la estación de Santa Luzmila, con datos de telemetría promedio diario. Lima Norte para el Año 2013

	Concentración de datos de Telemetría (promedio diario)	Concentración de Datos de Telemetría (promedio mensual)	Data Histórica 2007 al 2012
Enero	7	21	0
Febrero	11	13	4
Marzo	31	0	0
Abril	19	6	5
Mayo	31	0	0
Junio	30	0	0
Julio	31	0	0
Agosto	30	1	0
Setiembre	4	6	20
Octubre	0	13	18
Noviembre	0	14	17
Diciembre	0	13	18
TOTAL AÑO 2013	194	81	82

RESULTADOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LIMA NORTE

3.6.3.1 Estación San Luzmila

Estación ubicada en el Centro de Salud Santa Luzmila, cuenta con un equipo automático (TEOM) para la medición de PM₁₀ cuyos resultados se obtienen a tiempo real.

ESTACION: SANTA LUZMILA

INSTITUCION: DIGESA

DIRECCION: Guillermo La Fuente Cuadra 03 s/n – Comas – Centro de Salud Santa Luzmila

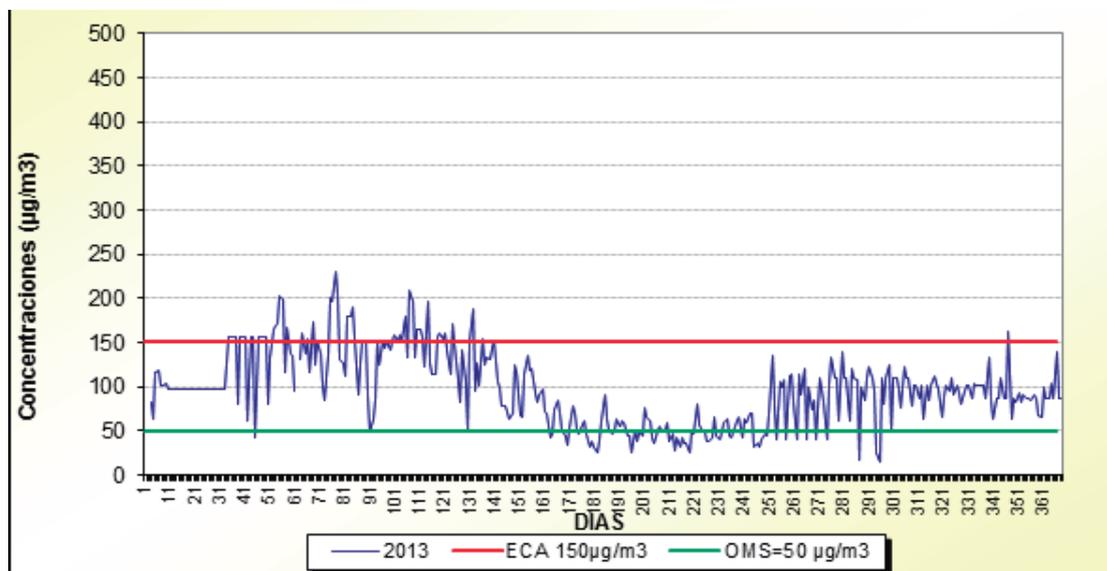
El promedio anual es de 96,90 supera el valor ECA anual en 93,8%, asimismo su valor máximo diario 230 excede largamente el valor ECA diario, sin embargo no llegan a los niveles de alerta.

Valores PM ₁₀ µg/m ³	VERANO	INVIERNO	ANUAL
Promedio	123,70	77,99	96,90
Mínimo	43,00	14,00	14,00
Máximo	230,00	188,00	230,00

Percentil 98
197

Como se observa en el Gráfico Nº 38 en 57 días se excedió el valor ECA diario y 307 días el valor guía de la OMS. Sin embargo los valores de excedencia no son tan altos, 31 días están en el rango entre 150 y 159 µg/m³.

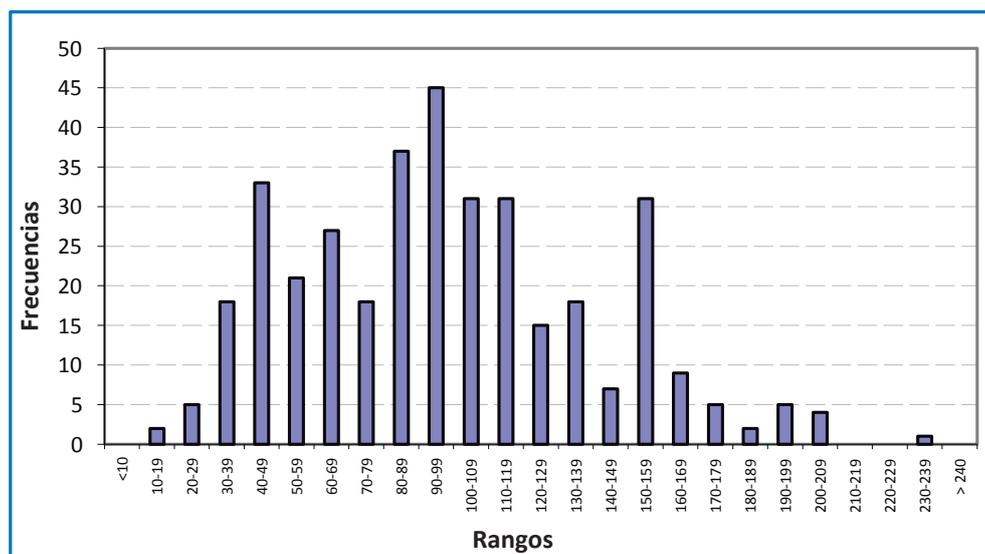
Gráfico Nº 38 Concentración de PM₁₀
ESTACION SANTA LUZMILA LIMA NORTE 2013



Rango	Días
<10	0
10-19	2
20-29	5
30-39	18
40-49	33
50-59	21
60-69	27
70-79	18
80-89	37
90-99	45
100-109	31
110-119	31
120-129	15
130-139	18
140-149	7
150-159	31
160-169	9
170-179	5
180-189	2
190-199	5
200-209	4
210-219	0
220-229	0
230-239	1
> 240	0

365

Gráfico N° 39 distribución de frecuencias para PM₁₀ LIMA NORTE 2013



3.6.4 DATA DE PM₁₀ (μg/m³) PARA LA ZONA DE LIMA ESTE

Para la Zona de Lima Este se cuenta con información para el parámetro PM₁₀, de dos estaciones del SENAMHI, Ate y Santa Anita y una estación de la DIGESA en el Hospital Hipólito Unanue. Como se aprecia en la Tabla N° 38 se tiene en total 614 datos de las tres estaciones, esto representa el 56,07% de días muestreados, precisando que el caso de las dos estaciones de SENAMHI, el número de días muestreados fueron del 94,52% y 61,64% respectivamente, mientras que la estación de la DIGESA sólo cuenta con 12,05% de días con data reportada.

Tabla N° 38: Número de días con información reportada en las estaciones de Lima Este para el Año 2013

Mes	Estación Ate	Estación Santa Anita	Estación Hipólito Unanue	TOTAL
Enero	31	31	4	66
Febrero	28	26	6	60
Marzo	26	31	4	61
Abril	30	24	3	57
Mayo	31	28	3	62
Junio	28	30	3	61
Julio	30	31	4	65
Agosto	27	19	4	50
Setiembre	28	0	3	31
Octubre	28	5	3	36
Noviembre	30	0	4	34
Diciembre	28	0	3	31
TOTAL	345	225	44	614
%	94,52	61,64	12,05	56,07

Para completar la data diaria se tomó el valor promedio del mes, cifras que figuran en rojo en el Anexo N° 5. Asimismo en el caso de la estación Hipólito Unanue se consideró adicionalmente la data histórica existente desde el año 2007 al 2012, para extrapolarla a los días sin información reportada.

El promedio anual de PM₁₀ (μg/m³) para Lima Este es de 90,49 y los promedios mensuales son los siguientes:

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
72,70	91,31	113,91	126,81	114,68	88,81	66,91	68,42	93,37	82,79	84,15	78,92

RESULTADOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LIMA - LIMA ESTE - ESTACIONES: HIPOLITO UNANUE, ATE Y SANTA ANITA

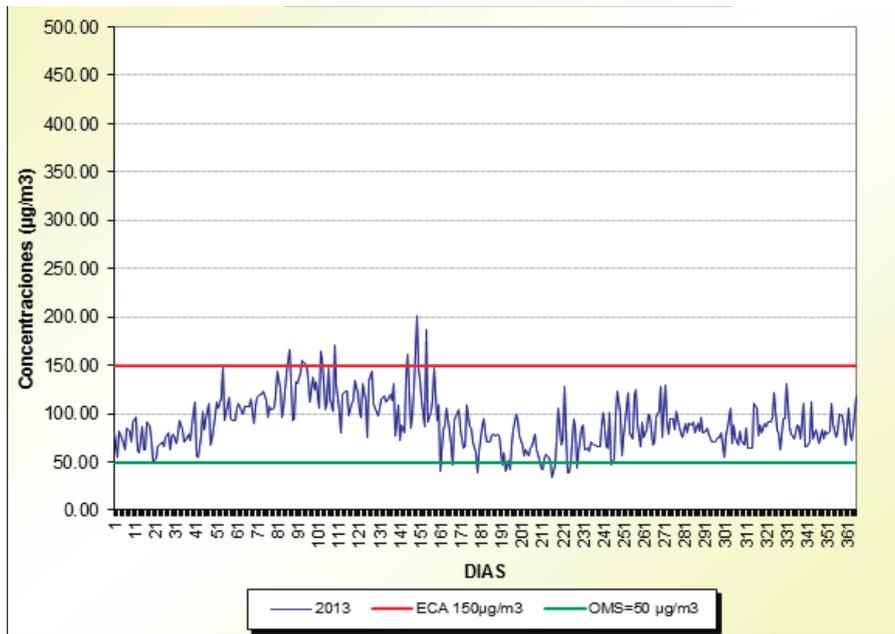
El promedio anual para PM₁₀ es 90,49 µg/m³ y excede largamente el ECA anual en 80,9%.

Valores PM ₁₀ µg/m ³	VERANO	INVIERNO	ANUAL
Promedio	97,78	85,35	90,49
Mínimo	50,17	33,60	33,60
Máximo	170,24	200,47	200,47

Percentil 98
155,16

En cuanto a la data diaria, las concentraciones para el promedio de las tres estaciones muestran valores que exceden el ECA diario 11 días y el valor Guía OMS es excedido 350 días, ósea sólo 15 días cumplieron con el valor Guía, como se puede ver claramente en el Gráfico N° 40, sin embargo, ningún día se registró niveles de alerta.

Gráfico N° 40: Concentración de PM₁₀
ZONA LIMA ESTE 2013

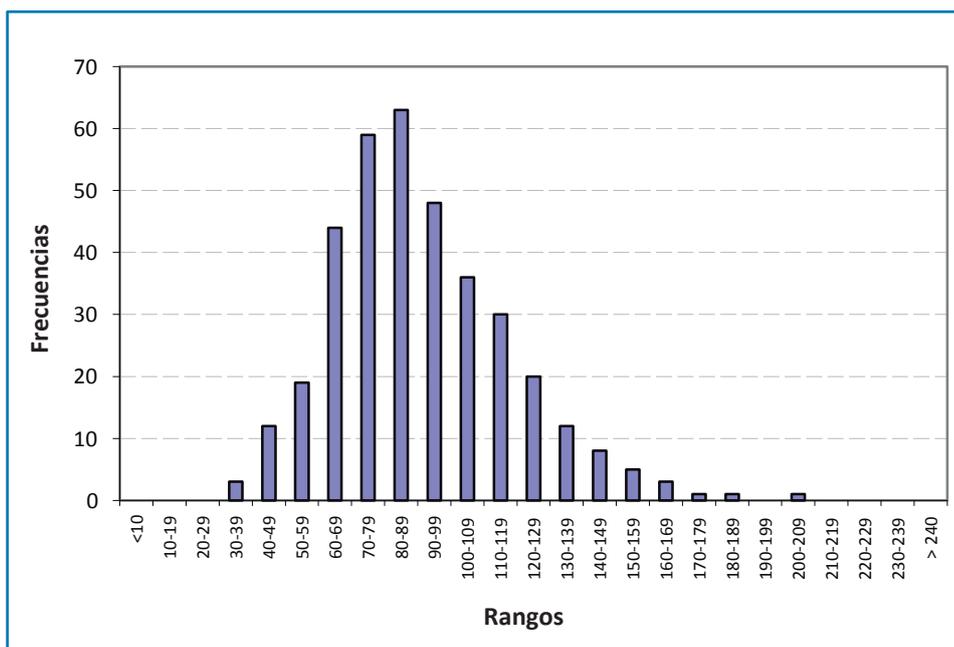


En cuanto a la distribución de frecuencias, la mayoría de días presenta concentraciones de PM₁₀ entre el rango de 60 y 109 µg/m³ como se aprecia en el Gráfico N° 41.

Rango	Días
<10	0
10-19	0
20-29	0
30-39	3
40-49	12
50-59	19
60-69	44
70-79	59
80-89	63
90-99	48
100-109	36
110-119	30
120-129	20
130-139	12
140-149	8
150-159	5
160-169	3
170-179	1
180-189	1
190-199	0
200-209	1
210-219	0
220-229	0
230-239	0
> 240	0

365

Gráfico Nº 41 Distribución de frecuencias para PM₁₀ LIMA ESTE 2013



3.6.4.1 Estación Hipólito Unanue

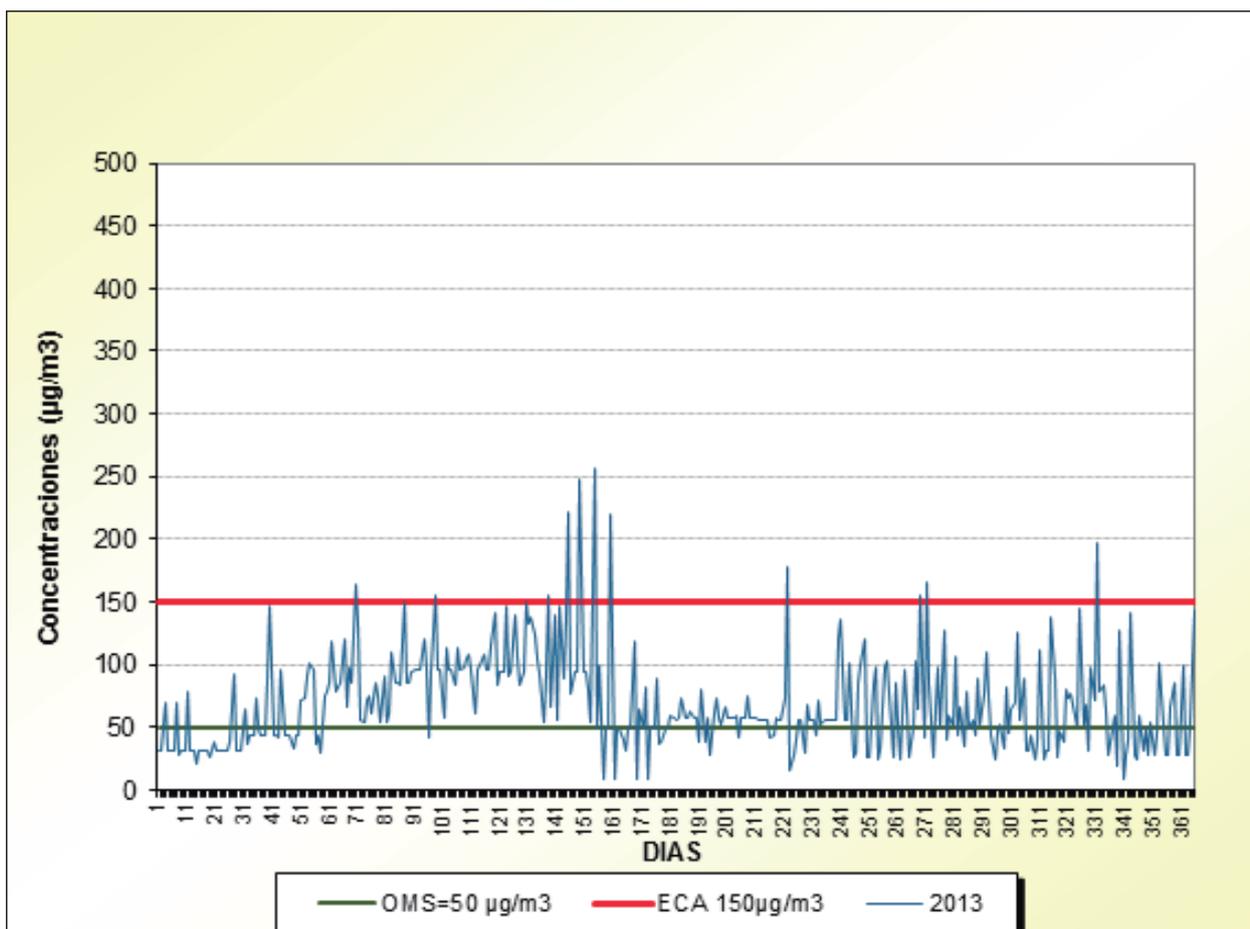
ESTACION: HIPOLITO UNANUE INSTITUCION: DIGESA
 DIRECCION: Av. César Vallejo 1390, El Agustino ubicada en el Hospital Hipólito Unanue

El promedio anual supera el Valor ECA en 38,56%; el valor máximo es bastante elevado. 10 días se reportan valores que exceden el ECA diario y 236 días se supera el valor Guía OMS, como se aprecia en el Gráfico N° 42.

Valores $\mu\text{g}/\text{m}^3$	VERANO	INVIERNO	ANUAL
Promedio	66,87	70,98	69,28
Mínimo	9,03	9,03	9,03
Máximo	163,37	256,94	256,94

Percentil 98
163,37

Gráfico N° 42 Concentración de PM_{10}
 ESTACION HIPOLITO UNANUE - LIMA ESTE 2013

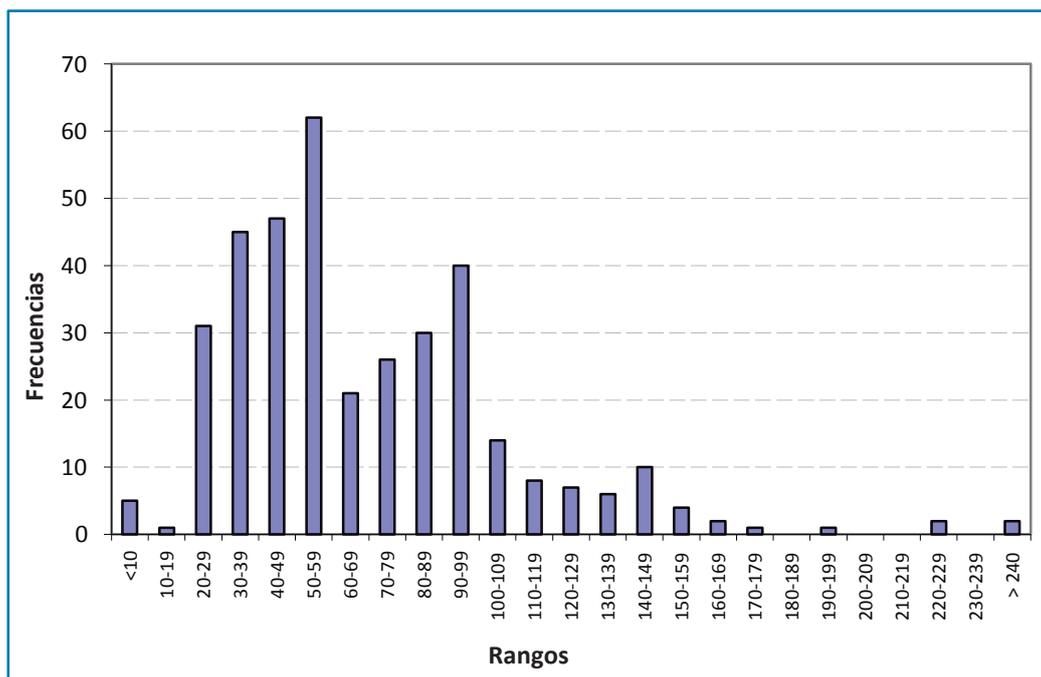


En el Gráfico de distribución de frecuencias se observa que la mayoría de días (84,3%) presenta valores menores a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y hay dos días que exceden los 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Rango	Días
<10	5
10-19	1
20-29	31
30-39	45
40-49	47
50-59	62
60-69	21
70-79	26
80-89	30
90-99	40
100-109	14
110-119	8
120-129	7
130-139	6
140-149	10
150-159	4
160-169	2
170-179	1
180-189	0
190-199	1
200-209	0
210-219	0
220-229	2
230-239	0
> 240	2

365

Gráfico N° 43 Distribución de frecuencias para PM₁₀ ESTACIÓN HIPOLITO UNANUE - LIMA ESTE 2013



3.6.4.2 Estación Ate

RESULTADOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LIMA ESTE

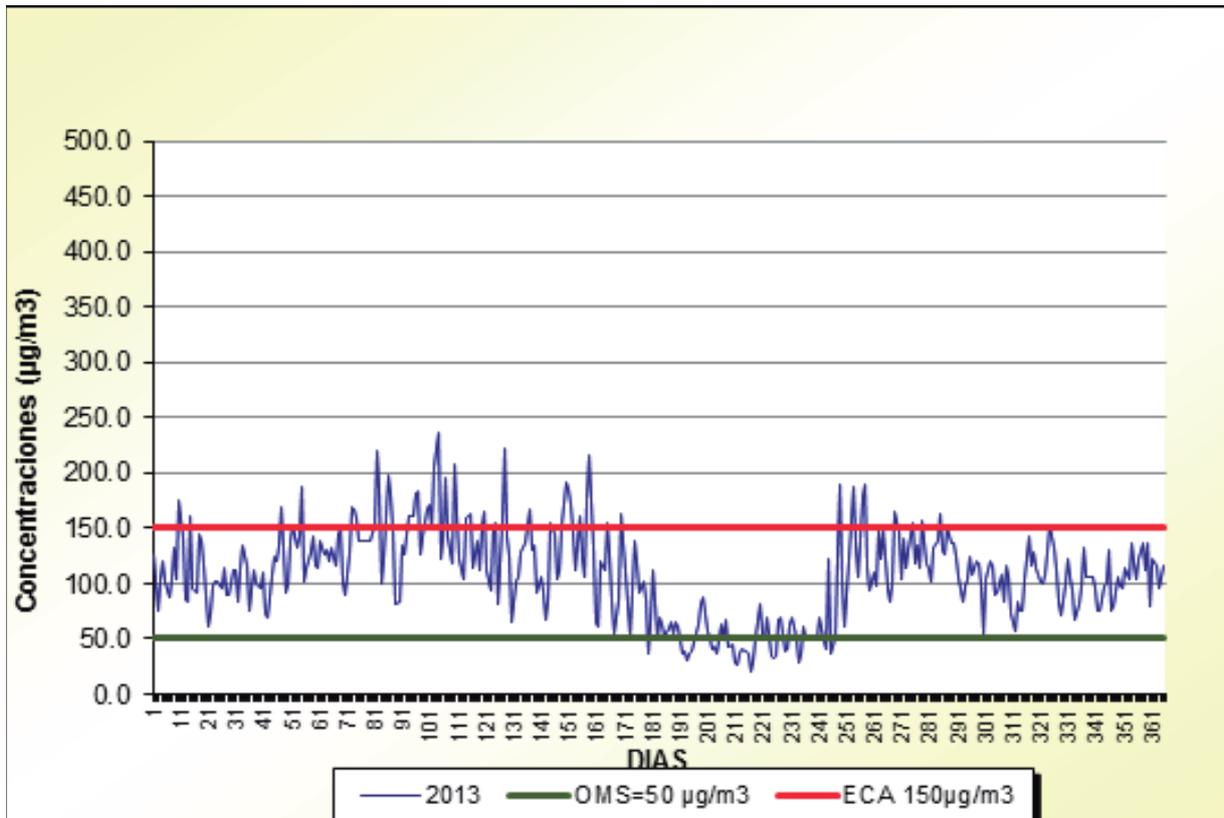
ESTACION: ATE
 INSTITUCION: SENAMHI
 DIRECCION: Carretera Central Km 7,5 – Distrito de Ate – Palacio Municipal

El promedio anual supera en 117,2% el ECA anual en la estación Ate, y los valores diarios exceden el ECA diario 56 días, asimismo se supera el valor guía 332 días. El valor máximo reportado fue 236,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Valores PM ₁₀ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	VERANO	INVIERNO	ANUAL
Promedio	124,58	97,32	108,60
Mínimo	59,92	21,14	21,14
Máximo	236,86	222,95	236,86

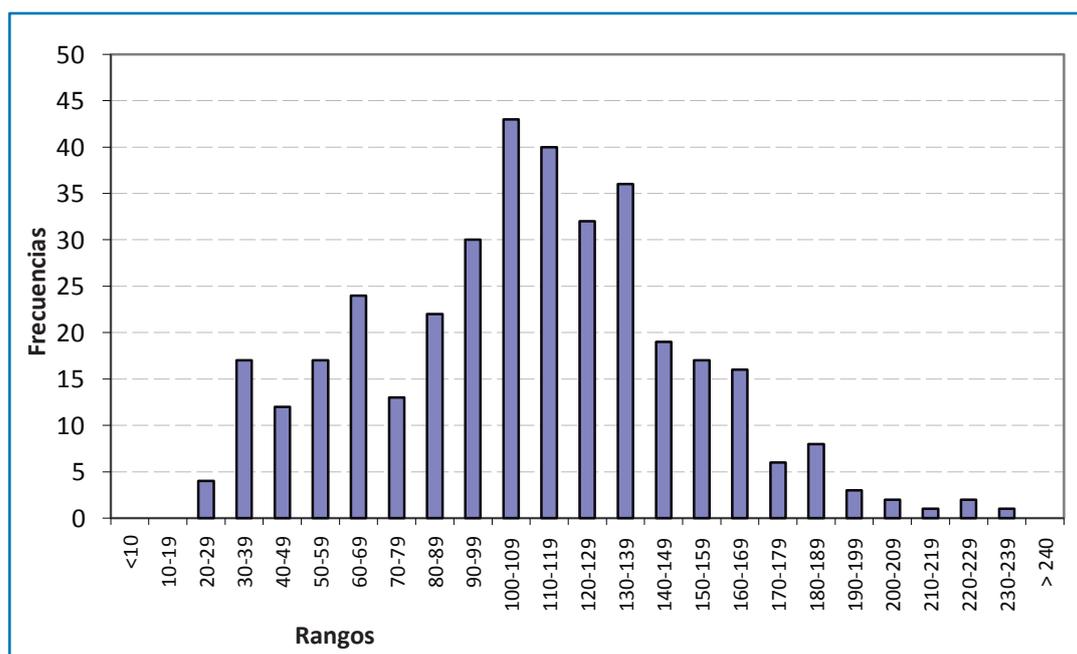
Percentil 98
196

Gráfico N° 44 Concentración de PM₁₀
 ESTACION ATE LIMA ESTE 2013



Rango	Días
<10	0
10-19	0
20-29	4
30-39	17
40-49	12
50-59	17
60-69	24
70-79	13
80-89	22
90-99	30
100-109	43
110-119	40
120-129	32
130-139	36
140-149	19
150-159	17
160-169	16
170-179	6
180-189	8
190-199	3
200-209	2
210-219	1
220-229	2
230-239	1
> 240	0

Gráfico N° 45
Distribución de frecuencias para PM₁₀
ESTACIÓN ATE - LIMA ESTE 2013



3.6.4.3 Estación Santa Anita

RESULTADOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LIMA ESTE

ESTACION: SANTA ANITA

INSTITUCION: SENAMHI

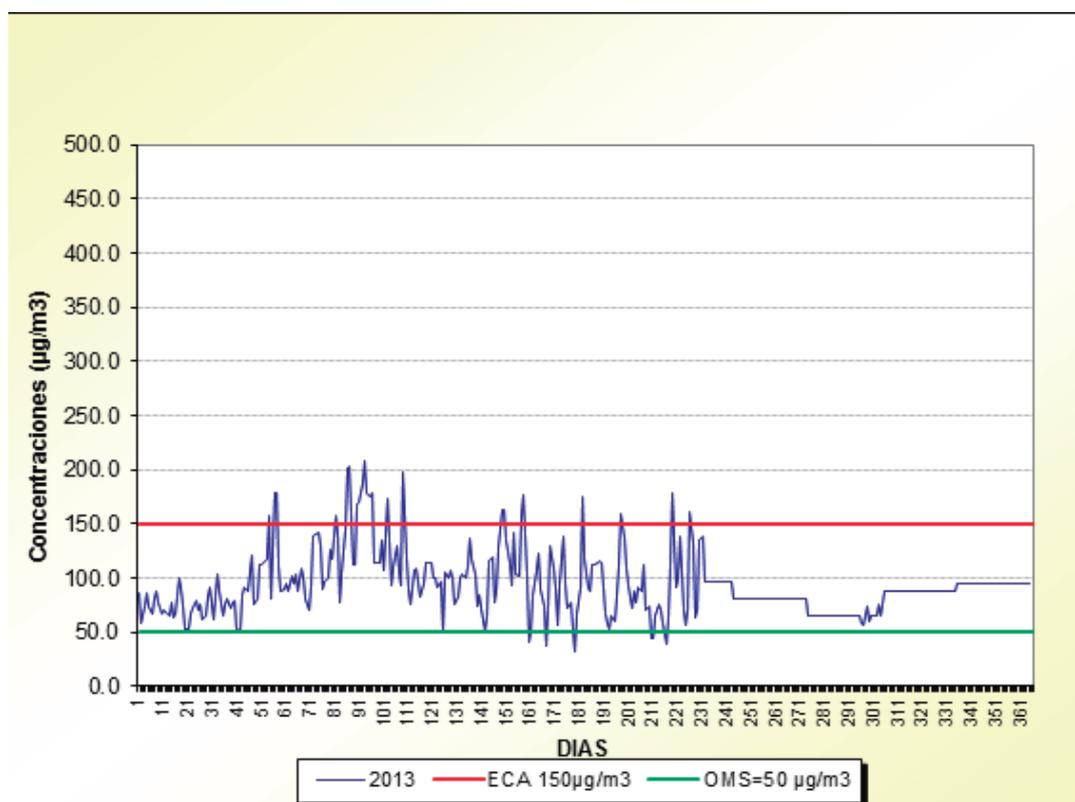
DIRECCION: Av. Los Eucaliptos cdra. 12- Distrito de Santa Anita -Palacio Municipal

Los valores de la estación Santa Anita, al igual que la estación Ate, superan el valor ECA anual, en este caso en 87% y los valores diarios reportados superan el ECA nacional durante 23 días en el año 2013 (Ver Gráfico N° 46). Asimismo superan el Valor Guía de la OMS 359 días, lo que representa el 98,35% de días del año 2013.

Valores PM ₁₀ µg/m ³	VERANO	INVIERNO	ANUAL
Promedio	101,90	87,76	93,61
Mínimo	51,36	32,20	32,20
Máximo	208,31	178,56	208,31

Percentil 98
178

Gráfico N° 46 Concentración de PM₁₀
ESTACION SANTA ANITA - LIMA ESTE 2013

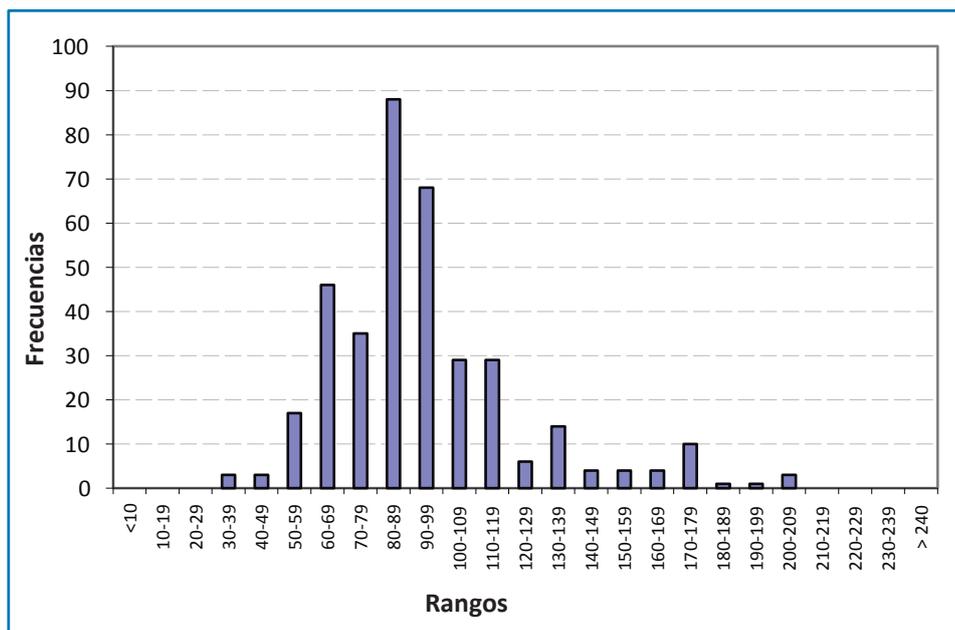


La distribución de frecuencias para esta estación muestra que las concentraciones de 88 días estaban en el rango de 80 a 89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 68 días presentaban valores entre 90-99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como se puede apreciar en el Gráfico N° 47.

Rango	Días
<10	0
10-19	0
20-29	0
30-39	3
40-49	3
50-59	17
60-69	46
70-79	35
80-89	88
90-99	68
100-109	29
110-119	29
120-129	6
130-139	14
140-149	4
150-159	4
160-169	4
170-179	10
180-189	1
190-199	1
200-209	3
210-219	0
220-229	0
230-239	0
> 240	0

365

Gráfico N° 47
Distribución de frecuencias para PM_{10}
ESTACIÓN SANTA ANITA - LIMA ESTE 2013



3.6.5 DATA DE PM_{10} ($\mu g/m^3$) PARA LA ZONA DE LIMA SUR

Para la Zona de Lima Sur y el parámetro PM_{10} se cuenta con la información de una estación del SENAMHI en Villa María del Triunfo y una estación de la DIGESA en el Hospital María Auxiliadora. Como se puede apreciar en el Tabla N° 39 que consolida el número de días al mes que se cuenta con información para Lima Sur año 2013, se tiene en total con 356 datos de las dos estaciones, esto representa el 48,76% de días muestreados, precisando que el caso de la estación de SENAMHI, el número de días muestreados es del 87,67%, mientras que la estación de DIGESA sólo cuenta con 19,8% de días con data reportada.

Tabla N° 39: Número de días con información reportada en las estaciones de Lima Sur para el Año 2013

MES	Estación V.M. del Triunfo	Estación H. Ma. Auxiliadora	TOTAL
Enero	27	4	31
Febrero	23	5	28
Marzo	29	5	34
Abril	29	5	34
Mayo	29	5	34
Junio	18	5	23
Julio	31	4	35
Agosto	31	0	31
Setiembre	20	0	20
Octubre	28	0	28
Noviembre	30	0	30
Diciembre	25	3	28
TOTAL AÑO 2013	320	36	356
%	87,67	9,8	48,76

Para poder completar la data diaria se consideró el promedio del mes, cifras que figuran en rojo en el Anexo N° 4. Asimismo en el caso de la estación H. María Auxiliadora se ha considerado adicionalmente la data histórica existente desde el año 2007 al 2012, para extrapolarla a los días sin información reportada.

El promedio anual de PM_{10} ($\mu g/m^3$) para Lima Sur es de $89,27 \mu g/m^3$ y excede el valor ECA anual en 78,5%, los promedios mensuales son los siguientes:

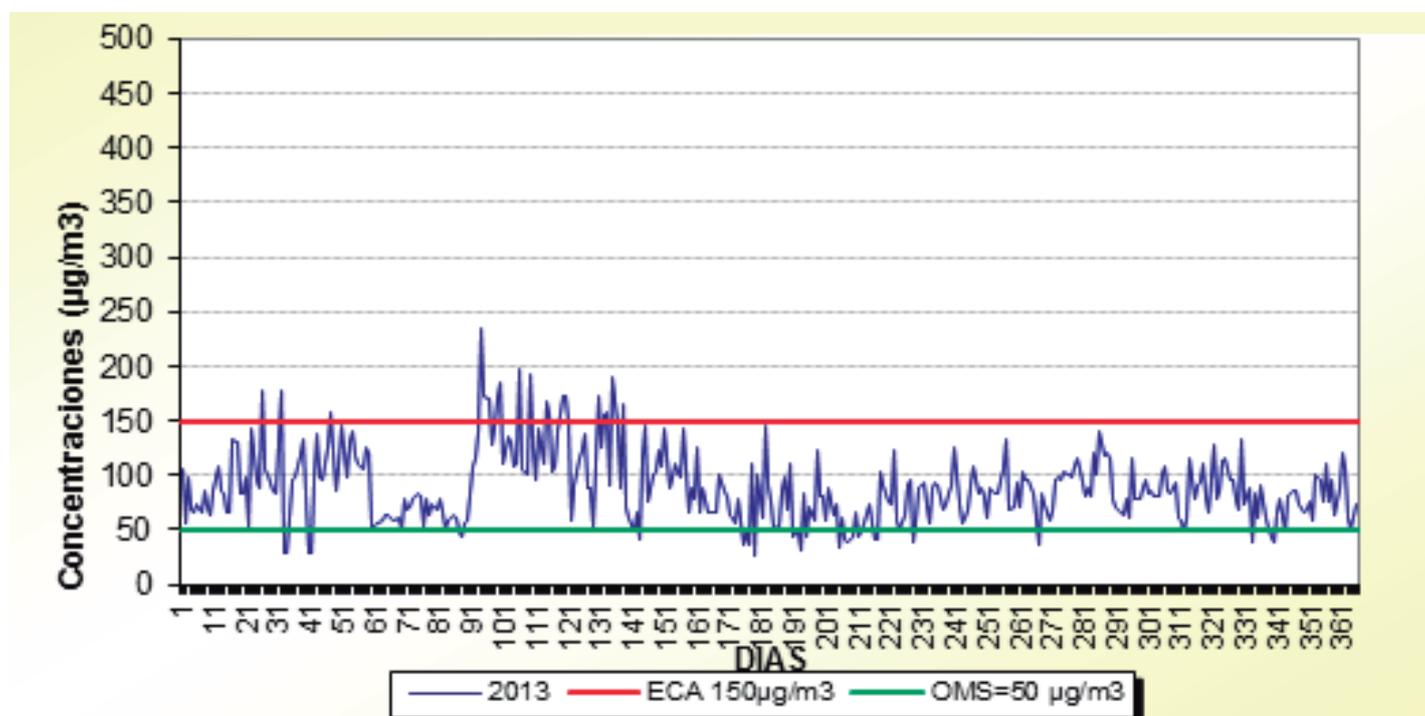
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
83,91	105,83	134,97	141,87	109,64	78,88	68,08	75,78	82,87	93,66	86,99	75,2

Valores PM ₁₀ µg/m ³	VERANO	INVIERNO	ANUAL
Promedio	95,09	85,16	89,27
Mínimo	28,71	27,54	27,54
Máximo	234,38	188,80	234,38

Percentil 98
173,07

En cuanto a la data diaria se observa que 19 días se excedió el valor del ECA diario, mientras que 337 días se excedió el Valor Guía de la OMS (92,3%), sin embargo, ningún día se registró niveles de alerta. Ver gráfico siguiente:

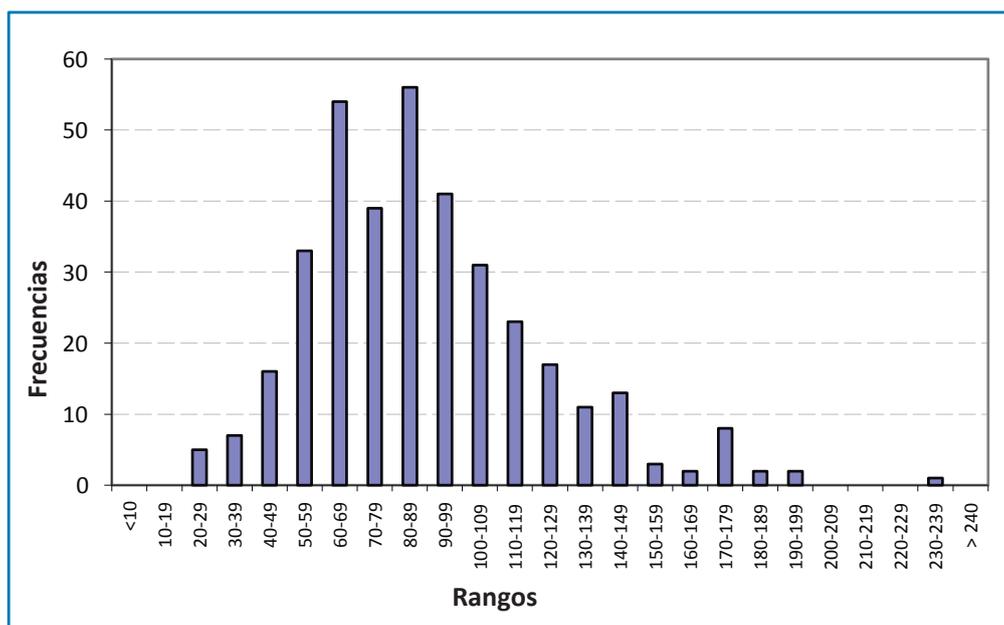
Gráfico N° 48 Concentración de PM₁₀
ZONA LIMA SUR 2013



Rango	Días
<10	0
10-19	0
20-29	5
30-39	7
40-49	16
50-59	33
60-69	54
70-79	39
80-89	56
90-99	41
100-109	31
110-119	23
120-129	17
130-139	11
140-149	13
150-159	4
160-169	2
170-179	8
180-189	2
190-199	2
200-209	0
210-219	0
220-229	0
230-239	1
> 240	0

365

Gráfico N° 49
Distribución de frecuencias para PM₁₀
LIMA SUR 2013



3.6.5.1 Estación María Auxiliadora

ESTACION: Hospital María Auxiliadora

INSTITUCION: DIGESA

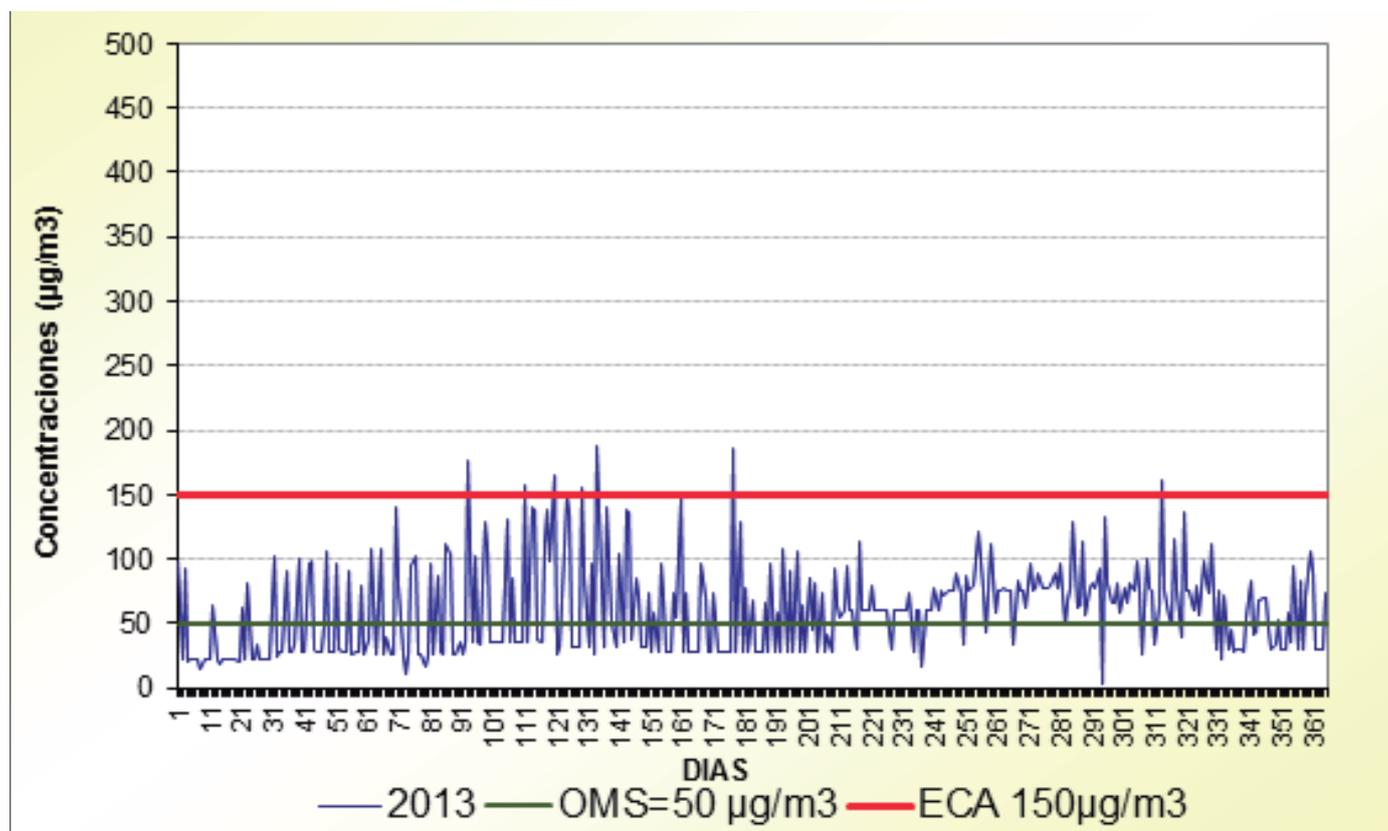
DIRECCION: Av. Miguel Iglesias 968 - SAN JUAN DE MIRAFLORES

Valores PM ₁₀ µg/m ³	VERANO	INVIERNO	ANUAL
Promedio	52,25	67,18	61,00
Mínimo	11,00	3,38	3,38
Máximo	176,32	188,38	188,38

Percentil 98
149,4

El promedio anual 61 µg/m³ excede el valor ECA en 22%. En esta estación se reportaron 7 días que excedieron el valor ECA diario, mientras que 203 días se excedió el valor Guía OMS, sin embargo, ningún día se registró niveles de alerta.

Gráfico N° 50 Concentración de PM₁₀
ESTACION HOSPITAL MARIA AUXILIADORA - LIMA SUR 2013

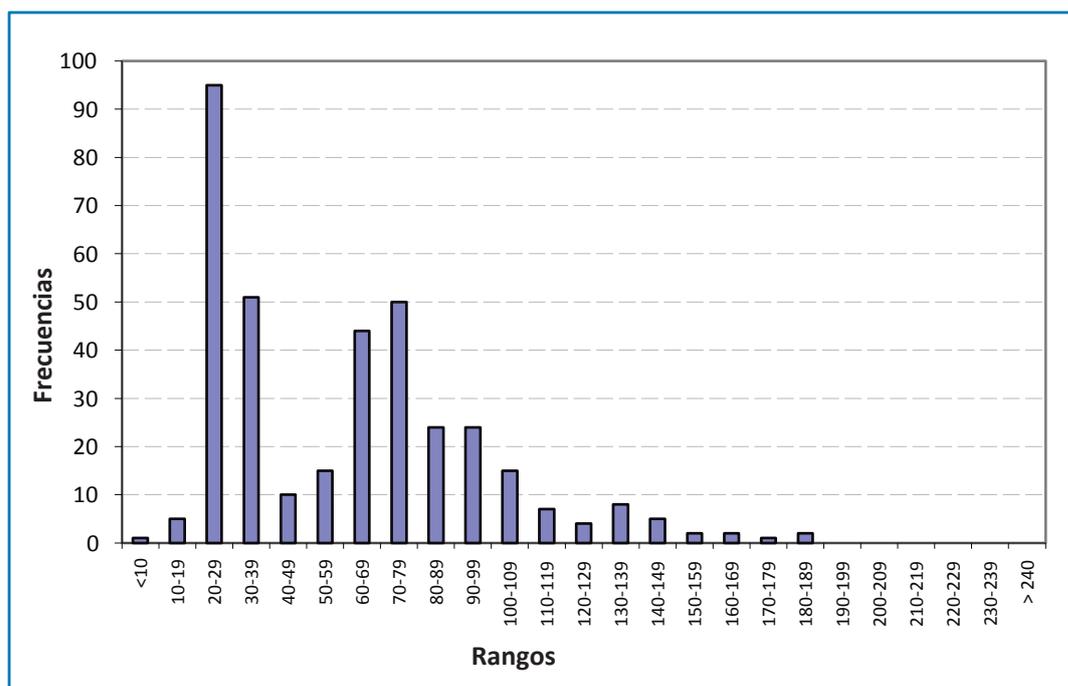


En relación a la distribución de frecuencias, 95 días presentaron valores entre 20 y 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Rango	Días
<10	1
10-19	5
20-29	95
30-39	51
40-49	10
50-59	15
60-69	44
70-79	50
80-89	24
90-99	24
100-109	15
110-119	7
120-129	4
130-139	8
140-149	5
150-159	2
160-169	2
170-179	1
180-189	2
190-199	0
200-209	0
210-219	0
220-229	0
230-239	0
> 240	0

365

Gráfico N° 51
Distribución de frecuencias para PM_{10}
ESTACIÓN HOSPITAL MARIA AUXILIADORA - LIMA SUR 2013



3.6.5.2 Estación Villa María del Triunfo

RESULTADOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LIMA - MATRIZ SUR

ESTACION : VILLA MARIA DEL TRIUNFO

INSTITUCION: SENAMHI

DIRECCION: Av. 26 de Noviembre s/n - Sector Nueva Esperanza- Distrito Villa María del Triunfo – en el Parque Virgen de Lourdes.

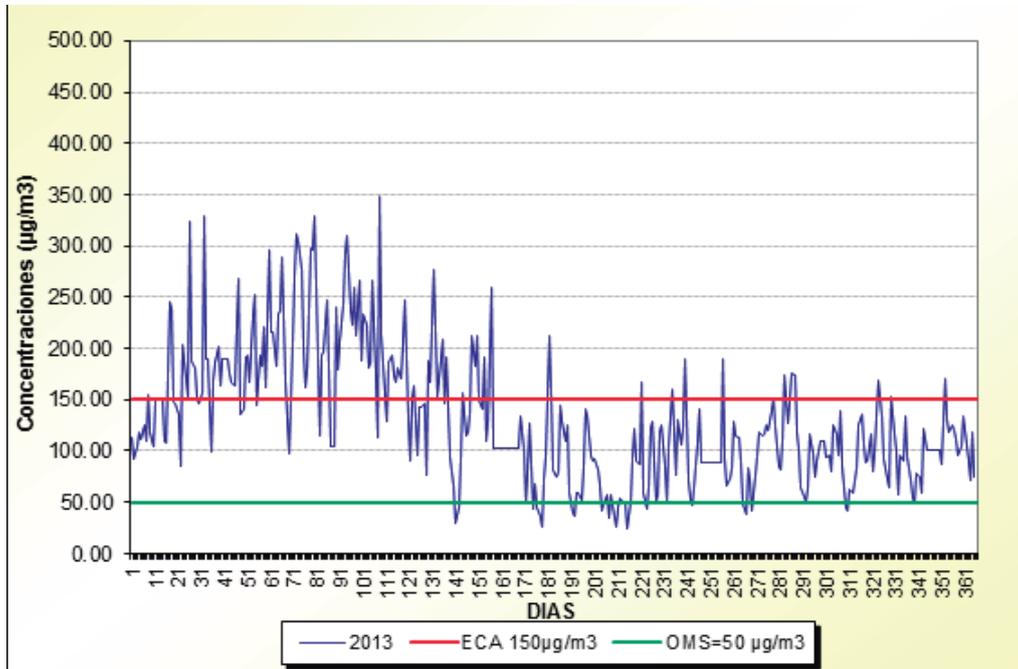
Esta estación presenta valores bastante más elevados que la estación María Auxiliadora, como se aprecia, el promedio anual es de 131 µg/m³ lo que significa que excede en 162% el valor ECA anual. Se aprecia que los valores máximos tanto de verano e invierno presentan valores de cuidado y el valor máximo reportado estaría registrado como de peligro en el estado de alerta.

Valores PM ₁₀ µg/m ³	VERANO	INVIERNO	ANUAL
Promedio	172,34	102,32	131,29
Mínimo	48,25	23,59	23,59
Máximo	347,28	275,88	347,28

Percentil 98
297,60

En cuanto a los valores diarios se advierte con preocupación que el ECA es excedido 123 días (33,7% de días del 2013) y con valores bastante altos, incluso más que duplicaron el valor ECA diario, notándose que 26 días excedieron los 240 µg/m³.

Gráfico N° 52 Concentración de PM₁₀
ESTACION VILLA MARIA DEL TRIUNFO - LIMA SUR 2013

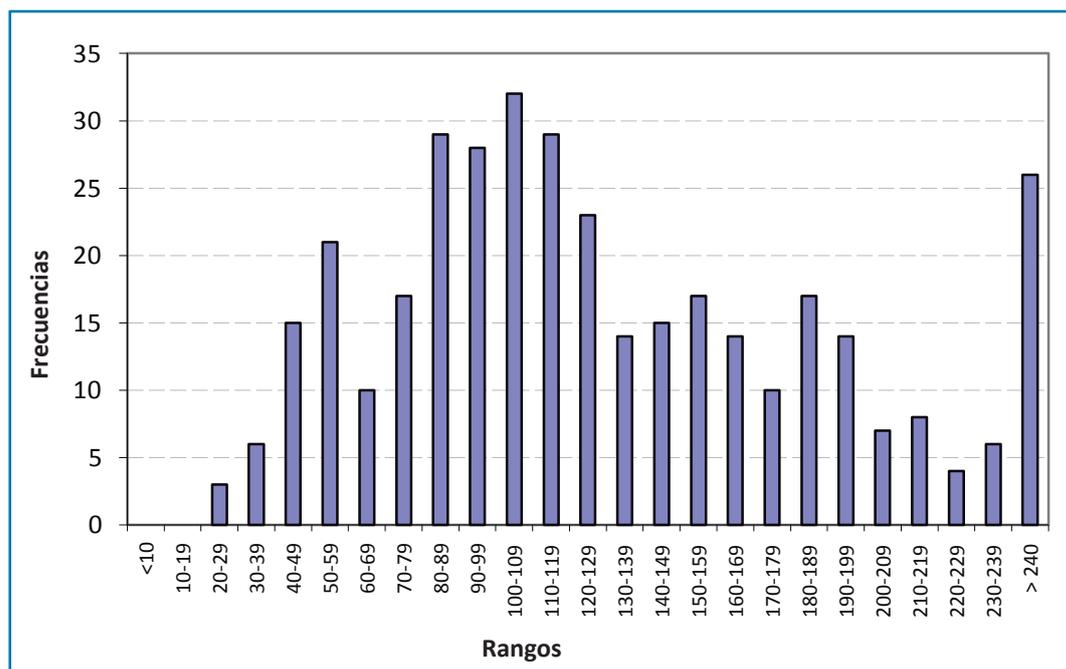


Esta situación se visualiza con claridad en el Gráfico N° 53 de distribución de frecuencias que se presenta a continuación:

Rango	Días
<10	0
10-19	0
20-29	3
30-39	6
40-49	15
50-59	21
60-69	10
70-79	17
80-89	29
90-99	28
100-109	32
110-119	29
120-129	23
130-139	14
140-149	15
150-159	17
160-169	14
170-179	10
180-189	17
190-199	14
200-209	7
210-219	8
220-229	4
230-239	6
> 240	26

365

Gráfico N° 53
Distribución de frecuencias para PM₁₀
ESTACIÓN VILLA MARIA DEL TRIUNFO - LIMA SUR 2013



3.7 DATOS DE MORBIMORTALIDAD ASOCIADOS AL IMPACTO A LA SALUD POR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO

Como se ha podido apreciar en el capítulo I referido a los impactos en la salud por la contaminación del aire, dos son los sistemas más afectados por la exposición al material particulado, el sistema respiratorio y el cardiovascular.

El modelo AirQ requiere información sobre morbilidad y mortalidad por causas respiratorias y cardiovasculares, las cuales están clasificadas según el Código Internacional de Enfermedades (CIE) de la OMS, habiéndose obtenido información para los siguientes indicadores y CIE:

- Mortalidad total
- Mortalidad por enfermedades cardiovasculares
- Mortalidad por enfermedades respiratorias
- Admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias totales
 - o(J00-J06) Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores
 - o(J09-19) Gripe y Neumonía
 - o(J30-J39) Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores
 - o(J40-J47) Enfermedades respiratorias inferiores crónicas
 - o(J60-J70) Enfermedades del pulmón debidas a agentes externos
 - o(J80-J84) Otras enfermedades respiratorias principalmente afectan do al intersticio
 - o(J85-J86) Condiciones supurativas y necróticas del tracto respiratorio inferior
 - o(J90-J94) Otras enfermedades de la pleura
 - o(J95-J99) Otras enfermedades del sistema respiratorio

Además la información considero a los grupos etarios (< 15 años, de 15 a 64 años y de 65 años a +)

De la misma manera se obtuvo información para:

-Admisiones por enfermedades cardiovasculares totales que incluyeron las siguientes enfermedades:

- o(I10 - I15) Enfermedades Hipertensivas
- o(I20 - I25) Enfermedades isquémicas del corazón
- o(I26 - I28) Enfermedad cardiopulmonar y enfermedades de la circulación pulmonar
- o(I30 - I52) Otras formas de enfermedad del corazón

Los datos brindados por la Oficina General de Estadística e Información del Ministerio de Salud de morbilidad corresponden al año de estudio (2013), y fueron reportados por los establecimientos de salud del MINSa, por tanto, teniendo en cuenta la Encuesta Nacional de Hogares del 2013 del INEI, que señala que para Lima Metropolitana, las atenciones de salud por el MINSa correspondieron al 14,5% del total, y que el 43,6% de atenciones fueron realizadas por los establecimientos de salud de EsSalud, de las fuerzas armadas, y privados, es que han escalado los datos, para tener los valores necesarios para el modelo.

En el caso de los datos de mortalidad, el MINSa recoge los reportes de todos los establecimientos de salud a nivel nacional, sin embargo sólo cuentan con datos hasta el 2012, por lo que teniendo en cuenta las tasas de mortalidad estimados por el INEI, para Lima para los años 2012 y 2013, se han escalado los datos para el 2013.

En las siguientes tablas se presentan los resúmenes de los datos estadísticos para cada zona de estudio y Lima Metropolitana en total, y para cada grupo etario, así como la tasa por cien mil (100 000) habitantes:

Tabla N° 40
Resumen de Admisiones hospitalarias – LIMA CENTRO

	< 15a	15a - 64a	65a >	Total general	Total Escalado	TI x 100000 escalada
Enfermedades Cardiovasculares	187	811	1028	2026	6092	337
Enfermedades Respiratorias	3869	1280	1217	6366	19142	1060
J45 Asma	1090	82	8	1180	3548	196
J41 Bronquitis crónica simple			1	1	3	0
J42 Bronquitis crónica no específica			4	4	12	1
J440 - Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica con Infección Aguda de las Vías Respiratorias	103	23	38	164	493	27
I21 Infarto miocardio agudo	3	133	140	276	830	46
I50 Insuficiencia cardíaca congestiva	76	185	317	578	1738	96

Tabla Nº 41
Resumen de Admisiones hospitalarias – LIMA ESTE

	< 15a	15a - 64a	65a >	Total general	Total Escalado	TI x 100000 escalada
Enfermedades Cardiovasculares	14	177	241	432	1299	51
Enfermedades Respiratorias	2144	612	664	3420	10284	402
J45 Asma	308	55	6	369	1110	43
J41 Bronquitis crónica simple				0	0	0
J42 Bronquitis crónica no específica	1		2	3	9	0
J440 - Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica con Infección Aguda de las Vías Respiratorias	148	6	17	171	514	20
I21 Infarto miocardio agudo	3	35	35	73	220	9
I50 Insuficiencia cardíaca congestiva	8	50	96	154	463	18

Tabla Nº 42
Resumen de Admisiones hospitalarias – LIMA NORTE

	< 15a	15a - 64a	65a >	Total general	Total Escalado	TI x 100000 escalada
Enfermedades Cardiovasculares	36	241	370	647	1945	80
Enfermedades Respiratorias	1659	648	645	2952	8876	366
J45 Asma	202	2		204	613	25
J41 Bronquitis crónica simple				0	0	0
J42 Bronquitis crónica no específica	2			2	6	0
J440 - Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica con Infección Aguda de las Vías Respiratorias	145	7	21	173	520	21
I21 Infarto miocardio agudo		35	56	91	274	11
I50 Insuficiencia cardíaca congestiva	21	68	136	225	677	28

Tabla Nº 43
Resumen de Admisiones hospitalarias – LIMA SUR

	< 15a	15a - 64a	65a >	Total general	Total Escalado	TI x 100000 escalada
Enfermedades Cardiovasculares	10	56	61	127	382	21
Enfermedades Respiratorias	878	129	124	1.131	3401	187
J45 Asma	143	17	1	161	484	27
J41 Bronquitis crónica simple				0	0	0
J42 Bronquitis crónica no específica				0	0	0
J440 - Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica con Infección Aguda de las Vías Respiratorias	102	5	21	128	385	21
I21 Infarto miocardio agudo		12	7	19	57	3
I50 Insuficiencia cardíaca congestiva	8	25	37	70	210	12

Tabla Nº 44
Comparación de Admisiones hospitalarias por zonas

Admisiones Hospitalarias por causas	CENTRO	%	ESTE	%	NORTE	%	SUR	%	TOTAL	%
Enfermedades Cardiovasculares	6092	63	1299	13	1945	20	382	4	9718	100
Enfermedades Respiratorias	19142	46	10284	25	8876	21	3401	8	41703	100
J45 Asma	3548	62	1110	19	613	11	484	8	5755	100

Como se aprecia en la tabla de comparación de las admisiones hospitalarias por causas de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y asma; es Lima Centro, la zona que mayor porcentaje tiene con el 63% del total de casos para cardiovasculares, tanto que Lima Este tiene el 13%, Lima norte el 20% y Lima Sur sólo el 4%.

En cuanto a las enfermedades respiratorias, en Lima Centro se concentró el 46% de los casos, Lima Este el 25% y el 21% en Lima Norte, en tanto que Lima Sur sólo el 8%. Para los casos de asma, el 62% se registraron en Lima Centro, el 19% en Lima Este y el 11% y 8% en Lima Norte y Sur respectivamente.

En la siguiente tabla se presenta el resumen para Lima Metropolitana con las respectivas tasas de incidencia.

Tabla N° 45
Resumen de Admisiones hospitalarias LIMA METROPOLITANA

	< 15a	15a - 64a	65a >	Total general	Total Escalado	TI x 100000 escalada
Enfermedades Cardiovasculares	247	1285	1700	3232	9718	112,78
Enfermedades Respiratorias	8550	2669	2650	13869	41703	483,94
J45 Asma	1743	156	15	1914	5755	66,79
J45 Asma Niños	1743				5237	60,78
J45 Asma Adultos			171		518	6,01

Tabla N° 46
Resumen de Mortalidad Total – LIMA METROPOLITANA

	Mortalidad Total		Población 2013	Tlx100000
	2012	2013		
LIMA CENTRO	11082	11168	1805829	618,47
LIMA NORTE	6259	6308	2427936	259,80
LIMA ESTE	6616	6668	2560122	260,44
LIMA SUR	4661	4697	1823427	257,61
TOTAL LIMA METROPOLITANA	28618	28841	8617314	334,69

Tabla N° 47
Resumen de Mortalidad Respiratoria LIMA METROPOLITANA

	Mortalidad Respiratoria		Población 2013	Tlx100000
	2012	2013		
LIMA CENTRO	2757	2779	1805829	153,86
LIMA NORTE	1588	1600	2427936	65,92
LIMA ESTE	1423	1434	2560122	56,02
LIMA SUR	1180	1189	1823427	65,22
TOTAL LIMA METROPOLITANA	6.948	7002	8617314	81,26

Tabla N° 48
Resumen de Mortalidad Cardiovascular LIMA METROPOLITANA

	Mortalidad Cardiovascular		Población 2013	Tlx100000
	2012	2013		
LIMA CENTRO	1891	1906	1805829	105,53
LIMA NORTE	771	777	2427936	32,00
LIMA ESTE	632	637	2560122	24,88
LIMA SUR	519	523	1823427	28,68
TOTAL LIMA METROPOLITANA	3813	3843	8617314	44,59

Tabla N° 49
Comparación de los casos de mortalidad por zonas

	Mortalidad total		M. respiratoria		M. cardiovascular		Población	%
LIMA CENTRO	11168	39%	2779	40%	1906	50%	1805829	21
LIMA NORTE	6308	22%	1600	23%	777	20%	2427936	28
LIMA ESTE	6668	23%	1434	20%	637	16%	2560122	30
LIMA SUR	4697	16%	1189	17%	523	14%	1823427	21
TOTAL LIMA METROPOLITANA	28841	100%	7002	100%	3843	100%	8617314	100

Como se aprecia, en la Tabla N° 49 de comparación de los casos de mortalidad, el 39% de los casos de mortalidad total se registraron en Lima Centro, la misma tendencia se observa para la mortalidad por causas respiratorias (40%) y cardiovasculares que es aún mayor el porcentaje de registro (50%), esto se explica debido a que el mayor número de establecimientos de salud se ubican en los distritos que conforman Lima Centro.

Lima Norte y Lima Este tienen casi las mismas cifras porcentuales para mortalidad total, 22% y 23% respectivamente, en tanto que Lima Sur tiene el menor porcentaje 16%. Respecto de la mortalidad por causas respiratorias, Lima Norte tiene el 23%, Lima Este el 20% y Lima Sur el 17%. Similar tendencia se aprecia en la mortalidad cardiovascular con porcentajes del 20%, 16% y 14% para Lima Norte, Este y Sur respectivamente. Nótese que las tres juntas suman similar porcentaje que Lima Centro.

Esto supone una distorsión toda vez que en términos de población, el mayor porcentaje está congregada en Lima Este con el 30% seguida de Lima Norte que tiene el 28%, en tanto que Lima Centro y Lima Sur tienen el 21% cada una. Por tanto, se nota que hay una congregación de los registros de mortalidad en Lima Centro.

3.8 ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE MORBIMORTALIDAD ATRIBUIBLE DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR PM₁₀

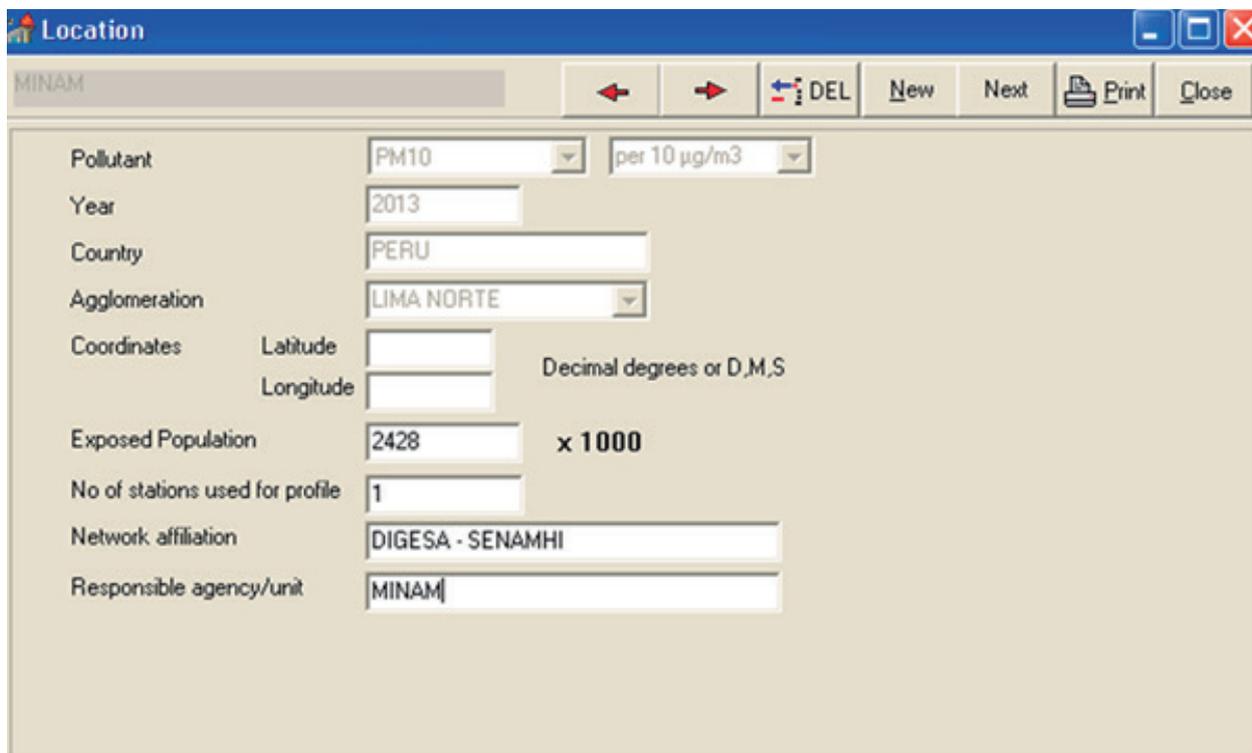
Como se ha explicado en el punto 3.1 de la metodología del Air-Q, era necesario trabajar con información desagregada considerando cada uno de los CIE para los que se cuenta con factores de riesgo relativo. Los datos indicadores mostrados en las tablas del punto anterior, se ingresaron para obtener los resultados, cuyo resumen se aprecia en los acápites siguientes y los detalles en los anexos correspondientes a cada zona.

El riesgo de morbimortalidad atribuida a la contaminación del aire por PM₁₀ se estimó para cada zona de estudio y para Lima Metropolitana en su conjunto. Asimismo, se corrió el modelo teniendo en consideración, el riesgo bajo, riesgo medio y riesgo alto. De igual modo, se planteó tres escenarios, el primero con los datos reales que brindaron las estaciones de monitoreo en cada zona, el segundo escenario, si se cumplieran los ECA, es decir no hubiese habido ninguna excedencia por encima de los 150 µg/m³ y finalmente, el escenario, en el cual, todos los valores no hubieran sobrepasado los Valores Guía de la OMS.

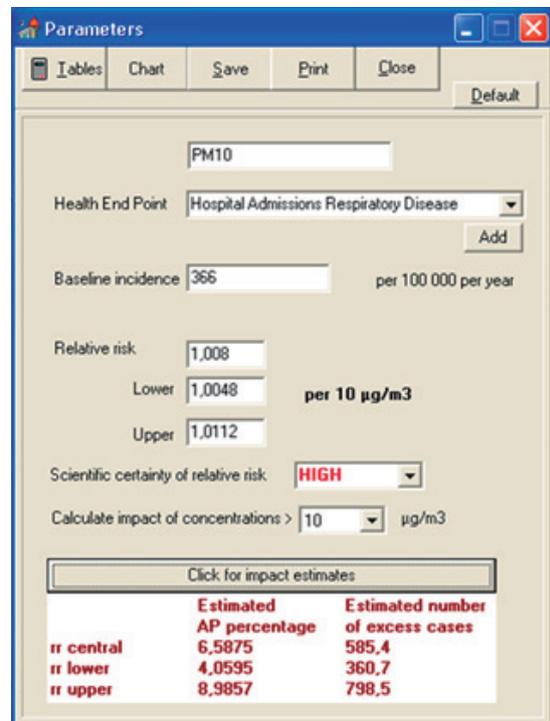
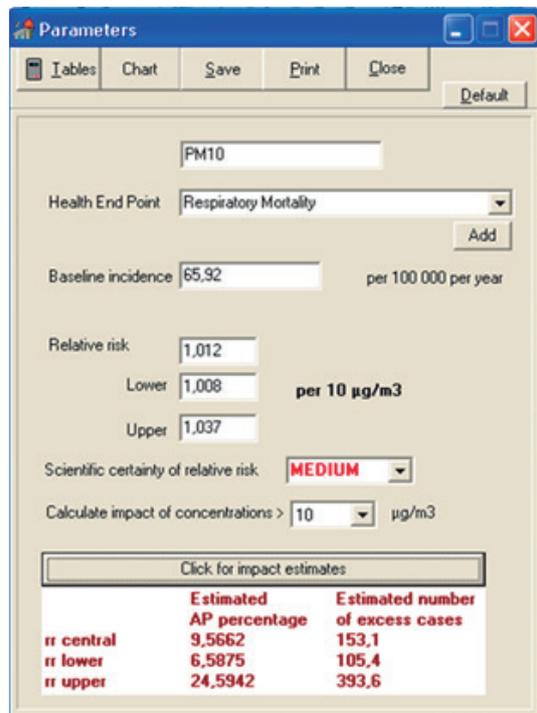
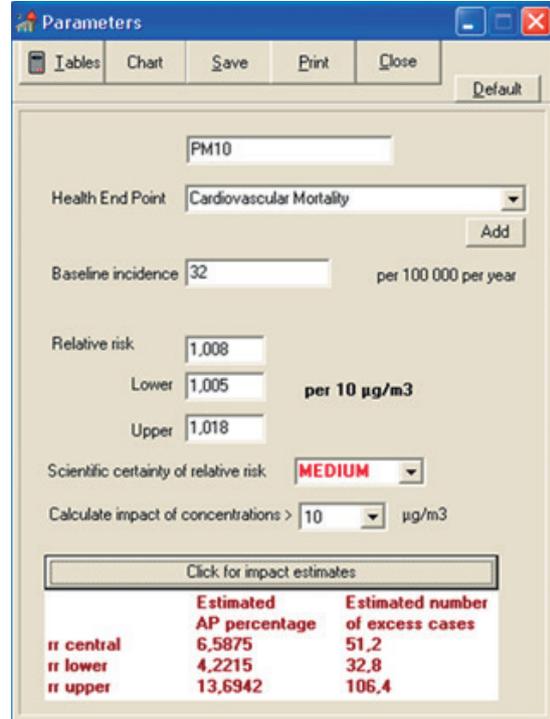
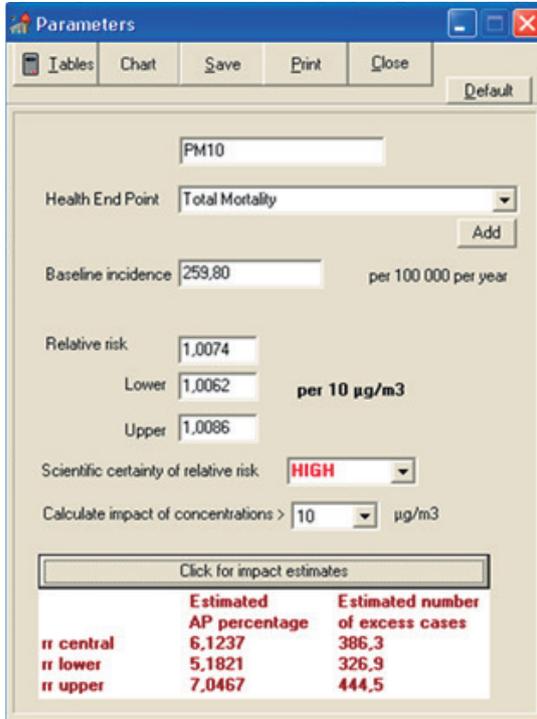
Para efectos ilustrativos se presenta a continuación la secuencia de la corrida del software AirQ y los resultados obtenidos para la zona de Lima Norte. En anexos se puede apreciar, lo correspondiente a las otras zonas y Lima Metropolitana.

3.8.1 Zona Lima Norte

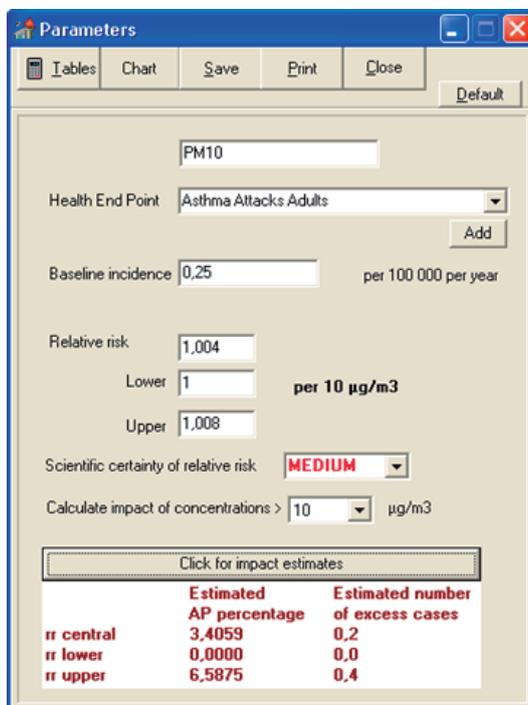
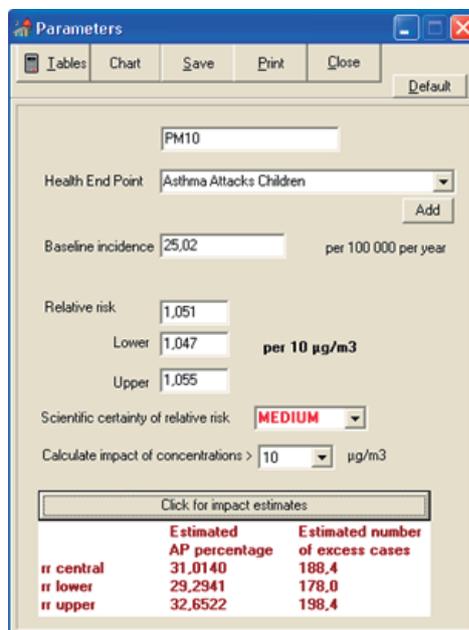
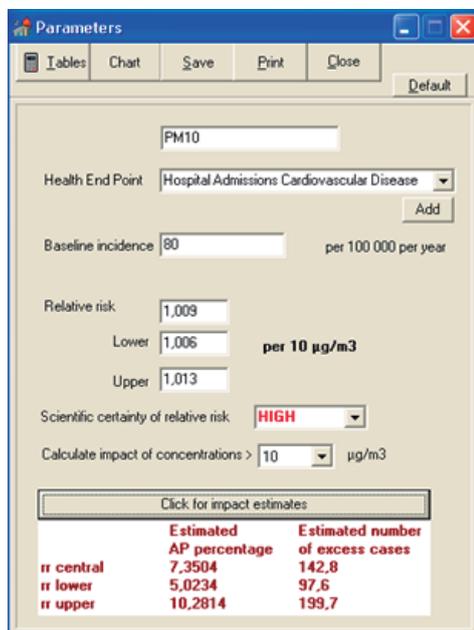
Gráficos N° 54: Ingreso al Software del AirQ 2.2.3



Gráficos N° 56: Impacto estimado (número de casos en exceso) Mortalidad (Total, Cardiovascular, Respiratoria) y Admisiones Hospitalarias Respiratorias



Gráficos Nº 57: Impacto estimado (número de casos en exceso) Admisiones Hospitalarias por enfermedades cardiovasculares y Asma en niños y adultos



La misma corrida se realizó para el escenario si los niveles de concentración de PM₁₀ no hubieran excedido el ECA y una tercera corrida si las concentraciones de PM₁₀ no exceden las Guías de la OMS.

Gráfico N° 58: Escenario, si las concentraciones de PM₁₀ no exceden el ECA

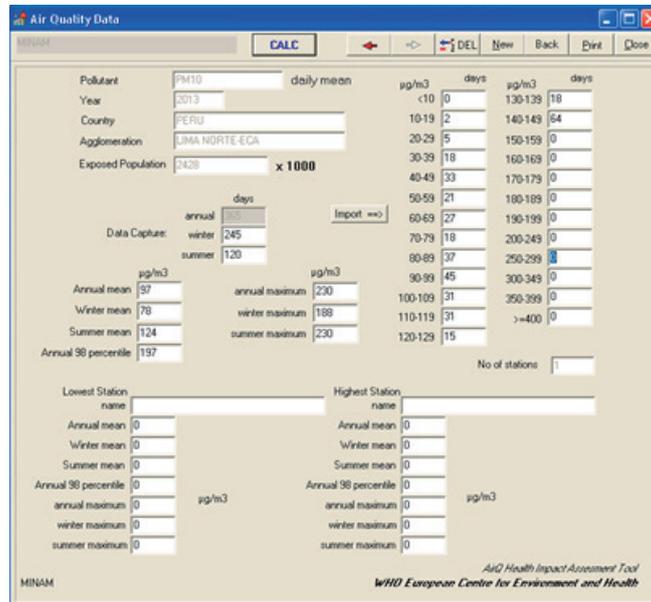
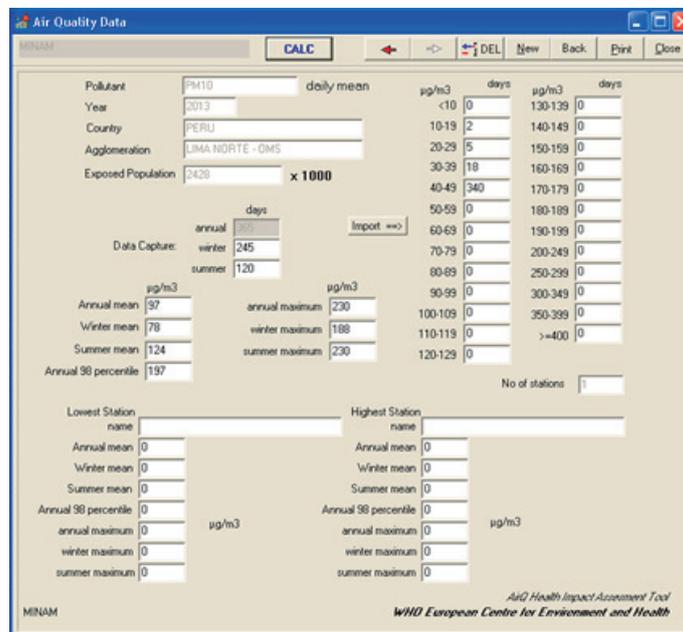


Gráfico N° 59: Escenario, si las concentraciones de PM₁₀ no exceden la Guía de la OMS



Asimismo, la herramienta permite visualizar gráficamente los tres niveles de riesgo, para cada uno de los indicadores de mortalidad y morbilidad analizados, como es el caso de mortalidad total que se ilustra en los siguientes gráficos:

Gráfico N° 60: Curvas de # Casos de mortalidad total atribuible al PM₁₀ para riesgos alto, medio y bajo- Lima Norte

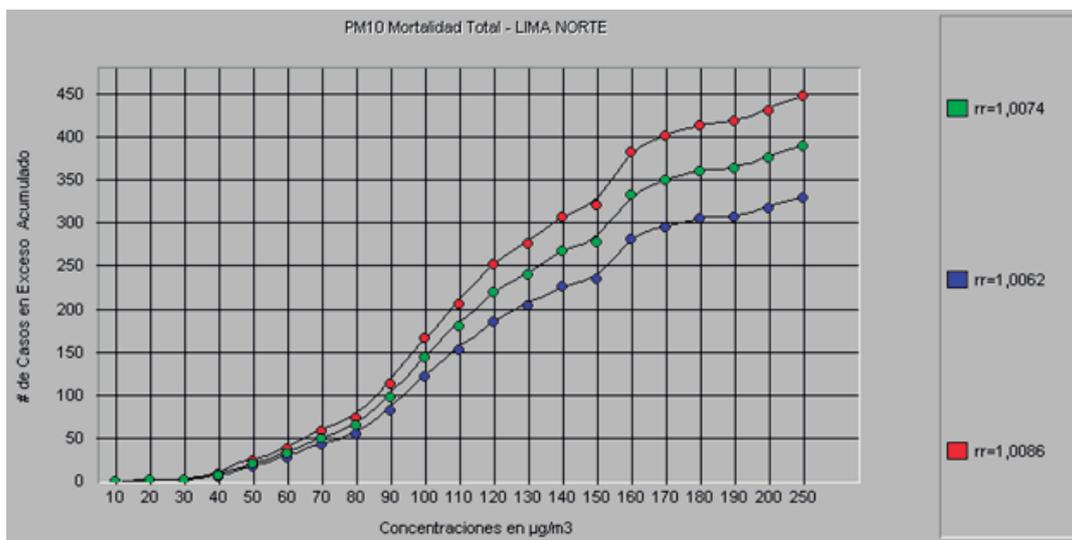
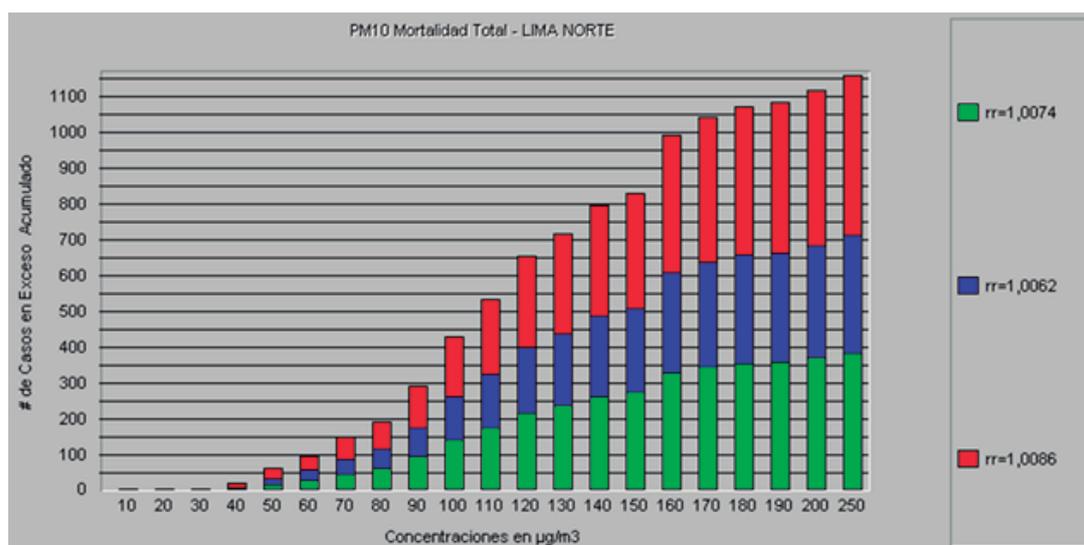


Gráfico N° 61: Barras de # de Casos de mortalidad total atribuible al PM₁₀ para riesgos alto, medio y bajo – Lima Norte



En la Tabla N° 50 se muestran los resultados de las corridas del programa AirQ para la zona Lima Norte que indica que el número de casos de mortalidad total atribuida al material particulado menor a 10 micras es de 445 (para la hipótesis de riesgo alto), 386 casos (riesgo medio) y 326 casos (riesgo bajo), con tasas de 18, 16 y 13 por 100 mil habitantes respectivamente.

Igualmente se estima que 106 casos de muerte por enfermedades cardiovasculares se pueden atribuir a la contaminación por PM₁₀ en una hipótesis de riesgo alto con una tasa de incidencia de 4; 51 casos para riesgo medio y 33 casos para riesgo bajo, con tasas de 2 y 1 respectivamente.

Para el caso de mortalidad por enfermedades respiratorias los resultados atribuyen 394 casos para un riesgo alto, 153 riesgo medio y 105 riesgo bajo, con tasas de incidencia de 16, 6 y 4 respectivamente.

Tabla N° 50
Número de casos de mortalidad atribuidos al PM₁₀ – LIMA NORTE

LIMA NORTE	MORTALIDAD		MORTALIDAD ATRIBUÍDA A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR PM ₁₀					
			ALTA		MEDIA		BAJA	
Mortalidad	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000
Total	6308	260	445	18	386	16	326	13
Cardiovascular	777	32	106	4	51	2	33	1
Respiratoria	1600	66	394	16	153	6	105	4
Población	2427936							

Para el caso de morbilidad, se muestra en la siguiente tabla, que para una hipótesis de riesgo alto, 799 casos de admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias se pueden atribuir a la contaminación por PM₁₀, 585 casos para riesgo medio y 361 casos para riesgo bajo, con tasas de 33, 24 y 15 respectivamente, en tanto que 200 casos de admisiones hospitalarias por enfermedades cardiovasculares son atribuidos en hipótesis de riesgo alto, 143 casos para riesgo medio y 98 para riesgo bajo. Asimismo, se atribuye 198 casos de admisiones hospitalarias por ataques de asma en niños para una hipótesis de riesgo alto, 188 para riesgo medio y 178 para riesgo bajo.

Tabla N° 51
Número de casos de admisiones hospitalarias atribuidos al PM₁₀ – LIMA NORTE

LIMA NORTE	MORBILIDAD		MORBILIDAD ATRIBUÍDA A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR PM ₁₀					
			ALTA		MEDIA		BAJA	
Admisiones	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000
Hospitalarias	8876	366	799	33	585	24	361	15
Respiratorias	8876	366	799	33	585	24	361	15
Cardiovasculares	1945	80	200	8	143	6	98	4
Ataques de asma en niños	607	25	198	8	188	8	178	7
Población	2427936							

En el Anexo Nº 10 se detallan los resultados de las estimaciones realizadas por el modelo para la Zona Lima Norte, así como todos los gráficos de curvas para cada situación evaluada (mortalidades y admisiones hospitalarias).

3.8.2 Zona Lima Sur

El resumen de los resultados de la aplicación del AirQ para Lima Sur se muestra en las tablas 52 y 53.

Tabla Nº 52
Número de casos de mortalidad atribuidos al PM₁₀ – LIMA SUR

LIMA SUR	MORTALIDAD		MORTALIDAD ATRIBUÍDA A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR PM ₁₀					
			ALTA		MEDIA		BAJA	
Mortalidad	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000
Total	4697	258	301	17	262	14	221	12
Cardiovascular	523	29	66	4	31	2	20	1
Respiratoria	1189	65	271	15	104	6	71	4
Población	1823427							

Tabla Nº 53
Número de casos de admisiones hospitalarias atribuidos al PM₁₀ – LIMA SUR

LIMA SUR	MORBILIDAD		MORBILIDAD ATRIBUÍDA A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR PM ₁₀					
			ALTA		MEDIA		BAJA	
Admisiones	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000
Hospitalarias	3401	187	279	15	204	11	126	7
Respiratorias	382	21	36	2	26	1	18	1
Cardiovasculares	430	24	131	7	124	7	117	6
Ataques de asma en niños								
Población	1823427							

En el Anexo Nº 11 se muestran los resultados de las estimaciones realizadas por el modelo para la Zona Lima Sur, así como todos los gráficos de curvas para cada situación evaluada (mortalidades y admisiones hospitalarias).

3.8.3 Zona Lima Este

De igual manera, las tablas 54 y 55 muestran los resultados del AirQ para la Lima Este

Tabla Nº 54
Número de casos de mortalidad atribuidos al PM₁₀ – LIMA ESTE

LIMA ESTE	MORTALIDAD		MORTALIDAD ATRIBUÍDA A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR PM ₁₀					
			ALTA		MEDIA		BAJA	
Mortalidad	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000
Total	6668	260	435	17	378	15	319	12
Cardiovascular	637	25	81	3	39	2	25	1
Respiratoria	1434	56	331	13	127	5	87	3
Población	2560122							

Tabla N° 55
Número de casos de admisiones hospitalarias atribuidos al PM₁₀ – LIMA ESTE

LIMA ESTE	MORBILIDAD		MORBILIDAD ATRIBUÍDA A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR PM ₁₀					
			ALTA		MEDIA		BAJA	
Admisiones	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000
Hospitalarias	10284	402	858	34	628	25	386	15
Respiratorias	1299	51	125	5	89	3	61	2
Cardiovasculares	926	36	286	11	271	11	256	10
Ataques de asma en niños								
Población	2560122							

En el Anexo N° 12 se aprecia las figuras que ilustran la aplicación del AirQ, los resultados, gráficos y resumen de las estimaciones realizadas por el modelo para la Zona Lima Este.

3.8.4 Zona Lima Centro

En las siguientes tablas 56 y 57 se muestra el consolidado de los resultados de la aplicación del modelo AirQ para la Zona Lima Centro.

Tabla N° 56
Número de casos de mortalidad atribuidos al PM₁₀ – LIMA CENTRO

LIMA CENTRO	MORTALIDAD		MORTALIDAD ATRIBUÍDA A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR PM ₁₀					
			ALTA		MEDIA		BAJA	
Mortalidad	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000
Total	11168	618	476	26	412	23	347	19
Cardiovascular	1906	106	162	9	76	4	48	3
Respiratoria	2779	154	447	25	162	9	110	6
Población	1805829							

Tabla N° 57
Número de casos de admisiones hospitalarias atribuidos al PM₁₀ – LIMA CENTRO

LIMA CENTRO	MORBILIDAD		MORBILIDAD ATRIBUÍDA A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR PM ₁₀					
			ALTA		MEDIA		BAJA	
Admisiones	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000
Hospitalarias	19142	1060	1049	58	761	42	464	26
Respiratorias	6092	337	384	21	271	15	183	10
Cardiovasculares	3278	182	726	40	684	38	641	35
Ataques de asma en niños								
Población	1805829							

En el Anexo N° 13 se muestra las figuras que muestran la aplicación del AirQ, los resultados, gráficos y resumen de las estimaciones realizadas por el modelo para la Zona Lima Centro.

3.8.5 Lima Metropolitana

Como se refirió anteriormente, además de correr el modelo para cada zona, se corrió para Lima Metropolitana en conjunto, considerando el promedio diario de las 9 estaciones de monitoreo y los datos de las estaciones de menor y mayor promedio anual, específicamente, el percentil 98 anual, los valores promedios de verano e invierno y sus respectivos valores máximos y mínimos, obteniéndose que para la hipótesis de riesgo alto, se atribuye 1408 casos de muerte ocurridos por la contaminación del aire por PM₁₀, 1220 casos para el riesgo medio y 1029 casos para riesgo bajo.

Asimismo, 373 casos de muertes por enfermedades cardiovasculares se atribuyen en una hipótesis de riesgo algo, 175 si es riesgo medio y 11 casos si es riesgo bajo. En tanto que 1266 casos de mortalidad por causas respiratorias se atribuyen en hipótesis de riesgo alto, 468 riesgo medio y 319 si el riesgo es bajo. En la tabla siguiente se muestra las tasas de incidencia para cada situación.

Tabla N° 58
Número de casos de mortalidad atribuidos al PM₁₀ – LIMA METROPOLITANA

LIMA METROPOLITANA	MORTALIDAD		MORTALIDAD ATRIBUÍDA A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR PM ₁₀					
			ALTA		MEDIA		BAJA	
Mortalidad	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000
Total	28841	335	1408	16	1220	14	1029	12
Cardiovascular	3843	45	373	4	175	2	111	1
Respiratoria	7002	81	1266	15	468	5	319	4
Población	8617314							

En la tabla que sigue se aprecia los casos de morbilidad atribuida al PM₁₀, para Lima Metropolitana, así se atribuye 2612 casos de admisiones hospitalarias por causas respiratorias en hipótesis de riesgo alto, 1900 casos para riesgo medio y 1161 para riesgo bajo.

Respecto de las admisiones por enfermedades cardiovasculares se atribuye 670 casos si el riesgo es alto, 495 para riesgo relativo medio y 363 para riesgo bajo. En cuanto a los casos de ingresos hospitalarios por ataques de asma en niños, el modelo estima que 1294 casos con un riesgo relativo alto se atribuye al PM₁₀, 1222 si el riesgo es medio y 1147 casos si el riesgo relativo es bajo.

Tabla N° 59: Número de casos de morbilidad atribuidos al
PM₁₀ – LIMA METROPOLITANA

LIMA METROPOLITANA	MORBILIDAD		MORBILIDAD ATRIBUÍDA A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR PM ₁₀					
			ALTA		MEDIA		BAJA	
Admisiones	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000	# Casos	TI x 100000
Hospitalarias								
Respiratorias	41703	484	2612	30	1900	22	1161	13
Cardiovasculares	9718	113	670	8	495	6	336	4
Ataques de asma en niños	5237	61	1294	15	1222	14	1147	13
Población	8617314							

3.8.6 Análisis de los resultados de mortalidad atribuible al PM₁₀

En las siguientes tablas se muestra de manera comparativa para cada zona, los casos de mortalidad total, por causas respiratorias y por causas cardiovasculares atribuibles al material particulado menor a 10 micras para los escenarios de riesgo alto, riesgo medio y riesgo bajo, corridos en el modelo AirQ para cada zona y para Lima Metropolitana en conjunto. Se aprecia asimismo, las tasas de incidencia por cada 100 mil habitantes, que permite comparar las zonas.

Tabla N° 60
MORTALIDAD ATRIBUIBLE A MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ ESCENARIO DE RIESGO ALTO

	TOTAL	Tlx10000	RESPIRATORIA	Tlx10000	CARDIOVASCULAR	Tlx10000	POBLACIÓN
LIMA CENTRO	476	26	447	25	162	9	1805829
LIMA NORTE	445	18	394	16	106	4	2427936
LIMA ESTE	435	17	331	13	81	3	2560122
LIMA SUR	301	17	271	15	66	4	1823427
LIMA METROPOLITANA	1408	16	1266	15	373	4	8617314
Lima Metropolitana (suma)	1657		1443		415		

Tabla N° 61
MORTALIDAD ATRIBUIBLE A MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ ESCENARIO DE RIESGO MEDIO

	TOTAL	Tlx10000	RESPIRATORIA	Tlx10000	CARDIOVASCULAR	Tlx10000	POBLACIÓN
LIMA CENTRO	412	23	162	9	76	4	1805829
LIMA NORTE	386	16	153	6	51	2	2427936
LIMA ESTE	378	15	127	5	39	2	2560122
LIMA SUR	262	14	104	6	31	2	1823427
LIMA METROPOLITANA	1220	14	468	5	175	2	8617314
Lima Metropolitana (suma)	1438		546		197		

Tabla N° 62
MORTALIDAD ATRIBUIBLE A MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ ESCENARIO DE RIESGO BAJO

	TOTAL	Tlx10000	RESPIRATORIA	Tlx10000	CARDIOVASCULAR	Tlx10000	POBLACIÓN
LIMA CENTRO	347	19	110	6	48	3	1805829
LIMA NORTE	326	13	105	4	33	1	2427936
LIMA ESTE	319	12	87	3	25	1	2560122
LIMA SUR	221	12	71	4	20	1	1823427
LIMA METROPOLITANA	1029	12	319	4	111	1	8617314
Lima Metropolitana (suma)	1213		373		126		

Como se observa en las tres tablas, el mayor número de casos bajo los tres niveles de riesgo relativo se presenta en Lima Centro, no obstante de tener menor población que las zonas Este, Norte y Sur. Esto se da en razón del mayor número de centros de salud se ubican en los distritos que conforman esta zona. Correr el modelo para Lima Metropolitana en conjunto, elimina el sesgo por esta razón, toda vez que los resultados de la vigilancia de la calidad del aire para Lima Centro muestran que en el año de estudio (2013), no se sobrepasó el Estándar de Calidad Ambiental para PM₁₀.

Para el caso de mortalidad total se observa que el mayor número de casos se atribuyen para Lima Centro, seguido de Lima Norte, Lima Este y finalmente Lima Sur, para los tres tipos de riesgo relativo. Similar tendencia se aprecia en los casos de mortalidad por causas respiratorias y por causas cardiovasculares.

Se debe señalar asimismo, si se comparan las tasas de incidencia para el escenario de riesgo relativo alto para la mortalidad total (LC 26,

LN 18, LE 17, LS 17), se aprecia que Lima Centro tiene siempre los valores más altos, seguidos de Lima Norte y Lima Este y Sur, ello no obstante los diferentes tamaños poblacionales de cada zona.

3.8.7 Análisis de los resultados de morbilidad atribuible al PM10

Al observar las tablas siguientes (63, 64 y 65), se aprecia la misma tendencia que para los casos de mortalidad, ya que a Lima Centro se atribuye el mayor número de casos tanto de admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias, como cardiovasculares y ataques de asma en niños, bajo los tres escenarios de riesgo relativo, alto, medio y bajo.

Asimismo, se tiene de modo similar que luego de Lima Centro, Lima Norte tiene mayor número de casos, seguido de Lima Este y finalmente Lima Sur, semejante tendencia se observa para los tres tipos de riesgo. Del mismo, si se comparan las tasas de incidencia, las tendencias son las mismas con excepción de la tasa de incidencia de Lima Este

Tabla N° 63
ADMISIONES HOSPITALARIAS ATRIBUIBLES A MATERIAL PARTICULADO PM10 ESCENARIO DE RIESGO ALTO

	ENFERMEADES RESPIRATORIAS	Tlx10000	ENFERMEADES CARDIOVASCULARES	Tlx10000	ATAQUES DE ASMA EN NIÑOS	Tlx10000	POBLACIÓN
LIMA CENTRO	1049	58	384	21	726	40	1805829
LIMA NORTE	799	33	200	8	198	8	2427936
LIMA ESTE	858	34	125	5	286	11	2560122
LIMA SUR	279	15	36	2	131	7	1823427
LIMA METROPOLITANA	2612	30	670	8	1294	15	8617314
Lima Metropolitana (suma)	2985		745		1341		

Tabla N° 64
ADMISIONES HOSPITALARIAS ATRIBUIBLES A MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ ESCENARIO DE RIESGO MEDIO

	ENFERMEADES RESPIRATORIAS	Tlx10000	ENFERMEADES CARDIOVASCULARES	Tlx10000	ATAQUES DE ASMA EN NIÑOS	Tlx10000	POBLACIÓN
LIMA CENTRO	761	42	271	15	684	38	1805829
LIMA NORTE	585	24	143	6	188	8	2427936
LIMA ESTE	628	25	89	3	271	11	2560122
LIMA SUR	204	11	26	1	124	7	1823427
LIMA METROPOLITANA	1900	22	495	6	1222	14	8617314
Lima Metropolitana (suma)	2178		529		1267		

Tabla N° 65
ADMISIONES HOSPITALARIAS ATRIBUIBLES A MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ ESCENARIO DE RIESGO BAJO

	ENFERMEDADES RESPIRATORIAS	Tlx10000	ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES	Tlx10000	ATAQUES DE ASMA EN NIÑOS	Tlx10000	POBLACIÓN
LIMA CENTRO	464	26	183	10	641	35	1805829
LIMA NORTE	361	15	98	4	178	7	2427936
LIMA ESTE	386	15	61	2	256	10	2560122
LIMA SUR	126	7	18	1	117	6	1823427
LIMA METROPOLITANA	1161	13	336	4	1147	13	8617314
Lima Metropolitana (suma)	1337		360		1192		

VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS IMPACTOS EN LA SALUD POR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE CON MATERIAL PARTICULADO PM_{10} EN LIMA METROPOLITANA

4.1 ESTUDIOS REALIZADOS EN EL PAÍS

Revisando la bibliografía nacional publicada sobre la valoración económica de la contaminación del aire por PM_{10} se ha encontrado los siguientes estudios:

Sistematización de Estudios sobre Costos de los Impactos e la Contaminación del Aire. Aída Figari y George Simons de Klepel Consulting SAC – Enero 2008. Informe elaborado para el Viceministerio de Gestión Ambiental - MINAM.

En el informe se realiza la sistematización de información existente en el país sobre valoración económica del costo del impacto y la contaminación del aire como argumento para sustentar el pre dictamen de la Ley de Aire Limpio. Se basa en revisiones bibliográficas y entrevistas realizadas. En total sintetiza 10 documentos de los cuales, 4 son informes, hay 1 presentación, 3 tesis, 1 artículo académico y 1 Plan de Acción. En la tabla N° 66 se presenta un cuadro resumen de los estudios sistematizados en este informe.

De todos los estudios referidos en la sistematización, los referidos expresamente a la contaminación del aire por PM_{10} para Lima Metropolitana son básicamente dos informes, el del CONAM (2) y el de CEPIS. (4)

Estimación de la Valoración Económica de los impactos de la contaminación atmosférica por PTS y PM_{10} de Lima Metropolitana-2004, elaborado para el CONAM por Eco. Ana María González del Valle

El objetivo del estudio fue estimar la Valoración de riesgo atribuible a Partículas Totales en Suspensión –PTS- y Material Particulado menor a 10 micras - PM_{10} - producto de la contaminación exterior, en particular los impactos en mortalidad y morbilidad cardiovascular y respiratoria para el ámbito de Lima y Callao año 2000.

El estudio utilizó el software AirQ en su versión AirQ 2.2.3- Air Quality Health Impact Assessment (www.euro.who.int/eprise/main/WHO/Progs/AIQ/activities/2005223_5) OMS-2004, para estimar el Impacto en la Salud por el Método de Riesgo Atribuible obteniendo para el año 2000, la hipótesis media, 1,558 muertes atribuibles a PTS y 1,895 por PM_{10}

En cuanto a admisiones hospitalarias, para la hipótesis media son atribuibles a PM_{10} 1162 admisiones hospitalarias respiratorias y 670 para cardiovasculares.

Para monetizar los efectos de mortalidad atribuibles a la contaminación se usa el Método de la función del daño: capital humano, transfiriendo valores de USEPA se obtiene para la hipótesis media por PTS y

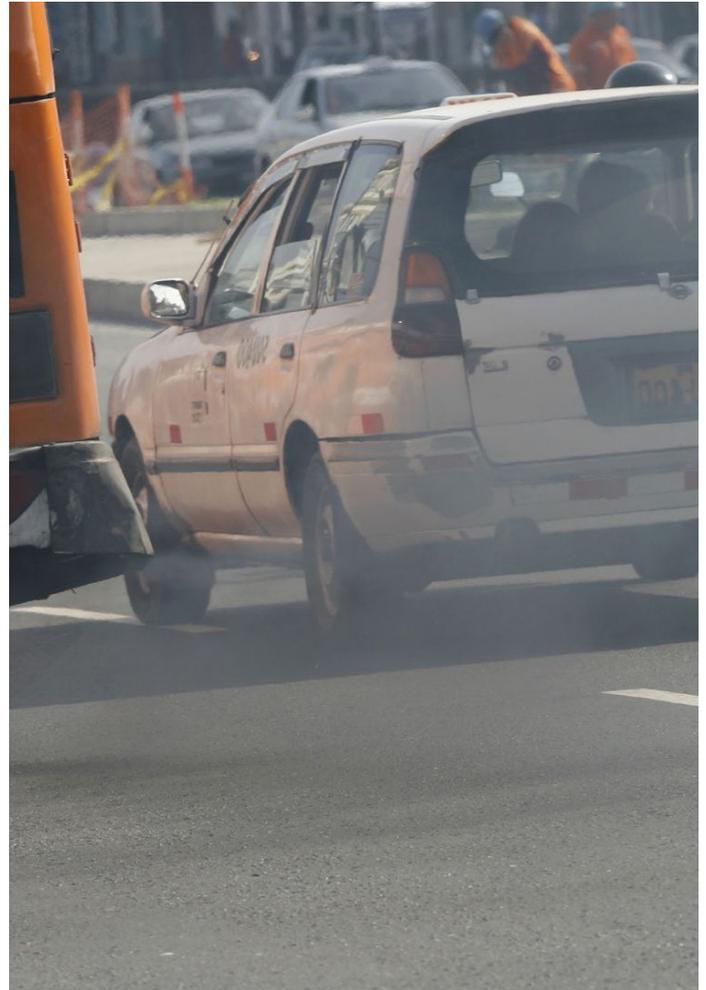
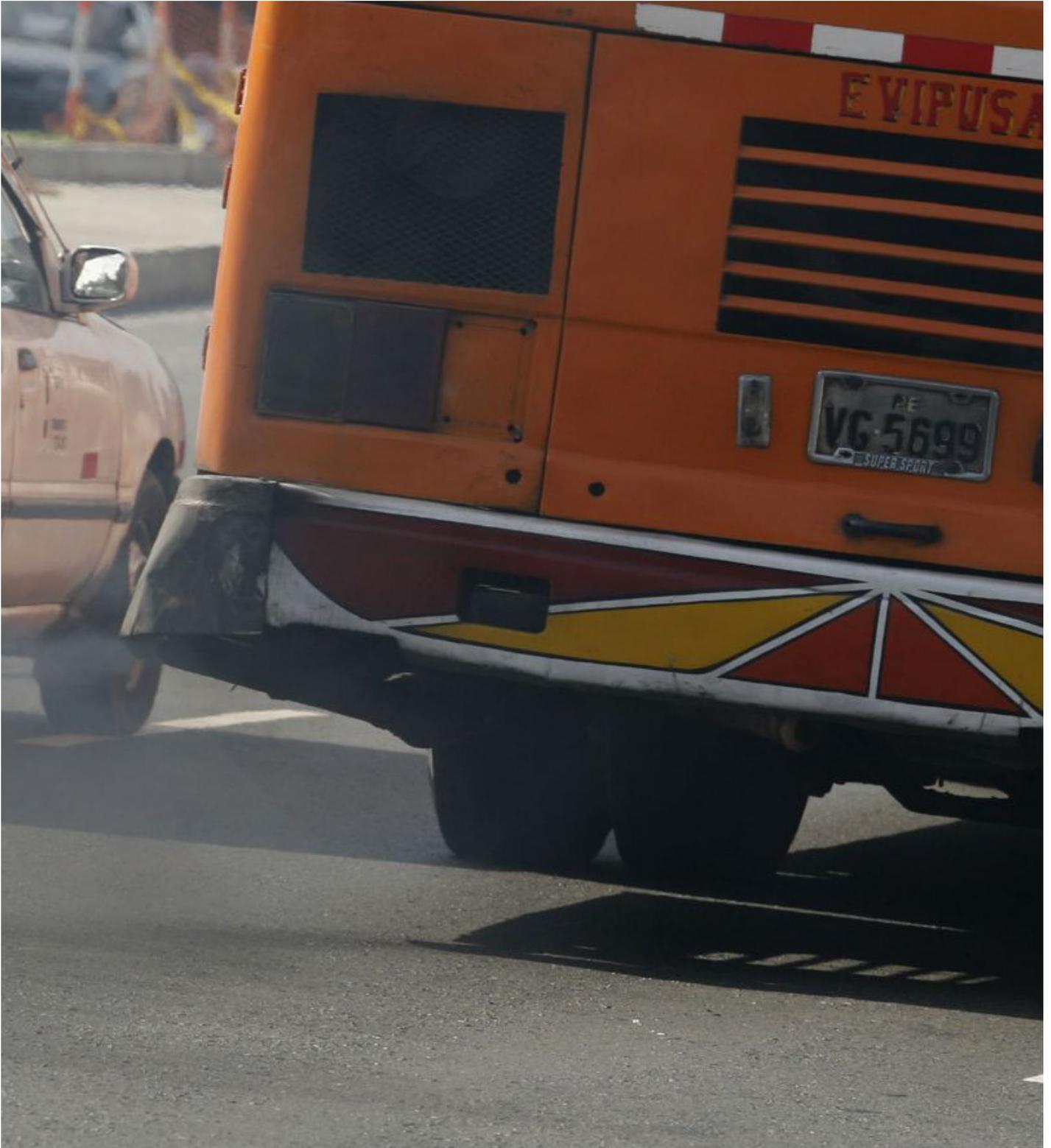


Tabla: N° 66: Resumen de Documento Sistematización de Estudios de Costos de Impactos de la contaminación del Aire.

Autor / Año	Nombre	Ámbito de referencia	Parámetros evaluados	Costos / Beneficios
1. Banco Mundial 2006	Sostenibilidad Ambiental. Clave para Reducción de la pobreza en el Perú	Nacional Perú	Valoración de Contaminación aire exteriores, interior, saneamiento, suelos, deforestación, residuos sólidos.	Daños causados por degradación ambiental 8,200 millones de Soles; de ellos el Costo contaminación aire exteriores es 1,800 Millones de soles
2. CONAM 2004	Estimación de la Valoración Económica de los impactos de la contaminación atmosférica por PTS y PM10 de Limas Metropolitana	Lima Metropolitana	Valoración de riesgo atribuible a PTS y PM ₁₀ – contaminación exteriores impactos en mortalidad y morbilidad cardiovascular y respiratoria	Impacto atribuible a contaminación PM ₁₀ \$166 millones de dólares (t.c. 3,490) equivale a 580 millones de soles
3. Copenhagen Consensus Center 2008	Copenhagen Consensus 2008 Challenge Paper: Air Pollution	África, Asia, Latinoamérica (Colombia y Perú.)	Costo Beneficio de implementar medidas para reducir contaminación de interiores (cocina mejoradas, cambio combustible) y exteriores (disminución azufre en diesel, buses a gas natural, inspección y mantenimiento de vehículos diesel, control de partículas).	Beneficio costo de medidas: control emisión partículas en buses 2,9-5,7 inspección y mantenimiento vehicular 5,4 reducción de azufre en diesel 1,3 – 1,9 buses a gas natural menor a 1
4. CEPIS 2002	Guía para la valuación económica de los beneficios en la salud por la reducción de la contaminación de aire en exteriores, Estudio de Caso Lima-Perú.	Lima Metropolitana	Impactos en salud evitado 2002-2010 para contaminación por PM ₁₀ y estimación del valor. Método costo de enfermedad y Capital humano	10% de reducción de contaminación de PM ₁₀ entre 2002 y 2010 generaría beneficio por \$270 millones de dólares y alcanzar el ECA generaría \$1,570 millones
5. Bjorn Larsen y Elena Strukova 2005	Peru: Cost of Environmental Damage	Nacional Perú	Costos de degradación ambiental por diversos factores, entre ellos contaminación del aire en exteriores (mortalidad y morbilidad asociadas)	Desagregan los 1,800 millones de soles en 1,100 por mortalidad cardiovascular y cáncer al pulmón y 700 por morbilidad cardiorespiratoria
5. BID 2004	Valoración económica y ambiental Aplicada a casos del Manejo de la Calidad del Aire y control de la contaminación. Informe para el dialogo regional de política del BID	Santiago de Chile, México, Sao Paulo	Valoración de beneficios e impactos de Calidad del aire	México: Beneficios por reducir PM ₁₀ varían de 1,500 mill. Dólares (DAP) a 158 (Costo enfermedad) Brasil: Beneficios 2,800 mill dólares
7. Collazos Cerrón, Jesús Nemesio 1997	Tesis UNALM "Valoración Preliminar del impacto por contaminación Ambiental en Lima Metropolitana	Lima Metropolitana	Aproximación metodológica, cifras hipotéticas	
8. Romani Lverde, Oscar Enrique	Tesis UNALM "Valoración Económica y Lineamientos para reducir la contaminación generada por vehículos	Lima y Callao	Monografía, establece costos de Mitigación para reducir contaminación del aire por vehículos, inversión requerida	
9. Zapata Robles, Katia 2003	Aproximación al valor económico de la contaminación atmosférica en el centro histórico de Lima	Centro Histórico Lima	Valoración contingente, Disposición a pagar por disminuir en 50% contaminación del aire que los afecta	
10. Comité de Gestión Iniciativa Aire Limpio Lima y Callao/ 2004	Pan Integral de Saneamiento Atmosférico para Lima – Callao PISA L-C 2005-2010	Lima y Callao	Establece 19 medidas de las cuales 4 Evalúa Costo Efectividad	



Impacto Económico en la salud por contaminación del aire en Lima Metropolitana. Juan José Miranda. Instituto de Estudios Peruanos – CIES - Setiembre, 2006

Este estudio está referido sólo a evaluar el impacto por PM_{10} en Lima Metropolitana (incluye el Callao) y utiliza la metodología “integrated assessment”. Para estimar las relaciones entre el contaminante y la salud de las personas utiliza las funciones dosis–respuesta con estimados realizados en otros países, lo cual como lo reconoce el mismo autor

tiene limitaciones porque asume una relación lineal entre el contaminante y el efecto en la salud, lo que implica que no importa el nivel del contaminante. Además las funciones dosis–respuesta han sido estimadas para otros medios y poblaciones lo que supone que se está asumiendo condiciones semejantes en el estado general de salud de la población, hábitos alimenticios de la población, el tiempo que se pasa al aire libre y la composición química de los contaminantes. A continuación los datos asumidos por el autor:

Efectos en la salud humana consideradas en el estudio

Características	Valor Medio Coeficiente Dosis - Respuesta	Fuente
1) Mortalidad	0.100000	Ostro et al (1996)
2) Morbilidad		
a) Cambio en Admisiones Hospitalarias por Enfermedades Respiratorias	0.000673	Bumett et al (1995)
b) Cambio en Admisiones Hospitalarias por Enfermedades Cardiovasculares	0.000640	Bumett et al (1995)
c) Visitas Netas a Sala de Emergencia por Enfermedades Respiratorias	---- *	Sánchez et al (1997)
d) Días de Actividad Restringida	0.016800	Ostro (1990)
e) Enfermedades Respiratorias bajas en Niños (Bronquitis y Tos)	0.001100	Dockery (1996)
f) Bronquitis Crónica	0.000061	Abbey et al (1993)
g) Síntomas respiratorios Agudos	0.169700	Krupnick et al. (1990)
h) Ataques de Asma	0.058400	Ostro et al. (1991). Whittemore and Korn (1980)

* Sánchez, et al (1997), no utilizan una función dosis–respuesta directamente. Trabajan con una relación existente entre el Total de Visitas a Sala de Emergencia y el Total de Admisiones Hospitalarias el cual muestra que las visitas a Sala de Emergencia equivalen a 6 veces las Admisiones Hospitalarias.
Fuente: Sánchez et al (1997).

¹⁵ Se decidió trabajar con la selección realizada por Sánchez et al (1997) debido a que estos autores realizaron un selección detallada de las investigaciones epidemiológicas publicadas en revistas científicas y que sean sólidos metodológicamente, pero, más aún, que muestren una relación estadísticamente significativa entre el contaminante y el efecto en la salud.

Estima cual sería el impacto evitado si se lograra alcanzar el ECA nacional, en términos de mortalidad, se evitarían 2,112 casos (con un mínimo de 1,825 casos y con un máximo de 7 097 casos). De esta manera obtiene el costo estimado, a través de la metodología “integrated assessment”, para el año 2005 asciende a US\$ 329 millones de dólares (según el escenario medio) que representa el 0,4% del PBI nacional, pero si se compara con el PBI de Lima, este porcentaje se duplica al 0,8%.

Más aún si se asume que en términos de política ambiental no se realiza nada durante los siguientes diez años –lo que implica mantener los mismos niveles de contaminación que el año base–, entonces, el costo social en valor presente representa el 3,5% del PBI nacional y el 7,4% respecto del PBI de Lima. También estima cual sería el impacto evitado si se lograra alcanzar el ECA nacional, en términos de mortalidad, se evitarían 2 112 casos (con un mínimo de 1 825 casos y con un máximo de 7 097 casos).

Documento de trabajo N° 345: Calidad del aire y gasto de bolsillo en salud en Lima Metropolitana: una aproximación a los modelos de producción de salud. Samuel d. Jaramillo de Souza. Noviembre, 2012.

Departamento de Economía – PUCP

El autor presenta las opciones metodológicas disponibles para valorar el efecto sobre la salud de un cambio en la calidad ambiental. Entre ellos, la evaluación del costo de la enfermedad por medio de la estimación de funciones de dosis–respuesta. Dicho enfoque busca cuantificar el costo monetario total que acarrea a la persona y a la sociedad una pérdida temporal de salud por efecto de la degradación ambiental.

Otra opción es el método de la función de producción de salud que permite estimar el gasto óptimo en cuidados médicos y el patrón de variación de este gasto frente a alteraciones en variables relevantes como los niveles de contaminación ambiental. La principal ventaja de este método frente al cálculo del costo de la enfermedad estriba en su capacidad para permitirle elegir a la persona —dada la restricción de su conjunto presupuestario— el nivel de salud que desea alcanzar y el gasto médico asociado con este.

Informe: “Incluyendo el agotamiento de los recursos naturales en las

cuentas nacionales: evidencia peruana en el período 1994-2011”, financiado por el Fondo de Estados y Consultorías Belga Peruano y operado por el CIES, a solicitud de la UNALM. El costo de la contaminación del aire por PM₁₀ en el departamento de Lima: un análisis exploratorio. Flor Rivera.

El objetivo del estudio es aportar a la literatura económica estimando el costo de la contaminación ambiental en el aire (CCA) que afectó a la salud de la población de Lima Metropolitana durante el período 1994-2011. Dadas las limitaciones de información, se efectuó este cálculo a manera exploratoria sólo para el PM₁₀.

Considera funciones dosis respuesta asociados a la concentración de PM₁₀ por tipos de efectos en la salud humana tomando como referencia Estudios de Sánchez (1997), Kroger (2002) y Ostro (2004), las funciones consideradas son las siguientes:

- Cambio en admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias
- Cambio en admisiones hospitalarias por enfermedades cardiovasculares
- Días de actividad restringida
- Enfermedades respiratorias bajas en niños (bronquitis)
- Bronquitis crónica
- Síntomas respiratorios agudos
- Ataque de asma

Asimismo considera el ratio de Costo Anual por Morbilidad (CTMB)/ Costo Anual por Mortalidad (CTMt) asociado a PM₁₀ para el escenario Alto (6,816), Medio (8,036) y Bajo (6,286) tomado de Miranda (2006).

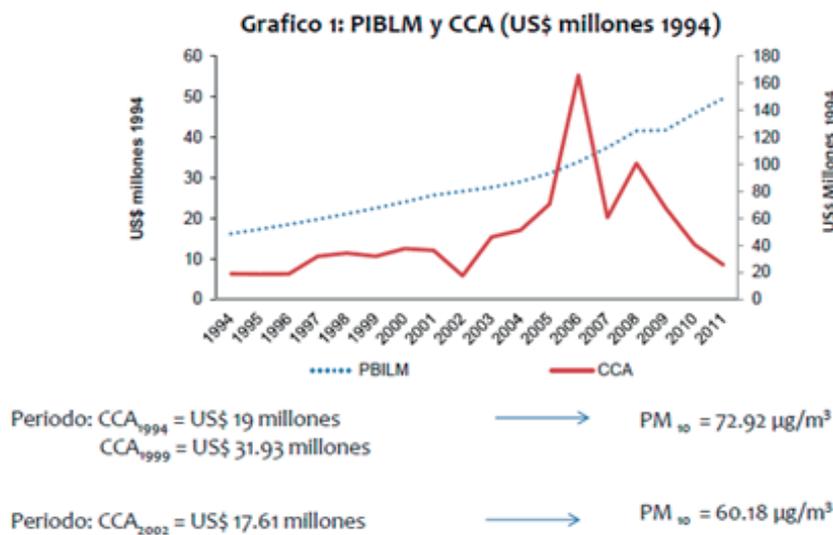
Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente gráfico donde se calcula el costo de la contaminación asociada a PM₁₀ y el PBI de Lima Metropolitana.

Asimismo realiza un análisis comparativo entre el costo ambiental y las características del parque automotor, vehículos, nuevos, usados y el ingreso de vehículos nuevos, concluyendo que entre el 2011 y el 2040 el deterioro de la calidad ambiental vinculado al PM₁₀ aumentará levemente en tanto la importación de vehículos nuevos aumente.

4.2 METODOLOGÍAS PARA LA VALORACIÓN ECONÓMICA DEL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

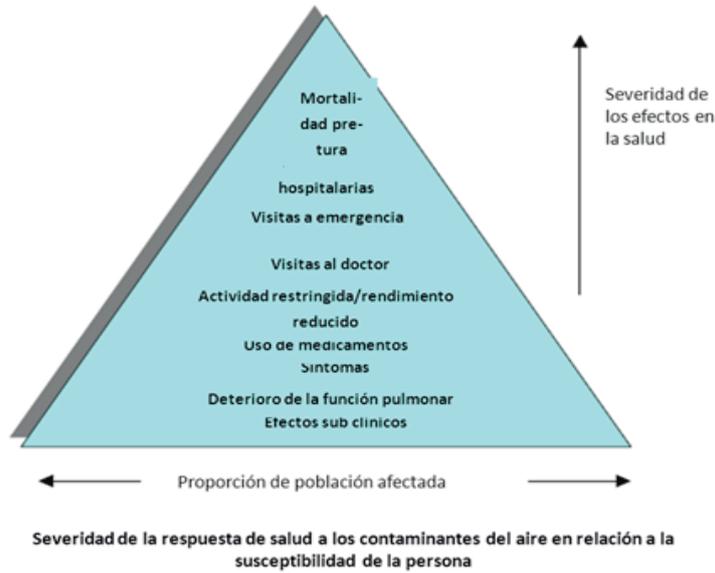
Como ya se ha señalado en el Capítulo I: Impactos en la salud por la contaminación del aire con Material Particulado, la exposición a la contaminación del aire exterior está asociada a un amplio espectro de efectos en la salud crónicos y agudos que van desde los efectos irritantes hasta la muerte. De acuerdo a la definición de la OMS de salud, todos estos efectos son potencialmente relevantes para la evaluación del impacto en la salud.

Recientemente, un comité de la Sociedad Torácica Americana ha identificado una amplia gama de efectos respiratorios sobre la salud asociados con la contaminación del aire que deben ser considerados “adversos”, que abarca los efectos desde la muerte por enfermedades respiratorias a una menor calidad de vida, y que incluye algunos cambios irreversibles en la función fisiológica⁸³. En general, la frecuencia de ocurrencia del efecto de salud está inversamente relacionada con su severidad, tal como se aprecia en el gráfico N° 62.



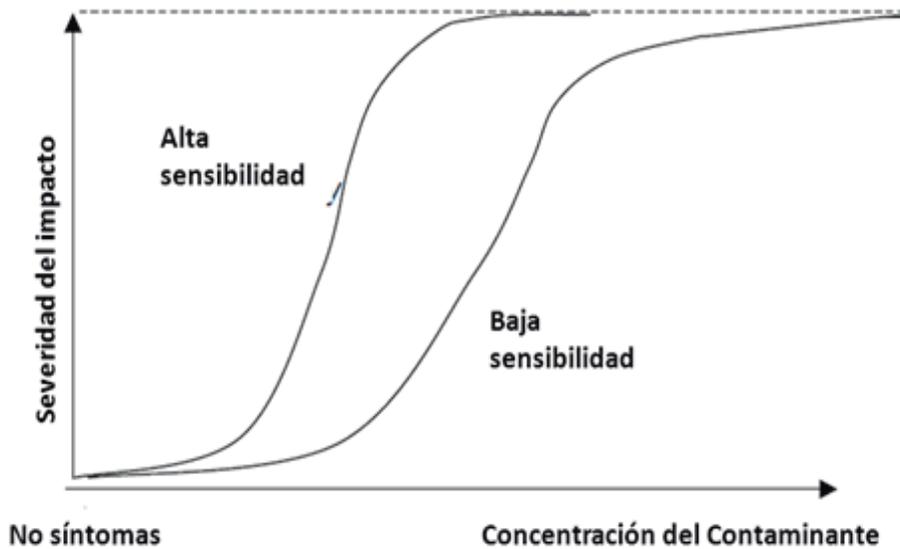
⁸³WHO.European Centre for Environment and Health.Quantification of the Health Effects of Exposure to Air Pollution.Report of a WHO WorkingGroup. Netherlands. 2000

Gráfico N° 62
Piramide de los efectos en la salud por la contaminación del aire



Para realizar una evaluación de los impactos en la salud y su valoración económica, es necesario tener todas estas consideraciones, así como la sensibilidad de un individuo a la exposición de contaminantes, la cual se verá incrementada por la exposición a un determinado contaminante, es decir habrá una respuesta como por ejemplo, el ingreso de los asmáticos al hospital, cuando hay mayor concentración de material particulado en el ambiente, ya que éstos son más sensibles que la población no asmática, esto se aprecia en el gráfico siguiente:

Gráfico N° 63: Severidad del impacto en la salud a la contaminación del aire en relación a la sensibilidad de la persona



El Modelo AirQ como ya se ha descrito en el acápite 3.1, ha incluido estas consideraciones como se pueden ver en los parámetros de ingreso para su funcionamiento que incluyen no sólo los niveles de concentración del aire por intervalos de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM, mínimos y máximos en dos estaciones climáticas (verano e invierno), sino los grupos etarios y grupos sensibles como son los asmáticos.

Cuando se quiere valorizar el impacto de la contaminación en la salud, la gran dificultad consiste en cómo estimar la curva de daños. Para el caso del estudio esto se ha superado aplicando la metodología de riesgo atribuible, donde se ha logrado tener resultados de mortalidad y admisiones hospitalarias atribuibles a PM_{10} , usando el Modelo AirQ.

La disminución en la calidad del aire produce varios impactos sobre la salud, como se ha detallado en los capítulos precedentes, algunos de corto plazo, otros de mayor alcance y por último, un incremento en el riesgo de muerte prematura. La población percibe sólo algunos de estos efectos de manera inmediata y los vincula con la calidad del aire; sin embargo, difícilmente puede relacionar con enfermedades cardiovasculares, o enfermedades respiratorias crónicas y particularmente con la disminución en la expectativa de vida con la calidad del aire.

La mala calidad del aire produce también, efectos negativos sobre la visibilidad y/o por suciedad acumulada sobre las fachadas de los edificios y la consiguiente sensación de un ambiente degradado.

Desde el punto de vista productivo, la calidad del aire afecta el rendimiento de ciertas cosechas, aumenta la frecuencia con que deben limpiarse los frentes de los edificios, impacta en el mantenimiento de ciertas obras civiles y degrada sitios turísticos.

Todos estos efectos implican importantes pérdidas económicas que suelen ser ignoradas en las transacciones de mercado y en los sistemas de cuentas nacionales.

Para algunos tipos de daños es relativamente menos complejo estimar los daños marginales. Por ejemplo, es posible determinar cómo un cambio de la cantidad de contaminación afecta el rendimiento de las cosechas. En este caso particular, el impacto físico estaría dado por la cantidad de producto que se deja de obtener. En ambos casos, la monetización de estos impactos es inmediata: basta con saber el precio de mercado para calcular la pérdida económica. En otros casos, sin embargo, es más complejo el calcular los daños marginales, específicamente los daños de salud.

Ahora se enfrenta el tema de cómo valorar ese riesgo a la salud atribuido a la contaminación ambiental, y para esto queda claro que no existe un mercado donde los individuos puedan transar calidad ambiental. Por esto, es necesario recurrir a métodos de valoración, los cuales pueden ser directos e indirectos.

Métodos directos

Un método cada vez más utilizado, es el método de la disposición al pago o DAP (Willingness to Pay, WTP, en inglés), considera la máxima cantidad de dinero que las personas están dispuestas a pagar por disminuir el riesgo de muerte o la probabilidad de sufrir un evento que afecta a su salud.

Para calcular la DAP de las personas por una mejor calidad del aire a partir del comportamiento de los individuos en mercados reales o simulados se utilizan precios hedónicos referidos a preferencias reveladas y la valoración contingente referida a preferencias declaradas. Este último es el más usado, para tal fin se requiere realizar una encuesta donde se les pregunta directamente a las personas por su disposición a pagar para una mejor calidad del aire. La DAP considera la máxima cantidad de dinero que las personas están dispuestas a pagar por disminuir el riesgo de muerte o la probabilidad de sufrir un evento que afecte su salud. Por lo tanto al reducir la muerte prematura no se valora lo que se deja de producir, sino el valor que las personas le asignan a la reducción de sus probabilidades de muerte. Los economistas recurren frecuentemente a técnicas de pseudo-mercados hipotéticos en los que se trata de inferir el precio que las personas pagarían por un menor riesgo de muerte.

Métodos indirectos

Que usan modelos para evaluar los daños de la contaminación y su monetización, el más usado es el Método de la Función de Daño, que consiste en el uso de secuencias de modelos para determinar los impactos físicos de la contaminación, y en modelos económicos para valorar estos impactos. Por un lado, se recurre a modelos epidemiológicos o físicos para determinar el efecto que un cambio en la concentración de contaminantes tiene sobre la salud de las personas, la visibilidad, el daño a materiales y la vegetación. Una vez cuantificados algunos de estos impactos, se procede a monetizarlos utilizando técnicas varias de valoración monetaria.

Este método permite monetizar los cambios en los efectos en la salud. El más usado el método de capital humano, que postula que el valor asociado a reducir una muerte prematura o un episodio de morbilidad está dado por el ingreso que se deja de generar como consecuencia de dicho efecto sobre la salud.

En el caso de una muerte, resulta ser el valor actual del total de ingresos que la persona deja de generar desde el momento en que fallece hasta el momento en que se habría retirado de la fuerza laboral. En el caso de morbilidad, el valor del capital humano es la pérdida de ingresos generada por efectos a la salud.

Para aplicar correctamente el método de la función de daño, hay que definir el alcance en cuanto a los contaminantes considerados, que

para el presente estudio es el PM_{10} que presenta valores que exceden en algunas estaciones de Lima Metropolitana los ECA y el valor Guía de la OMS y por lo tanto generan impactos en la salud de la población.

Luego hay que precisar la población afectada, en este caso se ha considerado como población expuesta, la población de Lima Metropolitana y cuatro áreas interdistritales, además de contar con información de sus características demográficas y socioeconómicas. Finalmente se requiere contar con información precisa de los efectos en la salud producidos por el contaminante seleccionado PM_{10} y las pérdidas sociales que produce éste.

La evidencia reciente apunta a que los contaminantes provenientes de combustión (especialmente de combustibles fósiles) son mayormente responsables de los efectos en la salud. Entre estos, el material particulado respirable (PM_{10}) y fino ($PM_{2.5}$) es el contaminante más consistentemente asociado con mortalidad y otros efectos. El Ozono (O_3) también ha sido consistentemente asociado con efectos en la salud, tanto de mortalidad como morbilidad. La mayoría de los estudios consideran estos dos contaminantes, que son los más frecuentemente medidos.

La relación entre la incidencia de efectos en la salud con los niveles de contaminantes atmosféricos se obtienen generalmente a partir de estudios epidemiológicos de series de tiempo: efectos de corto plazo y de Cohorte Transversales.

Los estudios de serie de tiempo son más fáciles de hacer, por lo que se han realizado en Latinoamérica, los estudios de cohorte y transversales requieren una colección de datos mayor, por lo que son menos frecuentes.

Un estudio, realizado para el Diálogo Regional de Política del Banco Interamericano de Desarrollo presenta Casos de Estudio de Valoración Económica y Ambiental aplicada a casos de manejo de la calidad del aire y control de la contaminación (de febrero del 2004).

Los casos presentados están referidos a la Zona Metropolitana del Valle de México, México; Región Metropolitana de Santiago, Chile y Sao Paulo, Brasil. La Revisión de estas experiencias indica claramente que los métodos de Disposición Al Pago muestran un incremento significativo del valor respecto a los métodos de capital humano por ejemplo.

El Método de la función daño es usado en todos estos estudios. En el caso de Santiago de Chile, el beneficio económico asociado a una muerte estadística evitada ascendió a US\$ 42 497 (1997), usando el método de capital humano. Sin embargo años después, en el 2000, se realizó otro estudio usando la DAP y el valor fue 14 veces superior,

ascendió a US\$ 650 000.

El valor unitario por caso de mortalidad evitado en México ascendió a US\$ 45,420 según el método de capital humano. Sin embargo al transferir el valor de la DAP de EEUU, ajustando su valor con el nivel de Ingreso entre EEUU y México, el valor alcanzó los siguientes valores por mortalidad por exposición crónica de hombres usando año base 1999:

EI = 0US\$ 140 611

EI = Elasticidad Ingreso

EI = 0,4 US\$ 100 434

EI = 1.0 US\$ 60 628

4.3 VALORIZACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD POR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE CON PM_{10}

Existe muy poca información sobre el costo de morbimortalidad a nivel nacional, por ello generalmente se puede emplear valores transferidos de otros lugares, los cuales deberán ser ajustados a juicio del investigador a fin de adaptarlos a la realidad local.

Esta transferencia de valores puede asumirse como válida para una estimación de corto plazo pero deberá pensarse en la conveniencia de realizar estudios precisos tanto de DAP como de costos de capital humano para tener datos precisos y propios de la realidad nacional y de Lima Metropolitana en particular.

4.3.1 Mortalidad

Para monetizar el impacto de la contaminación del aire sobre la salud, en particular sobre la mortalidad, lo primero es contar con los datos del riesgo atribuido, o sea la mortalidad atribuida a la contaminación del aire por PM_{10} .

Cabe precisar que la vida humana es realmente invaluable, no se le puede asignar un valor monetario, porque no se puede transar la vida de una persona por dinero. Sin embargo sin pretender valorar la vida existen métodos indirectos que permiten estimar el valor asociado. Entre los más usados para el tema de contaminación del aire están los métodos de Capital Humano y el de Disposición a Pagar (DAP), como se ha referido en el acápite precedente 4.2.

El Método de Capital Humano es el más usado, postula que el valor asociado a reducir una muerte prematura o un episodio de morbilidad está dado por el ingreso que deja de generar como consecuencia de dicho efecto sobre la salud.

En el caso de una muerte, resulta ser el valor actual del total de ingre-

esos que la persona deja de generar desde el momento en que fallece hasta el momento en que se habría retirado de la fuerza laboral.

En la región hay algunos estudios como el de Santiago y Buenos Aires que consideran la esperanza de una vida estadística (VOSL "valuation of a statistical life") en \$ 40 000 por vida prematuramente perdida.

En tanto que en México, los rangos de la estimación del valor de una vida estadística en la Ciudad de México varían entre los US\$145 000 y los US\$506 000⁸⁴. La disposición a pagar para prevenir una enfermedad menor (gripe) es de US\$28, el valor de un caso estadístico de bronquitis crónica (BC) es de US\$30 000 con una disposición a pagar para reducir el riesgo para contraer BC de US\$106. La disposición a pagar para reducir el riesgo de mortalidad por un año es de US\$181. Dividiendo este último valor entre la reducción del riesgo, se obtiene que el valor de una vida estadística en la Ciudad de México es de US\$500 000. Este valor está en el rango de valores estimados para México mediante extrapolación de los valores para EEUU ajustándolos según la diferencia de renta entre los dos países (Evans et al., 2002).

Para el caso el Perú, en el estudio preparado para el CONAM año 2000⁸⁵ se transfirió el valor de capital humano (VCH) de EEUU, considerando la relación de Ingreso per cápita del Perú con respecto a EEUU. Para esto se tomó el valor correspondiente el PBI per-cápita del año 2000 en dólares estadounidenses constantes de 1995, ajustado en función de la inflación mediante el coeficiente de deflación del PBI de 1995. Estos datos fueron tomados para el año 2000, de la información del Banco Mundial sobre "Indicadores de Desarrollo Mundial 2000. Agencia de Inteligencia World Factbook 2001 donde:

PBI per-cápita Perú en dólares constantes de 1995 = US\$ 2 368
PBI per-cápita de Estados Unidos en dólares constantes de 1995 = US\$ 31 991
La razón de ingreso per-cápita sería de 0,074

Valor Capital Humano Perú = VCH EEUU x [Ing. p.c (Perú) / Ing. p.c (EEUU)]

VCH Perú = US\$ 650 000 x [2 368 / 31 996]

VCH Perú = US\$ 650 000 x 0,074

VCH Perú = US\$ 48 100

Las estimaciones realizadas por transferencia de valores de Estados Unidos al Perú, ajustándolo por la razón de Ingresos per-cápita son bastante diferentes si se usa el Método de Capital Humano que da un valor de \$ 48 100 y en el caso de la DAP que según los cálculos realizados da un valor de \$ 355 000.

Esta diferencia es similar a la encontrada en otros países, por ejemplo

en Santiago de Chile se encontró una diferencia del Valor del DAP 14 veces superior al valor basado en Capital Humano (1997).

Para este estudio se va a usar el VVS " valuation of a statistical life", calculado por la Oficina de Estudios Económicos de OSINERG, Organismo Supervisor de la Inversión en Energía del Perú, en el 2006 elaboró el Documento de Trabajo N° 18 denominado "El Valor de la Vida Estadística y sus aplicaciones a la fiscalización de la industria de Hidrocarburos", documento que en el marco del diseño de instrumentos sancionadores, y la estimación del costo de los perjuicios causados por la contaminación, en particular los impactos sobre la vida estadística, entendida ésta como la disposición a pagar que muestra una persona promedio para adoptar medidas que reduzcan los riesgos de afectación grave o fatal a su vida. En este sentido el estudio presenta los resultados de la estimación de la vida estadística para el caso peruano.

Dadas las restricciones de información, en el documento se opta por la metodología de transferencia de la función de valores o meta-análisis, que consiste en adaptar resultados de estudios existentes para otros países con el objetivo de estimar el Valor de la Vida Estadística (VVS).

La función de transferencia utilizada se elaboró a partir de diversas fuentes nacionales e internacionales y las variables que se consideran en el modelo son las siguientes:

- Tasa de incidentes fatales (Riesgo) tomada de OIT
- Ingreso per-cápita para Perú y resto de países tomado de Penn World Table Versión 6.1
- La Variable EDU representa años de educación que la población cursa en promedio tomado de las estadísticas de la OECD
- La Variable VVS en base a información recopilada
- La Variable CV, en base al estudio de la US EPA

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla siguiente, como se observa el valor del VVS para Perú es de 1,8 millones de soles del 2005 y la cotas superior e inferior del intervalo de confianza al 90% equivalen a 2,51 y 0,3 veces el valor de la vida estadística estimada para el Perú.

⁸⁴James Hammit y María Eugenia Ibararán - Estimación del Valor Económico de Reducir los Riesgos Para la Salud Mediante el Mejoramiento de la Calidad de Aire de la Ciudad de México-2002.

⁸⁵CONAM- Estimación de la Valoración Económica de los impactos de la contaminación atmosférica por PTS y PM10 de Limas Metropolitana

Tabla N° 66: Valor de la Vida Estadística estimada para el Perú

Valor de la Vida Estadística (VVS)	Estimación	90% intervalo de confianza cota inferior	90% intervalo de confianza cota superior
Ln (VSL)	13,101	12,177	14,025
VVS (\$ 2000)	489 403	194 258	1 232 977
VVS (\$ 2005)	557 920	221 454	1 405 593
VVS PERU (S/2005)	1 841 135	730 798	4 638 458
VVS PERU (S/ 2013)⁸⁶	1 506 384	597 926	3 795 101

A continuación se presentan los cálculos referidos al costo atribuido a la contaminación atmosférica referida al PM₁₀ considerando las hipótesis de riesgo alto, medio y bajo por mortalidad total, así como el detalle para la hipótesis de riesgo medio de la mortalidad cardiovascular y respiratoria aplicando el método del Capital Humano, el Valor de la Vida Estadística (VVS) calculado por OSINERG.

Tomando una posición conservadora se opta por la Hipótesis de Riesgo Medio para casos de mortalidad atribuible a la contaminación por PM₁₀ y usar el método de capital humano, lo que da como valor del impacto en la salud el monto de US\$ 802 288 960 (ochocientos dos millones doscientos ochenta y ocho mil novecientos sesenta dólares americanos)

Si se considerara la hipótesis de riesgo alto, la cifra se incrementaría a US\$924 473 440 y con la hipótesis de riesgo bajo, el valor obtenido es de US\$676 756 960.

Cabe precisar que estos valores corresponden a la suma agregada de las cuatro zonas para cada hipótesis y corresponden a los datos de mortalidad atribuida a PM₁₀. En el caso de la corrida de Lima Metropolitana agregada como ya se explicó en el capítulo correspondiente, los resultados para todas las hipótesis, altas, media y baja son ligeramente menores y esto se explica porque los datos de contaminación considerados son los promedios diarios de las 9 estaciones, de esta manera se minimiza el riesgo, es por ello que se considera pertinente considerar para la estimación de valoración los datos agregados de las cuatro zonas.

También se puede observar en las tablas que para todas las hipótesis, la Zona Lima Centro es la que presenta el mayor valor debido a que concentra el mayor número de mortalidad atribuida del ámbito de estudio; mientras que Lima Sur presenta siempre los valores menores.

MORTALIDAD ATRIBUIBLE A MATERIAL PARTICULADO PM ₁₀ Y VALORIZACIÓN ESCENARIO DE RIESGO ALTO - LIMA METROPOLITANA - 2013		
	TOTAL	VALOR (US\$)
LIMA CENTRO	476	265 569 920
LIMA NORTE	445	248 274 400
LIMA ESTE	435	242 695 200
LIMA SUR	301	167 933 920
Lima Metropolitana (suma)	1657	924 473 440
LIMA METROPOLITANA	1408	785 551 360

⁸⁶<http://datos.bancomundial.org/indicador/PA.NUS.FCRF> Banco Mundial, tipo de cambio oficial Perú Soles a dólares 2005 = 3,30 y 2013 = 2,7

MORTALIDAD ATRIBUIBLE A MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ Y VALORIZACIÓN ESCENARIO DE RIESGO MEDIO - LIMA METROPOLITANA - 2013		
	TOTAL	VALOR (US\$)
LIMA CENTRO	412	229 863 040
LIMA NORTE	386	215 357 120
LIMA ESTE	378	210 893 760
LIMA SUR	262	146 175 040
Lima Metropolitana (suma)	1438	802 288 960
LIMA METROPOLITANA	1220	680 662 400

MORTALIDAD ATRIBUIBLE A MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ Y VALORIZACIÓN ESCENARIO DE RIESGO BAJO - LIMA METROPOLITANA - 2013		
	TOTAL	VALOR (US\$)
LIMA CENTRO	347	193 598 240
LIMA NORTE	326	181 881 920
LIMA ESTE	319	177 976 480
LIMA SUR	221	123 300 320
Lima Metropolitana (suma)	1213	676 756 960
LIMA METROPOLITANA	1029	574 099 680

4.3.2 Admisiones Hospitalarias

Para valorizar las admisiones hospitalarias atribuidas a la exposición a PM₁₀, como resultado de la corrida del modelo AirQ, se ha recurrido a los resultados de la Encuesta ENAHO-2012, considerando los gastos atribuidos a los Hogares, que incluyen gastos de hospitalización y medicamentos anuales, así como los gastos del Estado considerando los montos subsidiados.

GASTO DE HOGARES + GASTO SUBSIDIADO POR EL ESTADO

El gasto de hogares de Lima Metropolitana en cuidado, conservación de la salud y servicios médicos promedio mensual asciende a S/ 151 soles (ver Tabla Nº 67), lo que equivaldría a S/ 1,812 anuales. El gasto de hogares varía dependiendo del Nivel socioeconómico al que pertenecen entre S/ 61 y S/ 363 mensual y S/ 732 y S/ 4 356 anuales. Por

tanto se puede considerar el promedio de S/ 1812 como referencia de gasto anual en hospitalización en el que incurren los hogares de Lima Metropolitana, lo que equivale a US\$ 670,37⁸⁷

Para saber cuánto gasta el Estado en subsidio por día de hospitalización se tiene primero que conocer cuál es el valor real del servicio y restarle lo que el paciente paga efectivamente. El Valor real del servicio de Hospitalización se ha obtenido considerando los datos trabajados por USAID para el MINSA en el marco del Proyecto 2000. Para calcular el costo de los servicios de salud en las regiones diseñaron un software que calcula todos los requerimientos del servicio y el costo que implica, calculando lo que requiere el Estado para cubrir dichos gastos. Para el caso del presente estudio se ha utilizado el valor establecido para hospitalización por enfermedades cardiovasculares y enfermedades respiratorias.

⁸⁷Tipo de cambio 2013 promedio anual 2.703 soles por dólar. Fuente SBS

Tabla N° 67



LIMA METROPOLITANA – INGRESOS Y GASTOS

PROMEDIOS	Lima Metropolitana							
	TOTAL	NSE A	NSE B	NSE C	NSE C1	NSE C2	NSE D	NSE E
Grupo 1 : Alimentos – gasto promedio	S/. 662	S/. 913	S/. 826	S/. 705	S/. 742	S/. 646	S/. 514	S/. 449
Grupo 2 : Vestido y Calzado – gasto promedio	S/. 87	S/. 186	S/. 137	S/. 84	S/. 92	S/. 71	S/. 55	S/. 44
Grupo 3 : Alquiler de vivienda, Combustible, Electricidad y Conservación de la Vivienda – gasto promedio	S/. 213	S/. 483	S/. 336	S/. 207	S/. 230	S/. 171	S/. 130	S/. 84
Grupo 4 : Muebles, Enseres y Mantenimiento de la vivienda – gasto promedio	S/. 100	S/. 592	S/. 148	S/. 68	S/. 76	S/. 57	S/. 41	S/. 38
Grupo 5 : Cuidado, Conservación de la Salud y Servicios Médicos – gasto promedio	S/. 151	S/. 363	S/. 253	S/. 141	S/. 156	S/. 119	S/. 86	S/. 61
Grupo 6 : Transportes y Comunicaciones – gasto promedio	S/. 192	S/. 943	S/. 331	S/. 149	S/. 166	S/. 124	S/. 66	S/. 47
Grupo 7 : Esparcimiento, Diversión, Servicios Culturales y de Enseñanza – gasto promedio	S/. 234	S/. 901	S/. 406	S/. 208	S/. 240	S/. 159	S/. 86	S/. 61
Grupo 8 : Otros bienes y servicios – gasto promedio	S/. 93	S/. 232	S/. 140	S/. 87	S/. 96	S/. 74	S/. 57	S/. 50
PROMEDIO GENERAL DE GASTO FAMILIAR MENSUAL	S/. 2,861	S/. 7,123	S/. 4,125	S/. 2,774	S/. 3,019	S/. 2,396	S/. 1,795	S/. 1,427
PROMEDIO GENERAL DE INGRESO FAMILIAR MENSUAL*	S/. 3,599	S/. 11,099	S/. 5,308	S/. 3,376	S/. 3,648	S/. 2,957	S/. 2,045	S/. 1,436

* Ingreso estimado en base al gasto - INEI

El precio del servicio de hospitalización subsidiado por el Estado es de US\$ 63,03 por día. El número de días promedio en que los pacientes se encuentran hospitalizados varía dependiendo de la gravedad de su dolencia, según datos existentes de egresos y estancias según establecimientos de salud de Lima Metropolitana 2013, se obtiene el número de días promedio por hospitalización de 8,1⁸⁸. Por tanto el costo total promedio del subsidio del estado por paciente hospitalizado el Lima asciende a US\$ 510,54.

Bajo estas consideraciones se estima que el costo por admisión hospitalaria asciende al gasto de los hogares más el subsidio del Estado que da un total para el año 2013 y para Lima de US\$ 1 180,91. En Resumen, el valor atribuido al impacto de la contaminación por PM10 en el número de admisiones hospitalarias respiratorias y cardiovasculares asciende en el escenario de riesgo medio a US\$ 3 199 430.

El escenario de riesgo alto llega a US\$ 4 408 524 y el de riesgo bajo a US\$ 2 005 701, como se detalla a continuación:

COSTO DE LAS ADMISIONES HOSPITALARIAS ATRIBUIBLES A MATERIAL PARTICULADO PM ₁₀ - ESCENARIO DE RIESGO ALTO				
	Enfermedades Respiratorias	Enfermedades Cardiovasculares	TOTAL	VALOR (US\$)
LIMA CENTRO	1049	384	1433	1 693 677
LIMA NORTE	799	200	999	1 180 728
LIMA ESTE	858	125	983	1 161 818
LIMA SUR	279	36	315	372 302
Lima Metropolitana (suma)	2985	745	3730	4 408 524
LIMA METROPOLITANA	2612	670	3282	3 879 029

COSTO DE LAS ADMISIONES HOSPITALARIAS ATRIBUIBLES A MATERIAL PARTICULADO PM ₁₀ - ESCENARIO DE RIESGO MEDIO				
	Enfermedades Respiratorias	Enfermedades Cardiovasculares	TOTAL	VALOR (US\$)
LIMA CENTRO	761	271	1032	1 219 731
LIMA NORTE	585	143	728	860 430
LIMA ESTE	628	89	717	847 429
LIMA SUR	204	26	230	271 839
Lima Metropolitana (suma)	2178	529	2707	3 199 430
LIMA METROPOLITANA	1900	495	2395	2 830 674

⁸⁸Ministerio de Salud – Oficina General de Estadística e informática - Base de Datos de egresos hospitalarios 2013 - Lima

COSTO DE LAS ADMISIONES HOSPITALARIAS ATRIBUIBLES A MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ - ESCENARIO DE RIESGO BAJO

	Enfermedades Respiratorias	Enfermedades Cardiovasculares	TOTAL	VALOR (US\$)
LIMA CENTRO	464	183	647	764 696
LIMA NORTE	361	98	459	542 497
LIMA ESTE	386	61	447	528 314
LIMA SUR	126	18	144	170 195
Lima Metropolitana (suma)	1337	360	1697	2 005 701
LIMA METROPOLITANA	1161	336	1497	1 769 319

Como se observa, Lima Centro concentra para los tres niveles de riesgo, el mayor número de admisiones hospitalarias y por tanto de valor atribuido, y Lima Sur por el contrario es la que menores valores presenta.

En cuanto a las admisiones respiratorias, éstas son las de mayor significancia correspondiéndoles para la hipótesis de riesgo medio 2 178 admisiones con un valor de US\$ 2'574 200 y a las admisiones cardiovasculares US\$ 625 230.

4.3.3 Ausentismo Laboral y Actividad Restringida

Las ADMISIONES HOSPITALARIAS en el MINSA, no sólo generan el gasto del paciente (pago de medicinas + otros como análisis, exámenes, atención a precios subsidiados al que denominamos gasto de hogares) y del Estado (subsidios para atención de salud en función del presupuesto) para atender su salud sino la pérdida de ingresos del paciente por ausentismo laboral o actividad restringida, que en el caso de asegurados, es cubierta por el seguro, ya sea privado o ESSALUD

con limitaciones y que corresponde a un porcentaje de sus Ingresos.

La población que no cuenta con seguro, que es la que mayoritariamente concurre a los establecimientos del MINSA, asume este costo adicional. Por lo tanto se va a incorporar en el cálculo de la valoración económica referida a admisiones hospitalarias, el componente de ausentismo o actividad restringida, considerando el promedio de días de hospitalización para cada tipo de dolencia, (8,1 días) enfermedades respiratorias y cardiovasculares además de considerar un número promedio de días de recuperación en los cuales el paciente no podrá reincorporarse a sus labores habituales (5 días promedio). En total se considera 13,1 días y un promedio ingreso día de US\$ 12,79⁸⁹

Esto significa un costo de US\$ 167,55 por persona que ha sufrido una hospitalización por causa cardiovascular o respiratoria.

Si se considera la hipótesis media de riesgo, se obtiene como valor total para Lima Metropolitana, US\$ 453,558 por ausentismo laboral y actividad restringida.

En conclusión, se puede señalar que para el escenario de riesgo medio el valor económico por el impacto a la salud atribuible a la contaminación del aire por PM₁₀ para Lima Metropolitana para el 2013 asciende a US \$805'941,948 como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla N° 68: Valoración Económica del impacto a la salud por la contaminación del aire por PM₁₀

Rubro	Valor escenario Riesgo Medio	Valor escenario riesgo alto	Valor escenario Riesgo bajo
Mortalidad	802 288 960	924 473 440	676 756 960
Admisiones Hospitalarias	3 199 430	4 408 524	2 005 701
Ausentismo Laboral	453 558	624 961	284 332
TOTAL	805 941 948	929 506 925	679 046 993

⁸⁹INEI-Perfil de pobreza 2012: Ingreso per cápita promedio mensual para Lima Metropolitana es de S/ 1037,7-equivalente a S/ 34.59 diario – equivalente a \$12.79

CONCLUSIONES

La investigación ha permitido estimar un número de casos para mortalidad y morbilidad que se pueden atribuir al PM_{10} ; y finalmente valorizar los costos que significan para el país, los años perdidos de vida y los gastos en la recuperación de la salud.

En el proceso de relevamiento de información se pudo observar el trabajo que realizan las entidades que tienen redes de monitoreo de la calidad del aire en Lima Metropolitana, conocer la información sobre indicadores de salud que están disponibles y que se pueden asociar a los efectos a la salud por la contaminación del aire por material particulado menor a 10 micras, los indicadores socio-económicos para Lima Metropolitana. En este sentido, se tienen las siguientes conclusiones:

Información de Calidad del Aire

- Actualmente se cuenta con un mayor número de estaciones de monitoreo de la calidad del aire que durante el año 2013 (año base del presente estudio), donde se tenían sólo 9 estaciones, 5 de la DIGESA y 4 del SENAMHI; a la fecha la DIGESA ha incluido una nueva estación y el SENAMHI 6 estaciones más, haciendo un total de 16 estaciones, lo que permitirá tener una información más completa de Lima Metropolitana.
- Se ha observado que un criterio de ubicación de las estaciones es la seguridad, lo que implica que se han instalado, no necesariamente en los puntos más representativos de la zona que se desea evaluar.
- El acopio de la información de calidad del aire para PM_{10} ha mostrado que la DIGESA durante el año 2013 se tuvo un número muy reducido de datos diarios (no obstante ser el año que mayor número de datos recolectados), con sólo el 22 % de días muestreados, en tanto que el SENAMHI recolectó el 83% de días en el mismo año.
- Los promedios diarios observados a nivel de zonas (del promedio obtenido de las estaciones que se tienen en cada zona de estudio), muestran un porcentaje de cumplimiento del ECA para 24 horas del 84% en Lima Norte, 96% en Lima Este, 95% en Lima Sur y 100% en Lima Centro.

• Estos porcentajes de cumplimiento indican que la calidad del aire ha mejorado significativamente en relación a las condiciones evaluadas en el estudio realizado el año 2003 (con base en el año 2000), en el cual todos los valores promedios anuales excedían significativamente el ECA de PM_{10} de $50 \mu g/m^3$, Lima Norte presentó promedio anual $128 \mu g/m^3$, Lima Centro con $118 \mu g/m^3$, Lima Este $86 \mu g/m^3$, y Lima Sur $85 \mu g/m^3$.

• Cabe anotar que la ubicación de las dos estaciones del SENAMHI en la zona de estudio que reflejan las condiciones de zonas urbanas y con menor flujo vehicular, sesgan el promedio para la zona centro, donde todos los días del año 2013, se cumplió con el ECA para 24 horas. Asimismo, si se comparan los resultados con la Guía de la OMS, sí se observa un 75% de excedencia.

• De todas las zonas, donde el mayor número de días se excedió el ECA fue en Lima Norte (57 días), luego en Lima Sur y Lima Este, sólo se excedieron 18 y 14 días respectivamente. Estas pocas excedencias, muestran una mejora en la calidad del aire.

• Se explica esta situación al cambio en la matriz de combustibles, hay un mayor número de vehículos a gas (GNV, GLP), se comercializa en Lima Metropolitana un diesel con 50 ppm como máximo de azufre y se viene exigiendo las revisiones técnicas, además de haberse implementado servicios de transporte más limpios como es el Metropolitano y el tren eléctrico. Sin embargo, se aprecia el incremento del parque automotor, por tanto, los problemas en el tráfico vehicular que inciden directamente en una mayor cantidad de emisiones vehiculares.

• Hay otras redes de monitoreo, como el del COSAC, sin embargo la información no está accesible y la ubicación de las estaciones de muestreo tienen fines de evaluar el impacto del funcionamiento del Metropolitano, no de ver la calidad del aire urbano.
Indicadores de Salud

• El Ministerio de Salud recopila la información detallada en función al Código Internacional de Enfermedades (que el modelo aplicado requiere). Para el caso de morbilidad, lo hace sólo de los establecimientos de salud del sector, por lo que hay dificultad en obtener da-

tos de los otros establecimientos de salud pertenecientes a EsSalud, las fuerzas armadas y los privados. Los porcentajes de atenciones publicados por el INEI permitieron tener una aproximación a un valor acorde a lo real, superando esta limitación de falta de información.

- En el caso de mortalidad, el MINSA recoge la información de todos los centros de salud, sin embargo existe un porcentaje de 12,9% de omisiones en el registro que corresponde a Lima Metropolitana según cifras del INEI para el 2012, lo que es necesario tenerlo para contar con una mejor aproximación de las cifras.

- Se ha observado que el mayor porcentaje de admisiones hospitalarias por enfermedades cardiovasculares se registró en la Zona Centro (63%), en tanto que en Lima Norte fue el 20% y el 13% y 4% en Lima Este y Sur respectivamente. Para el caso de las enfermedades respiratorias, el 46% de las admisiones se registraron en Lima Centro, el 25% en Lima Este, el 21% en Lima Norte y el 8% en Lima Sur.

- En relación a la mortalidad, se observa que Lima Centro siempre tiene el mayor registro con el 40% para los casos de muertes por causas respiratorias y el 49,6% por causas cardiovasculares, seguida de Lima Norte con el 23% para muertes respiratorias y 20,2% de muertes por causas cardiovasculares. Lima Este tiene el 20% y 16,6%; y Lima Sur el 17% y 13,6% para muertes respiratorias y cardiovasculares respectivamente.

- Estos porcentajes muestran el sesgo que se tiene para atribuir los impactos en la salud por la contaminación del aire, toda vez que hay una concentración de establecimientos de salud sobre todo de primer nivel, en los distritos de la zona centro. Asimismo, un buen porcentaje de la población busca atenderse en estos centros de salud, no obstante no radicar en dichos distritos.

- De la revisión bibliográfica realizada, se observa que ha habido una preocupación por evaluar la incidencia de asma en niños y relacionarla con la contaminación del aire, particularmente de ambientes intramuros, no hay otro tipo de estudios en salud.

Aplicación del Modelo AirQ

- El Air Q es una aplicación amigable que recoge información de los niveles de concentración del aire (para el parámetro en estudio –que pueden ser varios contaminantes), los indicadores de morbimortalidad según códigos internacionales de enfermedades, y de población, para combinar la exposición-respuesta en base a factores de riesgo (estimados en múltiples estudios epidemiológicos y toxicológicos) y obtener un valor tanto para casos de mortalidad y morbilidad que se atribuyen particularmente al PM_{10} .

- El AirQ no analiza linealmente los factores evaluados (niveles de contaminación, población expuesta –por grupos etarios y sensibles), por lo cual se diferencia de otras evaluaciones que tomando los mismos factores de riesgo, estiman los casos con una función lineal, acercándose los resultados del AirQ más a las condiciones de la población expuesta.

- Lo importante es contar con la mayor información, así los resultados tienen una incertidumbre es menor.

- De la aplicación del modelo, se tiene que a Lima Centro se le atribuyen el mayor número de casos tanto en mortalidad como morbilidad, en términos de porcentaje, se tiene que, para los tres niveles de riesgo, Lima Centro, tiene el 29% de casos atribuidos, Lima Norte el 27%, Lima Este el 26% y Lima Sur el 18%. De igual manera, para la mortalidad por causas respiratorias, en promedio se tiene un 30% para LC, 28% para LN, 23% para LE y 19% para LS. En el caso de la mortalidad cardiovascular, la tendencia es similar, con 39% de casos atribuidos para LC, 26% para LN, 20% para LE y 16% para LS.

- En el caso de la morbilidad, se aprecia que Lima Centro siempre tiene el mayor número de casos atribuidos, así le corresponde el 35% de los casos de enfermedades respiratorias, en tanto que a LN el 27%, a LE el 29% y a LS sólo el 9%. Respecto de las enfermedades Cardiovasculares, LC tiene el 52%, LN el 27%, LE el 17% y LS el 5%, en tanto que para los casos de asma, se tiene el 54% para LC, 15% para LN, 21% para LE y el 10% para LS.

- Estos porcentajes reflejan el sesgo del mayor registro de casos por estar el mayor número de los establecimientos de salud ubicados en la zona centro.

- Teniendo, en cuenta este sesgo, es que se corrió el modelo para Lima Metropolitana en su conjunto, lo que implicó evaluar la información de calidad del aire para las nueve estaciones e incluirlas en el software, así se atribuye para una hipótesis de riesgo relativo medio, que 1220 casos de las muertes totales fueron causadas por la contaminación del aire por PM_{10} y de ellas, 468 casos fueron por causas respiratorias y 175 por causas cardiovasculares.

- De igual modo, se atribuye que 1900 casos de admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias, 495 por enfermedades cardiovasculares y 1222 admisiones por ataques de asma en niños fueron causadas por la contaminación del aire por PM_{10} .

- Se debe señalar, que se ha contado con la colaboración de las entidades de salud (DIGESA y la OGEI) para la obtención de los datos y del SENAMHI

De la Valoración Económica

- En los últimos años se han venido realizando diversas investigaciones que permiten tener estimaciones más cercanas a la realidad peruana para poder valorizar el impacto en la salud en materia de mortalidad y morbilidad. Sin embargo la mayoría de estos estudios está transfiriendo valores de otros países.

- Sobre la información de gastos en salud de los hogares la fuente de ENAHO 2012 nos da datos referenciales para Lima Metropolitana, también hay algunos estudios referidos al gasto de bolsillo en salud de los hogares limeños; pero con respecto al subsidio del Estado la data es referencial del estudio de USAID del año 2000, no se tiene información más actualizada.

- Respecto de la información de días perdidos por ausentismo laboral se tiene promedios referenciales pero no detalles por tipo de enfermedad, esta es otra limitación para el cálculo.

Los resultados que se obtienen para este estudio alcanzan para el escenario de riesgo medio el valor de US \$805 941,948 lo que representa el 0,47 % del PBI nacional y 0,90% del PBI de Lima.

Propuesta de Acciones para los sectores responsables del manejo de la información para implementar los procesos para seguimiento y evaluación del impacto

Ministerio del Ambiente - MINAM

- Es necesario precisar competencias, roles y funciones de las diversas entidades Nacionales, Sectoriales, Regionales y Locales vinculadas a la gestión ambiental en materia de Calidad del Aire y que el MINAM asuma su rectoría, velando por el cumplimiento de dichas funciones y que brinde el soporte necesario para su implementación a nivel nacional. Para ello hay que impulsar la dación de la Ley de Aire Limpio que se encuentra en propuesta hace varios años, así como se actualice el Reglamento de los Estándares Nacionales de Calidad del Aire.

- El MINAM como ente rector del Sistema Nacional de Información Ambiental debería contar con la información de los resultados de los monitoreos de Calidad del Aire de Lima Metropolitana y de todas las ciudades que cuentan con programas de monitoreo.

- El MINAM debe establecer las responsabilidades de las entidades que generan la información y establecer los protocolos y metodologías estandarizadas para el monitoreo de la calidad del aire y la asegurar la validez de los datos informados.

- Es necesario establecer uniformidad de criterios para la implementación y funcionamiento de las estaciones (deben ser representativas de la zona), así como para el tratamiento e interpretación de los datos.

- Conformar un grupo de trabajo para definir el número y ubicación de estaciones de monitoreo requeridos para Lima Metropolitana y el Callao.

- Propiciar la integración de los resultados de todas las redes de monitoreo y asegurar que la información esté disponible a través de la web del SINIA.

- Asignar la responsabilidad a una entidad para la supervisión de las redes de monitoreo.

- Como ente rector del SNGA en materia de Calidad del Aire, el MINAM debe de actualizar las normas existentes y proponer las que se requieran para cubrir los vacíos existentes.

- Realizar un nuevo estudio de Estimación de morbilidad atribuible al material particulado con la aplicación del modelo Air-Q en un período de mediano plazo a fin de poder comparar los resultados con el presente estudio.

- Para mayor precisión de la información sobre población expuesta, uno de los estudios a realizarse debería coincidir con el año censal.

- Asimismo, se sugiere que no sólo se tenga en cuenta el PM10, sino el Dióxido de Azufre y el Ozono, para lo cual debe recolectarse información diaria. Si se utilizan datos de un período mayor a un año, las tendencias observadas ayudan a hacer un mejor análisis de los datos a ingresar al modelo y a interpretarse, luego de la estimación del riesgo atribuible.

- Coordinar la elaboración de inventario de emisiones con los sectores y otras entidades de los niveles subnacionales a fin de contar con mayor información para el modelamiento de la Calidad del Aire.

- Se debe plantear Límites Máximos Permisibles para los sectores que no cuentan aún con estos IGA, así como los transversales (calderos y motores) que controlarían las emisiones de diversas actividades de servicios.

- Se debe contar con un programa de capacitación y fortalecimiento de capacidades en materia de gestión de la calidad del aire, con financiamiento de tesoro público y de carácter nacional bajo la responsabilidad del MINAM. No es suficiente apoyar la elaboración de Planes a Limpiar el aire regional, es necesario brindar el apoyo téc-

nico necesario para su implementación, a fin de que dichos planes se ejecuten.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía - SENAMHI

- Como entidad responsable del modelamiento del clima y meteorología debería fortalecer sus programas de vigilancia de las condiciones meteorológicas y desarrollar modelos de predicción y pronóstico de calidad del aire que apoyen la investigación en materia de calidad del aire y su correlación con el impacto en la salud de las personas.
- Coordinar con la DIGESA a fin de compatibilizar los resultados de sus monitoreos, de modo que sean comparables.
- Realizar el modelamiento por microcuencas atmosféricas y tener un correlato con los ámbitos políticos administrativos.
- La ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad del aire debe responder a criterios técnicos de representatividad de la microcuencas atmosféricas, para lo cual se debe considerar los resultados de los estudios de saturación, los resultados de la vigilancia meteorológica.

Ministerio de Salud - MINSA

Oficina General de Estadística e Información - OGEI

- Como ente rector del Sistema Nacional de Salud debe acopiar la información de morbilidad no sólo de los establecimientos de salud del MINSA sino de todos los conformantes del sistema (EsSalud, clínicas privadas, hospitales de las FFAA, etc.).
- La información publicada sobre morbilidad y mortalidad debería considerar, no sólo el lugar de atención / ocurrencia, sino también el lugar de residencia a fin de contar información más precisa sobre exposición a la contaminación atmosférica.

Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA

- La DIGESA debe realizar los esfuerzos necesarios a fin de recolectar muestras de calidad del aire, el mayor número de días al año, así como realizar la validación de sus resultados.
- Apoyar a las Direcciones de Salud Ambiental - DESAs y otras entidades (municipios, etc.) para la implementación de sus programas de monitoreo y vigilancia de la calidad del aire.
- Fortalecer su laboratorio de Control Ambiental a fin de certificar ante

el INDECOPi los métodos analíticos para material particulado y otros parámetros de calidad del aire y poder ser laboratorio de referencia nacional.

- Poner el Centro de Calibración al servicio de todas las entidades que cuentan con equipos para el monitoreo de la Calidad del Aire.
- La ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad del aire debe responder a criterios técnicos de representatividad de la microcuencas atmosféricas, para lo cual se debe considerar los resultados de los estudios de saturación, los resultados de la vigilancia meteorológica.
- Hacer seguimiento de la aplicación del protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de datos publicado el 2005.

Dirección General de Epidemiología - DGE

- El Ministerio de Salud debería realizar estudios epidemiológicos a fin de poder contar con indicadores de población expuesta y causa – efecto, indicadores de riesgo.
- Implementar en el programa de vigilancia epidemiológica, las enfermedades relacionadas con la contaminación del aire.

Instituto Nacional de Estadísticas e Informática - INEI

- Elaborar tablas de vida actualizadas para poder inferir impacto a largo plazo.

Registro Nacional de Identificación y Estado Civil - RENIEC

- Mantener actualizada la data de mortalidad no sólo por lugar de ocurrencia sino también de residencia.
- Actualizar el porcentaje de omisión de registro de mortalidad.

1. Informe sobre la salud en el mundo 2002. Reducir los riesgos y promover una vida sana. Organización Mundial de la Salud. Ginebra 2002
2. World Health Organization. Protection of the Human Environment. Outdoor air pollution. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Environmental Burden of Disease Series, Nº 5. Bart Ostro. Geneva 2004.
3. World Health Organization. Burden of disease from Ambient Air Pollution for 2012. Geneva 2014.
4. World health Organization. Global health Risks. Mortality and burden disease attributable to selected major risk. Geneva 2009
5. Kirk R. Smith, Nigel Bruce, Kalpana Balakrishnan, Heather Adair-Rohani, John Balmes, Zoë Chafe, Mukesh Dherani, H. Dean Hosgood, Sumi Mehta, Daniel Pope, Eva Rehfuess, and others in the HAP CRA Risk Expert Group. Millions Dead: How Do We Know and What Does It Mean? Methods Used in the Comparative Risk Assessment of Household Air Pollution. Annual Review of Public Health. Vol. 35: 185-206 (Volume publication date March 2014).
6. Burnett R et al. 2014. Environmental Health Perspectives, advanced publication 7 February 2014, <http://dx.doi-org/10.1289/ehp.1307049>
7. WHO: air pollution 'is single biggest environmental health risk'. <http://www.theguardian.com/environment/2014/mar/25/air-pollution-single-biggest-environmental-health-risk-who>
8. INEI. Estadísticas del Parque Automotor en circulación a nivel nacional, según departamento, 2004 – 2012. Incluye el Callao
9. Encuesta Lima cómo vamos 2012. Informe de percepción sobre calidad de vida.
10. SENAMHI. Evaluación de la calidad del aire en Lima Metropolitana 2011. Lima, 2013
11. DIGESA. II Estudio de Saturación de Calidad del Aire en el Área Metropolitana de Lima-Callao - 2011
12. Riesgos para la salud mundial: progresos y desafíos. Gretchen Stevens, Maya Mascarenhas & Colin Mathers. Boletín de la Organización Mundial de la Salud. 2009;87:646-646. doi: 10.2471/BLT.09.070565
13. Contaminación del aire, riesgos para la salud. J. Héctor Gutiérrez, Isabelle Romieu, Germán Corey, Teresa Fortoul. 1997.
14. Outdoor air pollution. A assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Environmental Burden of Disease Series Nº 5. Bart Ostro. WHO 2004
15. Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide. Report on a WHO Working Group. Germany, 2003.
16. Joanne Green, Sergio Sánchez. Clean Air Institute. La calidad del Aire en América Latina. Una Visión Panorámica. USA 2012
17. Claudio Vargas R. Efectos de la fracción gruesa (PM10-2.5) del material particulado sobre la salud humana. Revisión Bibliográfica MINSAL. 2011
18. C. Arden Pope III, Richard R. Burnett, Michael J. Thun, Eugenia E. Calle, Daniel Krewski, Kazuhiko Ito, George D. Thurston. Jama. Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality and Long-term exposure to Fine Particulate Air Pollution. March 6, 2002 - Vol 287, Nº 9
19. Frederick W. Lipfert, Ronald E. Wyzga, Jack D. Baty and J. Philip Miller. Journal of the Air & Waste Management Association. Air Pollution and Survival within the Washington University-EPRI Veterans Cohort: Risks Based on Modeled Estimates of Ambient Levels of Hazardous and Criteria Air Pollutants. Volume 59 April 2009
20. Jennifer K. Mann, Ira B. Tager, Fred Lurmann, Mark Segal, Charles P. Quesenberry, Jr., Marlene M. Lugg, Jun Shan and Stephen K. Van Den Eeden. Air Pollution and Hospital Admissions for Ischemic Heart Disease in Persons with Congestive Heart Failure or Arrhythmia. Volumen 110 | Number 12 | December 2002.

21. J I Halonen, T Lanki, T Yli-Tuomi, M Kulmala, P Tiittanen, J Pekkanen. Urban air pollution, and asthma and COPD hospital emergency room visits. *Thorax* 2008;63:635-641. doi:10.113/thx.2007.091371
22. United States Environmental Protection Agency EPA. Integrated Science Assessment for Particulate Matter. December 2009, EPA/600/R-08/139F. National Center for Environmental Assessment-RTP Division Office of Research and Development. USEPA.
23. Carlos Arturo Sattler Pabón. Efecto de la contaminación ambiental intradomiciliaria por humo de combustión de biomasa sobre flujo espiratorio máximo en 2 comunidades rurales del Perú. Lima, 1.993
24. Rolando Alfonso Estrella Viladegut. Influencia de contaminantes atmosféricos en la salud respiratoria (flujo espiratorio) del policía de tránsito, zona Lima Sur y Centro, 1998.
25. Norcky Eliana Herrera Guerra. Estudio comparativo de la flujometría pulmonar y oximetría en la mujer de altura expuesta a dos tipos de combustibles para cocinas: reporte preliminar. Lima, 1.999
26. Accinelli, R, Leey J, Vega L, Ruiz F, Amaro M. Biomass fuel combustion during childhood: The most important factor related with chronic bronchitis in Tarma (altitude-3050m) and Barranca (sea level), Perú. *Am J Resp Crit Care Med*, 1999, Lima, Perú)
27. Carlos Segundo Fajardo Vásquez. Hallazgos clínicos espirométricos y radiológicos en mujeres con exposición por más de 30 años a combustibles de biomasa. Lima, 2.001
28. Carlos Cabrera Carranza, Manuel Maldonado D., Walter Arévalo G.; Renán Pacheco A., Alfredo Giraldo V, Sebastián Loayza. Relaciones entre calidad ambiental y calidad de vida en Lima Metropolitana. *Revista del Instituto de investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y ciencias Geográficas. UNMSM. Vol. 5 N°09. Lima. Enero-Junio 2002.*
29. Xianglu Han, Manuel Aguilar-Villalobos, John Allen, Charlene Bayer, Luke P. Naeher. Exposición ocupacional a contaminantes automotrices de Particulado fino (PM-2.5), Monóxido de Carbono (CO) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) en Trujillo, Perú - 2002. University of Georgia, Office of International Agriculture and College of Agricultural and Environmental Sciences; Asociación del Aire Ambiental, Lima, Perú; Municipalidad Provincial de Trujillo, Perú. 2002.
30. Korc M., Quiñones M. Diagnóstico comparativo de la calidad del aire de los interiores de las viviendas de dos poblaciones indígenas del Perú. OPS-GTZ. 2003.
31. Roberto Accinelli, Cecilia Yshii, Eduardo Córdova, Marita Sánchez-Sierra, Celia Pantoja, Jessica Carbajal. Evaluación del efecto de los combustibles de biomasa en el aparato respiratorio en tres comunidades rurales andinas: Cutini Capilla (3850 m snm, Puno), Ayamachay y Uyshahuasi (2850 m snm, Lambayeque). Laboratorio de Respiración, Instituto de Investigaciones de la Altura, Universidad Peruana Cayetano Heredia. 2005
32. Oficina General de Epidemiología del Ministerio de Salud. Prevalencia de enfermedades respiratorias en niños escolares de 3 a 14 años y factores asociados a la calidad del aire. Lima Ciudad - Perú, 2003. Estudio Epidemiológico de línea base. Lima, 2005.
33. Alejandro Vela Quico. Asociación Civil Labor Arequipa. Proyecto Gestión de la Salud Ambiental y Descontaminación Atmosférica en la ciudad de Arequipa, ámbito de Arequipa Metropolitana - MUSA. Estudio epidemiológico por exposición a contaminantes atmosféricos de la población en riesgo de Arequipa 2004. Arequipa 2004
34. Nazario Silva Astete. Prevalencia del Asma Bronquial Infantil y su Asociación con el nivel de contaminación del aire en algunos colegios de la provincia de Lima. Tesis Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Facultad de Medicina, Unidad de Post Grado. 2012
35. Edgar Quispe Carcausto. Grado de exposición a contaminantes ambientales y frecuencia a consultas por IRAs en menores de 5 años, distrito de Ate Vitarte, Lima-Perú, 2011. Tesis Universidad Peruana Unión, Escuela de Posgrado, Unidad de Posgrado de Salud Pública. 2013
36. OMS. Actualización mundial 2005. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. 2006

- 37.Environmental Protection Agency. 40 CFR Parts 50, 51, 52,53 and 58 (EPA-HQ-OAR-2007-0492; FRL-9761-8) RIN 2060-AO47. National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter. Federal Register/Vol. 78, Nº 10/Tuesday, January 15, 2013/ Rules and Regulations.
- 38.José Silva Cotrina, Zarela Montoya Cabrera. Análisis de la relación entre el comportamiento estacional de los Contaminantes Sólidos Sedi-mentables con las condiciones meteorológicas predominantes en la Zona Metropolitana de Lima-Callao durante el año 2004.
- 39.SENAMHI. Boletín Vigilancia de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Lima y Callao. Boletín Mensual. Año 14 - Nº 05, Mayo 2014.
- 40.Odón Sanchez et al. SENAMHI- Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Evaluación de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana 2011
- 41.Klepel Consulting S.A.C. Medición de la calidad del aire en el Distrito de Miraflores. Lima, 2009
- 42.LAMSAC. Línea Amarilla. Segundo Informe de monitoreo ambiental y social – Proyecto Línea Amarilla. 2012.
- 43.Aphek.com. Guidelines for assessing the health impacts of air pollution in European cities.WorkPackage 5. Deliverable D5. April 2011.
- 44.Rothman KJ and Greenland S, 1998, Rockhill B et al, 1998. Krzyzanowski M, 1997.
- 45.WHO Regional Office for Europe. Evaluation and use of epidemiological evidence for environmental health risk assessment. Denmark 2000.
- 46.INEI Estimaciones y proyecciones de Población urbana y rural por sexo y edades quinquenales, según departamento 2000-2015
- 47.INEI La Mortalidad en el Perú. Guillermo Vallenas- 2009
- 48.INEI – Boletín Especial Nº 17:”Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población Total por años calendarios y edades simples 1950 – 2050”.
- 49.INEI. Compendio Estadístico Nacional 2013. Tomo I – Julio 2013
- 50.INEI – UNFPA – CEPAL – CELADE - Boletín Especial Nº 18: “Estimaciones y Proyecciones de población por sexo, según departamento, provincia y distrito, 2000 – 2015
- 51.Documento : Índice de Masculinidad por Años calendarios según Grupos quinquenales de edad 1970-2025
- 52.INEI-Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2013
- 53.INEI-Encuesta Nacional de Hogares 2012
- 54.IPSOS APOYO OPINION Y MERCADO: Marketing Data. Año 12 Nº 223”Niveles socioeconómicos de Lima Metropolitana 2012”
- 55.APEIN – Distribución de Hogares según NSR _ Lima Metropolitana 2012
- 56.INEI – Perfil de Pobreza por Dominios Geográficos 2004-2012
- 57.PNUD - Informe sobre Desarrollo Humano Perú 2013. Cambio climático y territorio: Desafíos y respuestas para un futuro sostenible. Índice de Desarrollo Humano departamental, provincial y distrital 2012. - nov 2013
- 58.WHO.European Centre for Environment and Health.Quantification of the Health Effects of Exposure to Air Pollution.Report of a WHO WorkingGroup. Netherlands. 2000
- 59.James Hammitt y María Eugenia Ibararán - Estimación del Valor Económico de Reducir los Riesgos Para la Salud Mediante el Mejoramiento de la Calidad de Aire de la Ciudad de México-2002.
- 60.CONAM- Estimación de la Valoración Económica de los impactos de la contaminación atmosférica por PTS y PM10 de Lima Metropolitana. 2004.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Ministerio del Ambiente

Av. Javier Prado Oeste 1440, San Isidro, Lima - Perú

Teléfono: (511) 611 6000

calidaddelaire@minam.gob.pe

www.minam.gob.pe