



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

ESCUELA DE POSGRADO

SECCIÓN DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

**“DISTRIBUCIÓN ESPACIAL VERTICAL DE LAS PARTÍCULAS EN
SUSPENSIÓN PM₁₀ DEL MEDIO ATMOSFÉRICO URBANO EN
SEGUNDA JERUSALÉN-RIOJA-SAN MARTÍN-PERÚ”**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER SCIENTIAE
EN GESTIÓN AMBIENTAL**

ING. SANTOS CLEMENTE HERRERA DÍAZ

MOYOBAMBA-PERÚ

AGOSTO-2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

ESCUELA DE POSGRADO

SECCIÓN DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS

"DISTRIBUCIÓN ESPACIAL VERTICAL DE LAS PARTICULAS EN
SUSPENSIÓN PM_{10} DEL MEDIO ATMOSFÉRICO URBANO EN
SEGUNDA JERUSALÉN-RIOJA-SAN MARTÍN-PERU"

EL SUSCRITO DECLARA QUE EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS ES ORIGINAL
EN SU CONTENIDO Y FORMA.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Santos Clemente Herrera Díaz", written over a horizontal line.

ING. SANTOS CLEMENTE HERRERA DÍAZ
EJECUTOR

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Mirta Felicitia Valverde Vera", written over a horizontal line.

ING. M.Sc. MIRTA FELICITA VALVERDE VERA
ASESORA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

ESCUELA DE POSGRADO

SECCIÓN DE POSTGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

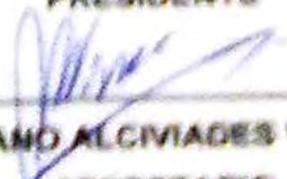
"DISTRIBUCIÓN ESPACIAL VERTICAL DE LAS PARTÍCULAS EN
SUSPENSIÓN PM_{10} DEL MEDIO ATMOSFÉRICO URBANO EN
SEGUNDA JERUSALÉN-RIOJA-SAN MARTÍN-PERÚ"

APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR



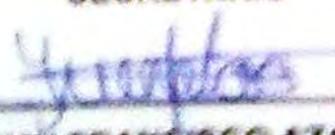
ING. DR. ANÍBAL QUINTEROS GARCÍA

PRESIDENTE



LIC. M.Sc. MARCIANO ALCIVIADES VIVAS CAMPUSANO

SECRETARIO



ING. M.Sc. YRWIN FRANCISCO AZABACHE LIZA

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso; a mi querida esposa, María Elizabeth Ramos Gálvez; a mis queridos hijos, Mercy Berkley, Harley Jhunion, Kathery Jazmín y Greyssi Areli Herrera Ramos; a mis padres Flavio Herrera Tenorio y mi madre, Justina Díaz Arévalo; y a las personas que de una u otra manera siempre me han brindado su apoyo para seguir adelante en mis estudios y ser un profesional de éxito en la vida.

Santos Clemente Herrera Díaz



AGRADECIMIENTO

A mis padres por su apoyo incondicional durante mi formación profesional.

A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Martín por su valiosa contribución en mi formación profesional.

A mi asesora, la Ing. M.Sc. Mirtha Felícita Valverde Vera, por su constante orientación.

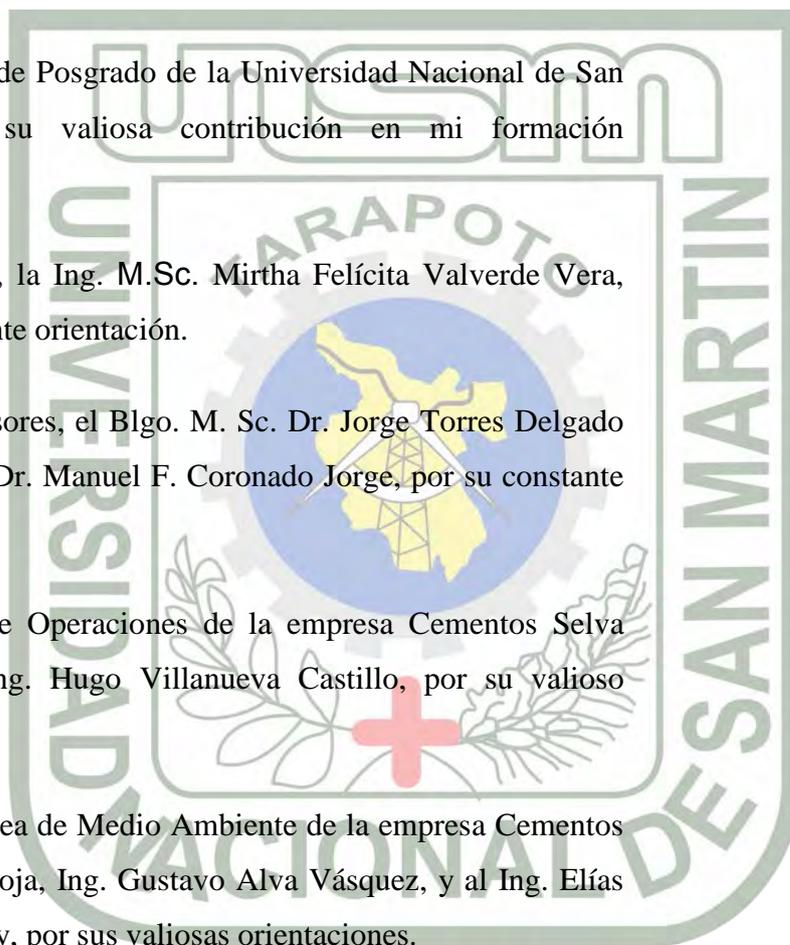
A mis co-asesores, el Blgo. M. Sc. Dr. Jorge Torres Delgado y Ing. M.Sc. Dr. Manuel F. Coronado Jorge, por su constante orientación.

Al Gerente de Operaciones de la empresa Cementos Selva S.A.-Rioja, Ing. Hugo Villanueva Castillo, por su valioso apoyo.

Al jefe del Área de Medio Ambiente de la empresa Cementos Selva S.A.-Rioja, Ing. Gustavo Alva Vásquez, y al Ing. Elías Suxe Vergaray, por sus valiosas orientaciones.

Al alcalde del distrito Elías Soplín Vargas, prof. Cesar Castañeda Alvites, por su valioso apoyo.

A todos mis familiares y amigos por su colaboración y apoyo desinteresado.



RESUMEN

El presente documento contiene el informe final de la tesis titulada “DISTRIBUCIÓN ESPACIAL VERTICAL DE LAS PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN PM10 DEL MEDIO ATMOSFÉRICO URBANO EN SEGUNDA JERUSALÉN-RIOJA-SAN MARTÍN-PERÚ”, PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL”.

Segunda Jerusalén es una población ubicada en el distrito de Elías Soplín Vargas, en la provincia de Rioja, región San Martín. Su población aproximada es de 6,412 habitantes, y en todo el ámbito del distrito es de 10,427 habitantes aproximadamente, cuya actividad económica principal está referida a la agricultura. Esta población tiene la particularidad de albergar una planta de producción de cemento, así como la cantera de donde se extrae la materia prima para esa industria. Esta situación ha sensibilizado a la población frente al problema de la contaminación ambiental generada por la industria de cemento y la ha enfrentado con la empresa Cementos Selva S. A, responsable de la planta.

El objetivo central del estudio ha sido la determinación del material particulado en suspensión en el medio atmosférico de la población de Segunda Jerusalén. A manera de objetivo secundario fue planteado la evaluación de los impactos ambientales potenciales de la materia particulada en suspensión y el planteamiento de medidas de control, mitigación y prevención de la contaminación atmosférica, producida por el material particulado PM10.

Para lograr los objetivos se efectuó un programa de monitoreo del aire en dos etapas y teniendo en consideración las estaciones del año. La primera etapa (época de invierno), se realizó del 25 de abril al 02 de mayo del año 2009 y la

segunda etapa (época de verano) se realizó del 12 al 19 de setiembre del mismo año, para ambos casos se utilizó un equipo de muestreo automático y se determinó la cantidad de partículas en suspensión de tamaño igual o menor que $10\ \mu\text{m}$ (PM10). Luego, se evaluaron los impactos ambientales potenciales aplicando métodos matriciales, (adaptados de Canter L, 1998).

El estudio concluye, indicando que la calidad del aire del medio atmosférico en la población de Segunda Jerusalén, en lo referente a material particulado en suspensión concerniente a partículas PM10, cumple las normas legales peruanas, pero se confirma la presencia de ese material en promedios cuyas cantidades son de $10.14\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la época de invierno y $13.37\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la época de verano, presentándose concentraciones más altas. El (D. S N° 074-2001-PCM), menciona que los Límites Máximos Permisibles (LMP), para material particulado PM10, corresponden a concentraciones de $150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Con respecto a la dirección del viento influye de manera poco favorable para el presente estudio para ambas épocas de verano e invierno, las tendencias con mayor frecuencia registradas se orientan hacia el NNW, ENE, ESE, E y relativamente hacia el Norte, dado que la Planta de Cementos Selva S.A, se encuentra ubicado al Sur de la población de Segunda Jerusalén.

Además se ha elaborado las matrices para la Evaluación de Impacto Ambiental, el cual en la sistematización se ha obtenido un nivel de ÓPTIMO ALTO. En cuanto a concentración de material particulado PM10, al final del informe, se indican las recomendaciones necesarias de prevención de la contaminación atmosférica a favor de la protección ambiental y la salud pública de la población de Segunda Jerusalén.

SUMMARY

This document contains the final report of the thesis entitled: "SPATIAL VERTICAL DISTRIBUTION OF THE PARTICLES IN SUSPENSION PM10 OF THE ATMOSPHERIC URBAN WAY IN THE SECOND JERUSALEN-RIOJA-SAN MARTIN-PERU", to obtain the Academic degree of Master in environmental management.

Second Jerusalem is a population located in Elias Soplin Vargas district, in the Rioja province, San Martin region. Its population is approximately 6.412 inhabitants, and in the entire field of district are 10.427 inhabitants, whose main economic activity is referring to agriculture. This population has the particularity to host a cement production plant, as well as the quarry extracted the raw material for that industry. This situation has sensitized the population cope with the problem of environmental pollution generated by the cement industry and has been confronted with the Cementos Selva S. A company, responsible for the plant.

The central objective of the study has been the determination of the particulate material in suspension in the atmospheric environment of the Segunda Jerusalem population. By way of secondary objective was raised the assessment of the potential environmental impacts of particulate matter in suspension and the approach of control measures, mitigation and prevention of air pollution, produced by the particulate material PM10.

To achieve the aims there was effected a program of air monitoring in two stages and having in consideration the stations of the year. The first stage (winter

epoch), it was realized from April 25 to May 02, 2009 and the second stage (summer epoch) fulfilled from 12 to 19 of September of the same year, In both cases used a sampling equipment automatic and it is determined the quantity of particles in suspension of size equal to or less than 10 μm (PM10). Then, we evaluated the potential environmental impacts by applying matrix methods, (Adapted from Canter L, 1998).

The study concludes, indicating that the quality of the air of the atmospheric environment in Second Jerusalem population, with regard to particulate material in suspension concerning particles PM10, meets the standards peruvian law, but it is confirmed the presence of this material in averages whose quantities are 10.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for the time of winter and 13.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for the time of summer, appearing higher concentrations. The (D. S N° 074-2001-PCM), mentions that the maximum allowable limits (PML), for particulate material PM10, correspond to concentrations of 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

With regard to the direction of the wind influences in a manner not very favorable to the present study for both times of summer and winter, the trends in most frequently recorded are orientated to the NNW, ENE, ESE, E and relatively to the North, given that the Cementos Selva S.A. plant, located in the South of the population of Second Jerusalem.

Key words: air monitoring, particulate matter.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
SUMMARY.....	v
CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. La atmósfera.....	4
2.2. Contaminación atmosférica.....	5
2.3. Contaminantes primarios.....	7
2.4. Fuentes de emisión de partículas.....	8
2.5. Número de puntos de muestreo sugerido por la OMS y la EPA.....	20
2.6. Técnica de medición de partículas en suspensión con equipo TEOM.....	21
2.7. Características del equipo TEOM.....	23
2.8. Estándares Ambientales.....	25
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. Materiales.....	28
3.2. Equipos.....	28
IV. METODOLOGÍA.....	30
4.1. Aplicación de la guía metodológica del Ministerio de Energía y Minas.....	30
4.2. Ámbito de estudio.....	30
4.3. Parámetros de monitoreo.....	30
4.4. Cantidad de puntos de muestreo.....	31
4.5. Localización de puntos de muestreo.....	31
4.6. Duración del programa de monitoreo.....	32
4.7. Frecuencia de muestreos.....	32
4.8. Tiempos de tomas de muestras.....	32
4.9. Selección del equipo de muestreo.....	34

4.10. Procedimiento de muestreo.....	34
4.11. Técnicas de análisis de muestras.....	35
4.12. Manejo de datos y garantía de calidad.....	36
4.13. Evaluación de impactos ambientales y potenciales.....	37
V. RESULTADOS.....	40
5.1. Fuentes de generación de material particulado.....	40
5.2. Partículas en suspensión en el medio atmosférico.....	40
5.3. Información climatológica época de invierno.....	42
5.4. Información climatológica época de verano.....	47
5.5. Cálculos estadísticos.....	54
5.6. Análisis estadístico.....	55
5.7. Evaluación de impactos ambientales potenciales.....	57
5.8. Medidas de control, mitigación y prevención.....	65
VI. DISCUSIONES.....	68
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
7.1. Conclusiones.....	69
7.1. Recomendaciones.....	71
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXOS.....	75
ANEXO I: UBICACIÓN GEOGRÁFICA SEGUNDA JERUSALEN.....	76
ANEXO II: PLANO DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO.....	77
ANEXO III: PROGRAMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE.....	78
ANEXO IV: VISTAS FOTOGRÁFICAS.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01.	Efectos en la salud humana por exposición a material particulado ...	9
Tabla N° 02.	Valores límites de PM10 y PM2,5 de varios países y guías de la OMS.....	12
Tabla N° 03.	Normas internacionales ambiente de calidad de aire (NAAQS-US-EPA.....	13
Tabla N° 04	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.....	16
Tabla N° 05.	Valores de tránsito.....	17
Tabla N° 06.	Estrategias del monitoreo atmosférico.....	18
Tabla N° 07.	Altura de muestreo atmosférico.....	19
Tabla N° 08.	Promedio sugerido de estaciones de muestreo de la calidad del aire en zonas urbanas de población determinada. OMS.	20
Tabla N° 09.	Promedio sugerido de estaciones de muestreo de la calidad del aire en zonas urbanas de población determinada. US EPA.	20
Tabla N° 10.	Valores de precisión y error de medida del TEOM.	25
Tabla N° 11.	Ubicación de los puntos de muestreo.....	32
Tabla N° 12.	Tiempos de muestreo época de invierno.....	33
Tabla N° 13.	Tiempos de muestreo época de verano.....	33
Tabla N° 14.	Esquema del método para el proceso de evaluación de impactos ambientales potenciales por PM10.....	37
Tabla N° 15.	Valoración escalar centesimal de impactos ambientales potenciales	39
Tabla N° 16	Fuentes de generación de material particulado.....	40
Tabla N° 17.	Resultados del análisis del peso de partículas $\leq 10 \mu\text{g}$ y cálculo de PM10 en el aire muestreado para la época de invierno.....	41
Tabla N° 18	Temperatura promedio diario época de invierno-2009.....	43
Tabla N° 19	Precipitación promedio diario época de invierno-2009.....	44
Tabla N° 20	Frecuencia de datos sobre dirección del viento.....	45
Tabla N° 21	Resultados del análisis del peso de partículas $\leq 10 \mu\text{m}$ y cálculo de PM10 muestreado para la época de verano.....	46
Tabla N° 22	Temperatura promedio diario época de verano.	48
Tabla N° 23	Precipitación promedio diario época de verano.....	49
Tabla N° 24	Frecuencia de datos sobre dirección del viento.....	50
Tabla N° 25	Registro hidrológico de la zona de estudio de 11 años.....	51
Tabla N° 26	Estadística descriptiva-épocas de invierno y verano-2009.....	54
Tabla N° 27.	Matriz de identificación de incidencias del proceso de inmisión de	

partículas en el aire sobre los factores y componentes ambientales....	59
Tabla N° 28. Matriz de calificación de incidencias del proceso de inmisión de partículas en el aire sobre los factores y componentes ambientales	60
Tabla N° 29. Matriz de incidencias totales.....	61
Tabla N° 30. Matriz de índice óptimo de calidad ambiental.....	62
Tabla N° 31. Matriz de nivel escalar óptimo.....	63
Tabla N° 32. Matriz de nivel de calidad ambiental.....	64
Tabla N° 33. Matriz de actuación propuesta para el control, mitigación y prevención de la contaminación por material particulado en Segunda Jerusalén.....	66



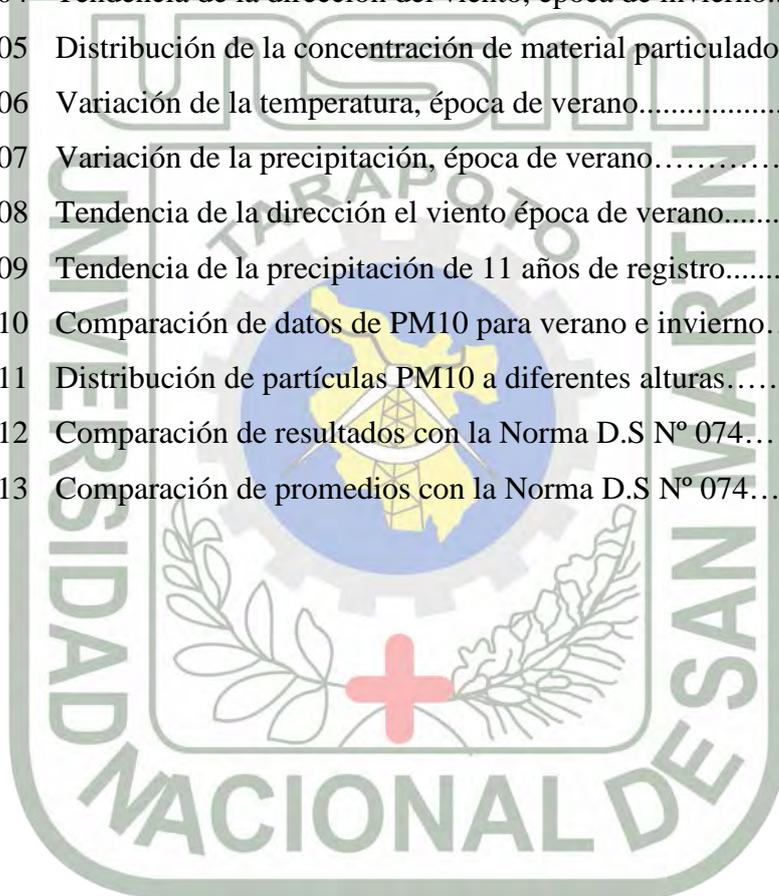
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura N° 01. Emisión de contaminantes atmosféricos.....	5
Figura N° 02. Dispersión de contaminantes atmosféricos sin inversión térmica.....	6
Figura N° 03. Dispersión de contaminantes atmosféricos con inversión térmica.	6
Figura N° 04. Esquema general del TEOM.....	22
Figura N° 05. Papel filtrante de aire tipo QF 20 Quartz Mater Run Filter	28
Figura N° 06. Equipo automático de muestreo de aire Low Vol PM10 Bravo M Plus TCR	29
Figura N° 07. Balanza analítica marca Sartorius modelo BP3015	29
Figura N° 08. GPS. Garmin Colorado 400c.....	29



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01	Distribución de la concentración de material particulado.....	41
Gráfico N° 02	Promedio de temperatura época de invierno.....	44
Gráfico N° 03	Precipitación promedio diario, época de invierno.....	45
Gráfico N° 04	Tendencia de la dirección del viento, época de invierno.....	46
Gráfico N° 05	Distribución de la concentración de material particulado.....	47
Gráfico N° 06	Variación de la temperatura, época de verano.....	49
Gráfico N° 07	Variación de la precipitación, época de verano.....	50
Gráfico N° 08	Tendencia de la dirección el viento época de verano.....	51
Gráfico N° 09	Tendencia de la precipitación de 11 años de registro.....	52
Gráfico N° 10	Comparación de datos de PM10 para verano e invierno.....	54
Gráfico N° 11	Distribución de partículas PM10 a diferentes alturas.....	55
Gráfico N° 12	Comparación de resultados con la Norma D.S N° 074.....	56
Gráfico N° 13	Comparación de promedios con la Norma D.S N° 074.....	56



GLOSARIO DE TÉRMINOS

CONCENTRACIÓN. Contaminante presente en un medio, generalmente expresada en unidades de masa como micro o nanogramos fraccionando a una unidad de masa mayor como gramos o kilos ($\mu\text{g}/\text{k}$ o ng/g) o a una de volumen como centímetros o metros cúbicos ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ o ng/cc).

CONCENTRACIÓN DE 24 HORAS. Corresponde a la media aritmética de los valores efectivamente medidos de concentración en cada estación monitorea en 24 horas consecutivas. En caso de utilizarse monitores con resolución temporal inferior a 24 horas, o de pérdida parcial de información horaria, el número de valores a considerar en el cálculo de la media será mayor o igual que el equivalente a 18 horas.

CONTAMINANTE PRIMARIO. Contaminante producido directamente por la actividad humana o la naturaleza.

CONTAMINANTE SECUNDARIO. Contaminante producido a partir de algún(os) contaminante(s) primario(s) y otras sustancias.

CONTAMINACIÓN INTRADOMICILIARIA. Contaminación intra domiciliaria es toda emisión de sustancia y/o compuestos dentro de casas, colegios y oficinas que puedan afectar la salud de quienes habitan en ellas. Además, debemos saber que la contaminación al interior, puede superar al exterior y afectar más gravemente, ya que la mayor parte del día nos encontramos en espacios interiores.

EMISIÓN. Lanzamiento de materiales al aire, ya sea por un foco localizado (emisión primaria) o como resultado de reacciones fotoquímicas o cadena de reacciones iniciadas por un proceso fotoquímico (emisión secundaria).

ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AIRE. Aquellos que consideran los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana.

GRAVIMETRÍA. La gravimetría se refiere a la medición del peso. El peso del filtro con el contaminante recolectado menos el peso de un filtro limpio da la cantidad de material particulado en un determinado volumen de aire.

ICAP: Índice de Calidad del Aire por Partículas. Es un indicador creado, basado en la cantidad de partículas respirables (PM10), medidas en mg, presentes en un m³.

IMPACTO AMBIENTAL. La alteración positiva o negativa de la calidad ambiental, provocada o inducida por cualquier acción del hombre. Es un juicio de valor sobre un efecto ambiental, es un cambio neto (bueno o malo) en la salud del hombre o en su bienestar.

INMISIÓN. Concentración de contaminantes una vez emitidos, transportados y dispersados en la atmósfera de modo temporal o permanente.

INVERSION TÉRMICA. Se habla de inversión térmica cada vez que la temperatura aumenta con la altura. En este caso la estabilidad atmosférica es intensa y la inversión térmica inhibe los movimientos verticales. El comportamiento normal de la temperatura a medida que aumentamos en altura es disminuir, luego el proceso en que la temperatura aumente con la altura se denomina inversión térmica.

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE. Nivel de concentración o cantidades de uno o más contaminantes, por debajo del cual no se prevé riesgo para la salud, el bienestar humano y los ecosistemas, que es fijado por la Autoridad Ambiental Competente y es legalmente exigible. Los LMP, son revisados por la autoridad ambiental competente cada 5 años.

MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE (MP10). Comprende las partículas de diámetro aerodinámico (d.a) menor a 10 µm. Representa una mezcla compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas. Estas partículas penetran a lo largo de todo el sistema respiratorio hasta los pulmones, produciendo irritaciones e incidiendo en diversas enfermedades. De acuerdo a la masa y composición se tienden a dividir en dos grupos principales, MP grueso, de mayor a 2,5 µm y

menor a 10 μm y MP Fino menor a 2,5 μm , existiendo también el denominado MP ultrafino de alrededor de 0,1 μm .

MATERIAL PARTICULADO (MP). Es una mezcla de partículas líquidas, sólidas o líquidas y sólidas suspendidas en el aire que difieren en tamaño, composición y origen. El tamaño de las partículas suspendidas en la atmósfera varía en más de cuatro órdenes de magnitud, desde unos pocos nanómetros a decenas de micrómetros.

MICROGRAMO (μg). Unidad de masa que corresponde a la millonésima parte de un gramo.

MICROGRAMOS POR METRO CÚBICO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Es la unidad que con mayor frecuencia se utiliza. Relaciona la masa de contaminante con el volumen de aire que lo contiene.

MONITOREO. Acciones de observación, muestreo, medición y análisis de datos técnicos y ambientales para definir las características del medio o entorno, identificar los impactos ambientales de las actividades del sector y su variación o cambio durante el tiempo.

NANOGRAMO (ng). Unidad de masa que corresponde la milmillonésima parte de un gramo o la milésima de un microgramo.

PARTES POR MILLÓN (ppm): Unidad de concentración que corresponde al fraccionamiento de una unidad en un millón. Basada en medidas de volumen, representando el volumen de contaminante contenido en un millón de volumen de aire.

PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN. Son partículas presentes en el aire de diversa índole puede ser producido por acción natural, por actividades humanas o una combinación de ambos.

PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PTS). Son materiales finamente divididos, presentes (suspendidos) en el aire, sólidos o líquidos de un diámetro igual o inferior a 50 micrómetros (μm). La fracción de PTS de tamaño superior a

10 micrones corresponde a partículas no respirables, depositándose en la parte superior del sistema respiratorio y son limpiadas y expulsadas a través de la formación de mucus, a través de la tos o de la deglución.

PM 2,5. Corresponde a la fracción fina del MP2.5, con un diámetro aerodinámico inferior a 2,5 μm , lo que les permite penetrar más por el sistema respiratorio llegando a los alvéolos pulmonares.

POLUCIÓN DEL AIRE. Polución del aire significa la presencia de una o más sustancias en el aire, que tienen efectos negativos en humanos, animales y plantas, y en la calidad del aire. Las sustancias que cambian la composición del aire negativamente y las sustancias en el aire que causan molestias son llamadas polución del aire. Los principales causantes de la polución del aire son los óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs) y pequeñas partículas de polvo.

Partícula. Término que se emplea para describir cualquier material sólido o líquido dividido finamente, que es dispersado y arrastrado por el aire y que tiene un tamaño que varía entre 0.0002 y 500 μm . Los términos "aerosol" y "partículas" se utilizan a veces indistintamente, pues los aerosoles se definen como dispersiones de sólidos o líquidos en un medio gaseoso, que también se originan como resultado de la oxidación de contaminantes gaseosos en la atmósfera y su reacción con vapor de agua.

SMOG. Es el nombre a la contaminación atmosférica más visible, generalmente formada por material particulado y contaminantes gaseosos como el dióxido de azufre. El término "smog", en inglés se "fabricó" con los términos Smoke (humo) y fog (neblina) y fue acuñado cuando la concentración de contaminantes mantenía a la ciudad de Londres bajo una casi permanente neblina. Puede producir irritación en los ojos y vías respiratorias, corrosión en edificios, estatuas, monumentos.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica es la presencia en la atmosfera de sustancias no deseables, en concentraciones, tiempo y circunstancias tales que pueden afectar significativamente el confort, la salud y el bienestar de las personas o el uso y disfrute de sus propiedades. La presencia de partículas en la atmosfera, solas o combinadas con otros contaminantes, genera riesgos para la salud, afectando el sistema respiratorio humano¹, aun en concentraciones bajas de partículas respirables ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), se pueden incrementar los riesgos de Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) y episodios asmáticos².

La “partícula” es un término que se emplea para describir cualquier material solido o liquido dividido finamente, que es dispersado y arrastrado por el aire y que tiene un tamaño que varía entre 0.0002 y $500 \mu\text{m}$. Los términos “aerosol” y “partículas” se utilizan a veces indistintamente, pues los aerosoles se definen como dispersiones de sólidos o líquidos en un medio gaseoso, que también se originan como resultado de la oxidación de contaminantes gaseosos en la atmosfera y su reacción con vapor de agua.

Las emisiones de partículas naturales incluyen polvos, aspersión marina, emisiones volcánicas, emanaciones de la flora, e incendios de bosques. Las emisiones antropogénicas provienen de fuentes estacionarias, fuentes fugitivas (polvos de las carreteras e industrias), y fuentes móviles. Se discuten en diferentes espacios sobre la necesidad de monitorear partículas PM2.5, además de las partículas PM10, dado que existe evidencia de estudios nacionales e internacionales según los cuales, las partículas más finas tienen una mayor asociación con los indicadores de mortalidad y morbilidad de la población. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la exposición a las partículas supone graves riesgos para la salud en muchas ciudades de los países del mundo³. Las partículas respirables se han clasificado de acuerdo a dos tamaños: PM10 y PM2.5. Las primeras son aquellas partículas gruesas

¹ NIETO, O., 1993. Efectos en la salud de la contaminación por material particulado. Curso Contaminación del Aire por Material Particulado. AINSA. Medellín-Colombia.

² ABBEY ET AL, 1995. Los síntomas crónicos respiratorios relacionados con las concentraciones ambientales a largo plazo de las partículas finas, menos de 2,5 micras de diámetro aerodinámico (PM 2.5) y otros contaminantes del aire. Medio Epidemiol. Vol.5. p.137-159.

³ Organización Mundial de la Salud (OMS), 2007. Directrices sobre la calidad del aire en la protección de la salud pública.

que en su mayoría presentan un pH básico producto de la combustión no controlada; algunas están relacionadas con la desintegración mecánica de la materia o la resuspensión de partículas en el ambiente. El segundo agrupa a las partículas generalmente ácidas, que contienen hollín y otros derivados de las emisiones vehiculares e industriales, y corresponde a la fracción más pequeña y agresiva debido a que estas son respirables en un 100% y por ello se alojan en bronquios, bronquiolos y alveolos⁴.

Las partículas mayores de 10 μm permanecen en suspensión en el aire durante periodos de tiempo relativamente cortos, como consecuencia de elevadas tasas de sedimentación gravitacional. Como resultado de los procesos de coagulación y sedimentación, las partículas que permanecen suspendidas en la atmósfera durante prolongados periodos, se encuentran predominantemente en la gama de tamaños comprendida entre 0.1 y 10 μm . El tamaño de las partículas es un factor muy importante en la determinación de los efectos sobre la salud. En general aquellas partículas de diámetro aerodinámico mayor de 2 a 5 micrómetros no penetran muy profundamente en los pulmones pues son interceptadas por los pelos nasales o se quedan en las membranas mucosas de los pasajes orales o en la tráquea. Las partículas muy pequeñas (menores que 0.1 μm) tienden a depositarse en el árbol traqueo-bronquial por difusión, y entonces son removidas de la misma manera que las partículas grandes. Pero las partículas en el intervalo de tamaño de 0.1 a 3 μm pueden penetrar muy profundo en los pulmones y después son depositadas en los bronquiolos respiratorios o en los sacos alveolares⁵. Considerando que una persona inhala un promedio de 7500 litros de aire diariamente, de modo que sus pulmones y sistema respiratorio en general tienen grandes posibilidades de retener partículas nocivas suspendidas en el aire⁶. Varios países, desde la última mitad de la década de los años 1980, han incluido normas sobre PM10 y PM2.5 por considerarlas muy peligrosas para la salud humana⁷.

⁴ LARSEN. B. 2003. "Higiene y salud en los países en desarrollo: la definición de prioridades a través de evaluaciones de coste- beneficio." *International Diario de Investigación en Salud Ambiental*, N ° 13. 2003. pp. 37 a 46.

⁵ NAVARRO, R., 1981. *Química Ambiental: Contaminación del aire y del agua*. Editorial Brume, Barcelona. ISBN: 84- 7031-259-6. pp. 67-136.

⁶ W. Strauss *et al.*, 1997. *Contaminación del aire, causas efectos y soluciones*. México.

⁷ Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente-CEPIS, 1999. *Curso de orientación para el control de la contaminación del aire. Manual de auto-instrucción*. Lima-Perú.

En la ciudad de Segunda Jerusalén, distrito Elías Soplín Vargas, provincia de Rioja, departamento de San Martín-Perú, se ha establecido una única industria que corresponde a la fábrica de cemento que posee una capacidad aproximada de 150.000 toneladas métricas al año en producción de cemento⁸, y que viene funcionando desde hace 11 años. A propósito de esta presencia industrial, la Red de Salud de Rioja, del Ministerio de Salud, emitió un informe que muestra que los índices de enfermedades respiratorias de la población han ido incrementándose típicamente en el período de funcionamiento de la fábrica de cemento⁹. Establecida la sospecha de la relación de causalidad entre el cuadro de salud humana respiratoria y el funcionamiento de la fábrica de cemento, aún cuando el control de monitoreos ambientales de PM10 declarado por Cementos Selva S. A. muestra una variación por debajo de la norma peruana¹⁰, diversas organizaciones locales han iniciado el estudio con mayor profundidad sobre los hechos.

En este contexto se enmarca el presente estudio ambiental desarrollado en el ámbito de la población de Segunda Jerusalén con los siguientes objetivos: (a) determinación de partículas en suspensión en el aire, (b) evaluación de los impactos generados por esas partículas en suspensión sobre el medio atmosférico y (c) planteamiento de medidas de prevención, mitigación y control del impacto de tales partículas en suspensión sobre el ambiente y la salud humana.

En el presente estudio se ha determinado una concentración promedio de PM10 igual que 10,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; para la época de invierno y 13,37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para la época de verano, además, que la calidad del aire en Segunda Jerusalén es de un nivel ÓPTIMO ALTO, es decir solo para el caso de este estudio, a pesar de los impactos generados por las partículas en suspensión sobre el medio atmosférico. Finalmente, el estudio presenta una propuesta de acciones para la preservación de la calidad del aire en la población de Segunda Jerusalén.

⁸ Tecnología XXI S.A, 2002. Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA). Cementos Selva S.A.

⁹ RED DE SALUD DE RIOJA-MINISTERIO DE SALUD-MINSA/2005. Informe de índice de enfermedades respiratorias en la población de Segunda Jerusalén.

¹⁰MINISTERIO DE PRODUCCIÓN-PRODUCE. 2005. Hoja de reporte del control de monitoreos Ambientales-Calidad de aire-Cementos Selva S.A.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. LA ATMÓSFERA.

La atmósfera es la envoltura gaseosa, de unos 200 kilómetros de espesor que rodea la Tierra. Constituye el principal mecanismo de defensa de las distintas formas de vida. Ha necesitado miles de millones de años para alcanzar su actual composición y estructura que la hacen apta para la respiración de los seres vivos que la habitan. Una de las funciones más importantes que realiza la atmósfera es proteger a los seres vivos de los efectos nocivos de las radiaciones solares ultravioleta. La Tierra recibe todo un amplio espectro de radiaciones procedentes del Sol, que terminarían con toda forma posible de vida sobre su superficie de no ser por el ozono y el oxígeno de la atmósfera, que actúan como un filtro absorbiendo parte de las radiaciones ultravioletas. La atmósfera es una capa gaseosa que rodea el globo terráqueo, es transparente e impalpable, y no resulta fácil señalar exactamente su espesor, ya que no posee una superficie superior definida que la limite, sino que se va haciendo menos densa a medida que aumenta la altura.

La atmósfera está formada por varias capas concéntricas:

- Las capas bajas, que no mantienen una altura constante, y a las que se denomina **troposfera** y **estratosfera**.
- Las capas altas, a las que se da el nombre de **ionosfera** y **exosfera**.

Los gases atmosféricos forman la mezcla que conocemos por *aire*. En las partes más inferiores de la troposfera, el aire está compuesto principalmente por nitrógeno y oxígeno, aunque también existen pequeñas cantidades de argón, dióxido de carbono, neón, helio, ozono y otros gases. También hay cantidades variables de polvo procedentes de la Tierra, y vapor de agua. Los principales componentes ocupan cerca del 100% del porcentaje en volumen del aire y son los siguientes: 78,084 % de nitrógeno (N₂), 20,940 % de Oxígeno (O₂), 0,934 % de argón (Ar) y 0,032 % de dióxido de carbono (CO₂) ¹¹.

¹¹ Turk, Wittles.1999. Ecología, Contaminación y Medio Ambiente. Madrid-España.

2.2. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

Se entiende por contaminación atmosférica a la alteración de la composición normal del aire o a la presencia en el aire de sustancias o formas de energía (radiaciones, vibraciones, ruido, ionizantes, etc.) que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas o a sus bienes de cualquier naturaleza, o para el ambiente. Cuando estas materias o formas de energía ponen o es probable que pongan en peligro la salud humana, su bienestar, sus recursos o a la naturaleza, directa o indirectamente, se les denominan contaminantes. Al proceso de vertido de contaminantes a la atmósfera se le denomina **emisión** (Figura N° 1), mientras que a la concentración de contaminantes una vez emitidos, transportados y dispersados en la atmósfera se le denomina **inmisión**, (Sedding, 2002).

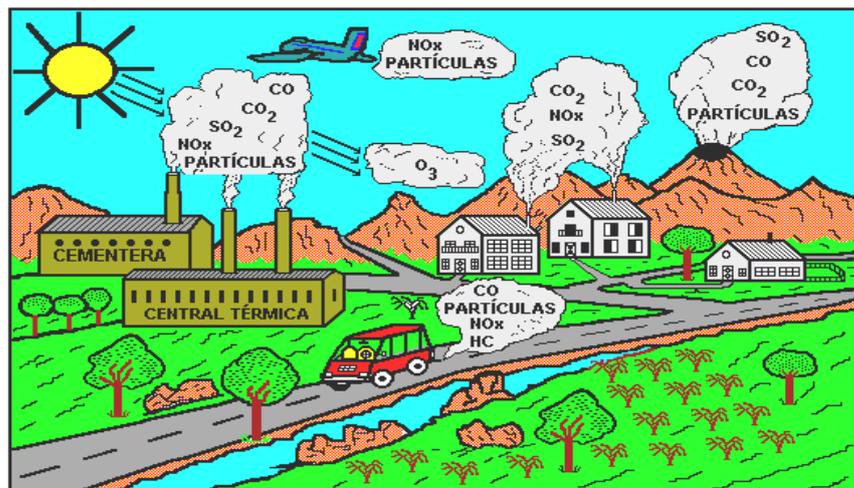


Figura N° 1. Emisión de contaminantes atmosféricos

Fuente: (Sedding, 2002).

En situación normal, en la zona baja de la tropósfera, la temperatura disminuye al aumentar la altitud. El aire más próximo a la superficie terrestre es calentado por ésta, se hace menos denso que el aire más frío que hay sobre él, produciendo con ello una **circulación vertical del aire** que ayuda a la dispersión de contaminantes (Figura N° 2).

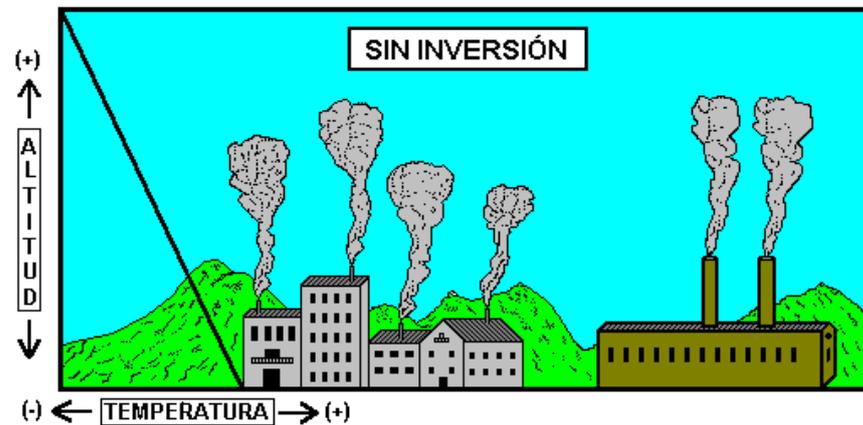


FIGURA N° 2. Dispersión de contaminantes atmosféricos sin inversión térmica

Fuente: (Sedding, 2002).

Sin embargo, las condiciones meteorológicas (presión atmosférica, temperatura y humedad), son las que componen el estado del tiempo el cual varía de acuerdo a la ubicación geográfica de determinado lugar y por ende depende de su clima y de la latitud y altitud de un lugar. La misma que puede causar una inversión en el esquema normal de temperatura. El resultado es la formación de una capa de inversión térmica que consiste en la ubicación de una masa de aire más frío por debajo de otra de aire más cálido, impidiendo la circulación vertical del aire. En éstas condiciones los contaminantes vertidos al aire no pueden dispersarse por quedar atrapados en la capa inferior en la que no circula verticalmente el aire y se van acumulando (Figura N° 3.).

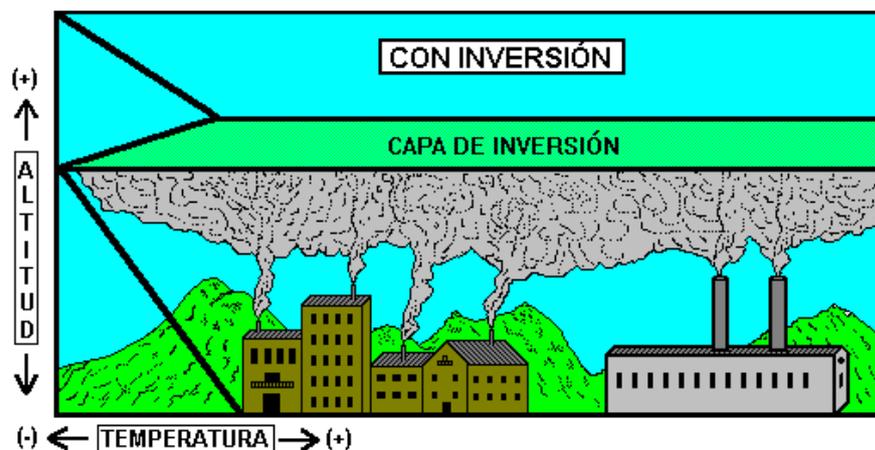


FIGURA N° 3. Dispersión de contaminantes atmosféricos con inversión térmica.

Fuente: (Sedding, 2002).

2.3. CONTAMINANTES PRIMARIOS.

Los contaminantes primarios son sustancias o formas de energía vertidas directamente a la atmósfera desde los focos emisores, entre ellos se encuentran el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos. También son contaminantes primarios las **partículas sólidas en suspensión**, de diámetro aerodinámico menor o igual que 10 μm y las **partículas sólidas sedimentables**, de diámetro mayor que 10 μm , cuya procedencia y composición es muy variada.

El **diámetro aerodinámico** es el diámetro de una esfera de densidad unitaria que tiene la misma velocidad de sedimentación que la partícula en cuestión. La Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno (ACGIH) fija los Valores Terminales Límite (TLV) para muchos riesgos químicos y físicos. La ACGIH recomienda los TLV selectivos de tamaños de partículas para sustancias peligrosas por inhalación en el lugar de trabajo. El Tamaño de las partículas determina el sitio de depósito en el tracto respiratorio y el efecto subsiguiente a la salud. Los TLV de la ACGIH están expresados en tres criterios de muestreo selectivo de tamaño:

- 1). **Masa de Materia Particulada Inhalable.** Son partículas sólidas suspendidas en el aire que tienen un punto de recorte de 50% de 100 μm . Estas partículas pueden ser perjudiciales cuando se depositan en la región del conducto de aire de la cabeza.
- 2). **Masa de Materia Particulada Torácico.** Son partículas sólidas suspendidas en el aire que tienen un punto de recorte de 50% de 10 μm . Estas partículas pueden ser perjudiciales cuando se depositan en los conductos de aire de los pulmones.
- 3). **Masa de Materia Particulada Respirable.** Son partículas sólidas suspendidas en el aire que tienen un punto de recorte de 50% de 4 μm . Estas partículas pueden ser perjudiciales cuando se depositan en las regiones de intercambio de gases de los pulmones.

2.4. FUENTES DE EMISIÓN DE PARTÍCULAS.

2.4.1. Principales fuentes de emisión de partículas.

Las principales fuentes de emisión de partículas sólidas suspendidas son: el proceso de combustión de gasolina, petróleo, alquitranes, etc; el polvo del suelo, erupciones volcánicas, incendios, incineraciones no depuradas de basuras, humos de industrias.

Para el caso del presente estudio las fuentes de emisión de partículas en Segunda Jerusalén son generadas mediante las actividades económicas (Planta de Cementos Selva S.A, molinos de arroz, carpinterías), medios de transporte y en obras civiles (mejoramiento de vías y la construcción de viviendas).

2.4.2. Efectos en la salud humana y ambiental.

Los principales efectos en la salud humana y ambiental debido la contaminación del aire con partículas son: irritación de ojos y del sistema respiratorio, penetración por las vías respiratorias y fijación en los alvéolos pulmonares, pueden provocar asma y tumores bronquiales, interferencia de la fotosíntesis de las plantas perturbando el intercambio de CO_2 en la atmósfera al impedir la penetración de la luz solar, ennegrecimiento de edificios y bienes de uso, potencian el efecto de otros contaminantes gaseosos, etc.

Los efectos son variados pero pueden mencionarse las lesiones al aparato respiratorio, producción de necrosis de las plantas (muerte de las células), destrucción de las plantas jóvenes dando a las mismas aspecto de quemadas, la inutilización de las plantas para la alimentación, (CEPIS/OPS/OMS, 1999). (VER TABLA 01).

TABLA N° 01. Efectos en la salud humana por exposición a material particulado de PM10 y PM 2.5.

CONCENTRACIÓN ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	EFEECTO OBSERVADO	IMPACTO
200	Disminución de capacidad respiratoria	Moderado
250	Aumento de enfermedades respiratorias en ancianos y niños	Moderado
400	Afecta a toda la población	Grave
500	Aumento de mortalidad en adulto mayor y enfermos	Muy grave

Fuente: CEPIS / OPS / OMS, 1999.

Los efectos de la contaminación del aire se estudian por medio de experimentos en animales, observando los síntomas de voluntarios humanos y examinando los registros hospitalarios y otra información acerca de la salud obtenida de encuestas comunitarias y pruebas de la función pulmonar. Los daños causados por la contaminación del aire han sido documentados en las tres clases de estudios. La contaminación del aire puede matar, especialmente cuando varias clases de contaminación actúan juntas. En Londres, en 1952, una "niebla asesina" contaminada con azufre y partículas, cobró unas 4000 vidas. Las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas fueron especialmente vulnerables. En Estados Unidos, un estudio de la Universidad de Harvard estimó que cada año aproximadamente cinco por ciento de las muertes en la ciudad norteamericana contaminada típica están vinculadas con las partículas ácidas en el aire. Otro estudio de la contaminación por materia particulada estima que decenas de miles de muertes prematuras cada año pueden ser atribuidas a este tipo de contaminación del aire, CEPIS / OPS / OMS, 1999).

La contaminación puede ser un problema grave incluso en niveles relativamente bajos. Las normas federales actuales de los Estados Unidos. La "American Lung Association" considera que varias de las normas federales actuales relativas a la calidad del

aire, tales como las del ozono y las materias particuladas, deben ser reforzadas para proteger la salud pública.

Con relación a las partículas en el aire, el factor determinante en el efecto en la salud es su tamaño, debido al grado de penetración y permanencia que ellas tienen en el sistema respiratorio. La mayoría de las partículas cuyo diámetro es mayor a 5 μm se depositan en las vías aéreas superiores (nariz) y en la tráquea y bronquios. Aquellas cuyo diámetro es inferior tienen mayor probabilidad de depositarse en los bronquiolos y alvéolos a medida que su tamaño disminuye.

Según el tamaño y la composición de la partícula puede producir lo siguiente:

- Aumento en la frecuencia de cáncer pulmonar
- Muertes prematuras
- Síntomas respiratorios severos
- Irritación de ojos y nariz de las personas
- Agrava el asma y las enfermedades cardiovasculares.

Con respecto a la salud de la población de Segunda Jerusalén, es relativo siendo necesario un estudio epidemiológico.

Por otro lado, los contaminantes pueden producir los siguientes efectos:

a). Daños a bienes:

- Modificación del aspecto de edificios e instalaciones
- Decoloración de pinturas
- Deterioro de las construcciones
- Corrosión de metales
- Ataca a materiales orgánicos (Piel, papel, textiles, etc.).

b). Daños por pérdidas:

- En reparar daños materiales o desgastes (Corrosión de metales, edificios, mercancías, pérdidas agrícolas).

c). Daños por gastos:

- En costos por equipos anticontaminantes y dispositivos de medida.

d). Daños a las plantas:

- Produce necrosis (muerte de las células)
- Destruye plantas jóvenes dando a las mismas aspecto de quemadas, se decoloran y se vuelven rígidas
- Hace a las plantas inutilizables para la alimentación.

Para la (OMS, 1999), considera la salud como un **“estado de completo bienestar, físico, mental y social y no meramente la ausencia de la enfermedad y la dolencia”**. Por lo que la contaminación atmosférica requiere la **implantación de acciones para mejorar la calidad del aire** a fin de proteger la salud de las personas y el ambiente, siendo los primeros pasos el establecimiento de normas de calidad del aire y la medición de la calidad del aire.

Respecto al establecimiento de normas de calidad del aire para el caso de las partículas totales suspendidas, la atención se ha concentrado mayormente en las partículas PM10 porque pueden penetrar con facilidad al sistema respiratorio humano y causar efectos adversos a la salud de las personas. Han sido establecidas guías y normas de calidad del aire con la finalidad de proteger la salud humana (normas primarias) y proteger el bienestar del ser humano y los ecosistemas (normas secundarias). Las guías son recomendaciones para los niveles de exposición de contaminantes atmosféricos a fin de reducir la contaminación atmosférica. Las normas establecen las concentraciones máximas permisibles de los contaminantes atmosféricos durante un período definido. Son los valores límite diseñados con un margen de protección ante los riesgos. Varios países al definir partículas totales en suspensión han especificado a las partículas con 10 μm o menos de diámetro (PM10) y a las partículas con 2,5 μm o menos de diámetro aerodinámico (PM2.5)

(CEPIS / OPS / OMS, 1999). Es así como en varios países la Norma Primaria de Calidad del aire para contaminante PM10 establece como límite máximo ciento cincuenta microgramos por metro cúbico normalizado de aire ($150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) como concentración promedio de 24 horas (CEPIS / OPS / OMS, 1999). Tal como se muestra en la TABLA N° 02.

TABLA N° 02. Valores límite de PM10 y PM2.5 de varios países y guía de la OMS.

OMS	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	24 h	1 año	24 h	1 año	24 h	1 mes	1 año
Argentina						150	
Bolivia					260		75
Brasil	150	50			240		80
Chile	150				260		75
Colombia					400		77
México	150	50			260		75
Perú	150 (*)	50 (**)					
USA	150	50	65	15			

Fuente: CEPIS / OPS / OMS, 1999.

Nota: (*) No exceder más de tres veces al año. (**) Media aritmética anual.

❖ Normas internacionales ambiente de calidad de aire (NAAQS)-US EPA.

La (United States Environmental Protection Agency (US EPA), ha establecido Normas nacionales de calidad de aire ambiente (40 CFR parte 50) para las sustancias contaminantes considerados dañinos para la salud pública y el medio ambiente. La Ley de aire limpio estableció dos tipos de normas de calidad de aire nacional. **Normas primarias** que establecen límites para proteger la salud pública, incluida la salud de las poblaciones "sensibles" como asmáticos, niños y ancianos. **Normas secundarias** que establecen límites para proteger el bienestar público, incluyendo la protección contra la disminución de visibilidad, daños a los animales, cultivos, vegetación y edificios. Estableciendo normas nacionales para contaminantes principales, que se denominan "criterios" contaminantes. Se enumeran a continuación. Unidades de medida de las normas son partes por millón (ppm) en volumen,

partes por mil millones (FP - 1 parte en 1.000.000.000) en volumen, miligramos por metro cúbico de aire (mg/m^3) y microgramos por metro cúbico de aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), (EPA, 2006).

TABLA N° 03. Normas internacionales ambiente de calidad de aire (NAAQS) - US EPA.

Contaminante	Normas primarias		Normas secundarias	
	Nivel	Con un promedio de tiempo	Nivel	Con un promedio de tiempo
Monóxido de Carbono	9 ppm (10 mg/m^3)	8 horas ⁽¹⁾	Ninguno	
	35 ppm (40 mg/m^3)	1 hora ⁽¹⁾		
Plomo	0,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sucesiva de 3 meses media	Igual que la primaria	
	1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio trimestral	Igual que la primaria	
Dióxido de Nitrógeno	El MPP 53 ⁽³⁾	Anual (Media aritmética)	Igual que la primaria	
	MPP 100	1 hora ⁽⁴⁾	Ninguno	
Partículas (PM 10)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 horas ⁽⁵⁾	Igual que la primaria	
Partículas (PM 2.5)	15,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anual ⁽⁶⁾ (Media aritmética)	Igual que la primaria	
	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 horas ⁽⁷⁾	Igual que la primaria	
Ozono	0.075 ppm (std de 2008)	8 horas ⁽⁸⁾	Igual que la primaria	
	0.08 ppm (std de 1997)	8 horas ⁽⁹⁾	Igual que la primaria	
	0.12 ppm	1 hora ⁽¹⁰⁾	Igual que la primaria	
Dióxido de Azufre	0,03 ppm	Anual (Media aritmética)	0,5ppm	3 horas
	0,14 ppm	24 horas		
	El MPP 75 ⁽¹¹⁾	1 hora	Ninguno	

Fuente: EPA, 2006.

NOTA: ⁽¹⁾No se superarán en más de una vez por año. ⁽²⁾Norma final firmado el 15 de octubre de 2008. ⁽³⁾Nivel oficial del anual 2 estándar es 0.053 ppm, igual al MPP 53, que se muestra aquí con el propósito de comparación más clara para el estándar de 1 hora. ⁽⁴⁾Para lograr esta norma, el promedio de 3 años del percentil 98^a del promedio diario de 1 hora máximo en cada monitor dentro de un área no debe superar el MPP 100 (en vigor desde el 22 de

enero de 2010). ⁽⁵⁾Para no ser superado más de una vez por año en promedio más de 3 años. ⁽⁶⁾Para lograr esta norma, el promedio de 3 años de las ponderadas anuales concentraciones de PM2.5 medias de único o varios monitores orientadas a la comunidad no deben exceder 15,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. ⁽⁷⁾Para lograr esta norma, el promedio de 3 años del percentil 98^a de concentraciones de 24 horas en cada monitor orientado a la población dentro de un área no debe superar 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (en vigor desde el 17 de diciembre de 2006). ⁽⁸⁾Para lograr esta norma, el promedio de 3 años de las concentraciones de ozono promedio de máximo 8 horas diarias de la cuarta más alta medidas en cada monitor dentro de un área más cada año no superará 0.075 ppm. (efectivo el 27 de mayo de 2008). ⁽⁹⁾(a) para alcanzar este nivel, la media de 3 años de las concentraciones de ozono promedio de máximo 8 horas diarias de la cuarta más alta medidas en cada monitor dentro de un área más cada año no debe superar el 0.08 ppm. (b) el estándar de 1997, y las normas de aplicación de esa norma, permanecerán en vigor a fines de la aplicación como EPA lleva a cabo averiguaciones para abordar la transición de la capa de ozono de 1997 estándar a la norma de ozono de 2008. (c) EPA es en el proceso de revisar estas normas (definidas en marzo de 2008). ⁽¹⁰⁾(a) EPA había revocado el ozono de la hora estándar en todos los ámbitos, aunque algunas áreas tienen obligaciones continuas en virtud de ese estándar ("anti-retrocesos"). (b) el estándar se alcanza cuando el número esperado de días por año calendario con las concentraciones medias por hora máximas superior 0,12 ppm es ≤ 1 . ⁽¹¹⁾Norma (a) Final firmado el 2 de junio de 2010, (EPA, 2010).

En el Perú también se ha establecido el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (Decreto Supremo N° 074 – 2001 – PCM), con el objetivo de proteger la salud humana y la calidad ambiental del aire. Entre otras disposiciones estipula que:

- Además de la evaluación del material particulado PM10, deberá realizarse el monitoreo periódico del material particulado con

diámetro igual o menor que 2,5 μm (PM2.5) con el objeto de establecer su correlación con el PM10.

- Deberán realizarse estudios semestrales de “especiación” del PM10 para determinar su composición química, enfocando el estudio en partículas de carbono, nitratos, sulfatos y metales pesados.
- Los estándares primarios de calidad ambiental del aire para PM10 son: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un período de exposición de 1 año calculado como la media aritmética anual y 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un período de exposición de 24 horas el cual no debe excederse más de 3 veces al año, ambos determinados mediante métodos de separación inercial, filtración y gravimetría.
- El monitoreo de la calidad del aire, la evaluación de los resultados y el inventario de emisiones en el ámbito nacional es una actividad permanente, a cargo del Ministerio de Salud a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA).
- La elaboración de estudios epidemiológicos relacionados a la calidad del aire también es responsabilidad del Ministerio de Salud.

TABLA N° 04. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

CONTAMINANTES	PERIODO	FORMA DEL ESTANDAR		MÉTODO DE ANÁLISIS ¹⁽¹⁾
		VALOR	FORMATO	
Dióxido de Azufre	Anual	80	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (Método automático)
	24 horas	365	NE más de 1 vez al año	
PM10	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercial/filtración (gravimetría)
	24 horas	150	NE más de 3 veces/año	
Monóxido de Carbono	8 horas	10000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
	1 hora	30000	NE más de 1 vez/año	
Dióxido de Nitrógeno	Anual	100	Promedio aritmético anual	Quimioluminiscencia (Método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 vez/año	
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 vez/año	Fotometría UV (Método automático)
Plomo	Anual ²⁽²⁾			Método para PM10 (espectrofotometría de absorción atómica)
	Mensual	15	NE más de 24 vez/año	
Sulfuro de Hidrógeno	24 horas ²			Fluorescencia UV (Método automático)

Fuente: D.S N° 074, 2001.

¹⁽¹⁾ Método equivalente aprobado

²⁽²⁾ Determinarse según lo establecido en el Artículo 5 del presente reglamento

TABLA N° 05. Valores de tránsito.

CONTAMINANTE	PERIODO	FORMA DEL ESTÁNDAR		METODO DE ANÁLISIS
		VALOR	FORMATO	
Dióxido de Azufre	Anual	100	Media Aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
PM-10	Anual	80	Media aritmética	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	24 horas	200	NE más de 3 veces/año	
Dióxido de Nitrógeno	1 hora	250	NE más de 24 veces/año	Quimioluminiscencia (Método automático)
Ozono	8 horas	160	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (Método automático)

Fuente: D.S N° 074, 2001.

También se han promulgado leyes peruanas que estipulan que todas las empresas dedicadas a actividades de extracción, fundición y refinación de minerales están obligadas a establecer programas de monitoreo destinados a determinar la cantidad real de agentes contaminantes del aire, emitidos por cada una de ellas, así como la calidad del aire en los ambientes expuestos a las actividades contaminadoras, (D.S. N° 016-93-EM y D.S. 059-93-EM).

La medición de la calidad del aire va de la mano con la determinación de sus causas y la evaluación de sus efectos y problemas fundamentales presentados. Todos los métodos diseñados para muestrear, analizar y procesar en forma continua las concentraciones de sustancias o de contaminantes presentes en el aire en un lugar establecido y durante un tiempo determinado, se define como **monitoreo atmosférico**. Cuando se pretende llevar a cabo un monitoreo atmosférico es necesario presentar una estrategia o guía de los aspectos que deben ser definidos con antelación, tal como muestra la TABLA N° 06.

Definidos los objetivos de monitoreo y delimitadas las localidades o áreas de estudio y los parámetros que se necesitan monitorear se tomará como meta la organización temporal y distribución espacial de los puntos de monitoreo o de colección de muestras dentro del área de estudio, de manera que sean representativas de la calidad del aire de un lugar determinado para poder compararlos con los estándares de calidad del aire, valores límites, normas, etc. Como siguiente paso es definir la localización y determinación del número de estaciones de monitoreo que se requieren cumplir con los objetivos, (Martínez y Romieu, 1998).

Para el presente estudio los criterios de localización y número de puntos de muestreo han sido tomados en cuenta de la Guía Metodológica del Ministerio de Energía y Minas, EPA y la OMS, la misma que recomiendan algunas consideraciones prácticas al seleccionar la ubicación de los sitios de muestreo cuando se pretendan instalar muestreadores activos/automáticos, siendo de:

- Fácil acceso
- Seguridad contra vandalismo
- Infraestructura
- Ausencia de obstáculos.

TABLA N° 06. Estrategia del monitoreo atmosférico.

<ul style="list-style-type: none"> • Definición de objetivos <ul style="list-style-type: none"> Conciliándolos Ponderándolos Delimitando su área de influencia Definición de parámetros ambientales <ul style="list-style-type: none"> Contaminantes a medir Parámetros meteorológicos • Definición de número y sitios de muestreo <ul style="list-style-type: none"> Localización de los sitios de muestreo Densidad o número de puntos de muestreo Requerimientos del sitio de muestreo Determinación de tiempos de muestreo <ul style="list-style-type: none"> Duración del programa Frecuencia de muestreos Tiempos de toma de muestra • Selección de equipo de muestreo • Selección de técnicas de análisis

Fuente: Tomado de Martínez y Romieu, 1998.

Si el objetivo de medición es evaluar la calidad del aire en la **zona de respiración** de una persona (zona inmediatamente alrededor de la parte superior del cuerpo humano) para correlacionarla con su estado de salud, la **localización de los sitios de muestreo** dependen de la ubicación de las personas y, en rigor, el aire muestreado debiera ser el que se encuentra en dicha zona. De esta manera se estaría muestreando el aire que ingresa al sistema respiratorio de las personas. En cambio, si el objetivo de medición es la calidad general del aire, entonces se deberán tomar en cuenta una serie de consideraciones como tipo de emisiones, fuentes de emisión, los factores topográficos y meteorológicos, información de la calidad del aire (en caso que exista), modelos de simulación y otros factores como uso de suelo, demografía, salud pública. Para el presente estudio de investigación el objetivo de estudio es la medición de la calidad del aire.

La entrada de aire al equipo de muestreo debe estar a una altura entre 1,5 y 4 metros sobre el nivel del piso. Una altura de 1,5 metros se utiliza para estimar exposiciones potenciales del ser humano a situaciones de grandes emisiones de contaminantes. Sin embargo, existen situaciones en donde no es posible cumplir con el requisito de altura indicado por lo cual se han realizado instalaciones de toma de muestra hasta 8 metros de altura, como se muestra en la TABLA N° 07.

TABLA N° 07. Altura de muestreo atmosférico.

ALTURA DE LA TOMA DE MUESTRA	TIPO DE ESTUDIO
1,5 a 2,5 metros	Epidemiológico o de tráfico vehicular
2,5 a 4 metros y hasta 8 metros	De calidad del aire de fuentes fijas
10 metros	Meteorológico

Fuente: Tomado de Martínez y Romieu, 1998.

2.5. NÚMERO DE PUNTOS DE MUESTREO SUGERIDO POR LA OMS Y LA EPA.

El número de puntos de muestreo dentro de una misma área se incrementará en las zonas en las que se alcancen o excedan los valores permisibles y en donde las variaciones de calidad de aire sean mayores. También se requerirán más número de puntos de muestreo cuando se tengan tiempos de muestreo cortos y cuando las mediciones sean menos frecuentes, esto es, a menor frecuencia mayor número de sitios de muestreo. La Organización Mundial de la Salud (OMS), elige el número de puntos de muestreo en función de la densidad de población y del parámetro que se pretende medir, como se muestra en la TABLA N° 08.

TABLA N° 08. Promedio sugerido de estaciones de muestreo de la calidad del aire en zonas urbanas de población determinada. OMS.

Población urbana (millones de personas)	PARÁMETRO DE MONITOREO					
	Partículas	SO ₂	NO _x	Oxidantes	CO	Meteorológicos
< 1	2	2	1	1	1	1
1 – 4	5	5	2	2	2	2
4 – 8	8	8	4	3	4	2
> 8	10	10	5	4	5	3

Fuente: Tomado de Martínez y Romieu, 1998.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA), sugiere las cantidades de estaciones de muestreo de calidad del aire para poblaciones urbanas que se muestra en la **¡Error! Vínculo no válido.** TABLA N° 09.

TABLA N° 09. Promedio sugerido de estaciones de muestreo de la calidad del aire en zonas urbanas de población determinada. US EPA.

Población urbana (millones de personas)	PARÁMETRO DE MONITOREO					
	Partículas	SO ₂	NO _x	Oxidantes	CO	Meteorológicos
< 1	2	2	1	1	1	1
1 – 4	5	5	2	2	2	2
4 – 8	8	8	4	3	4	2
> 8	16	16	8	4	5	3

Fuente: EPA, 1998.

La determinación de los tiempos de muestreo dependerá del tipo de programa que se pretenda llevar a cabo. Lo primero que se tendrá que definir para cualquier tipo de programa de monitoreo, ya sea de muestreo continuo o discontinuo, será la duración del mismo. La frecuencia de muestreo y el tiempo de toma de muestra se determinarán para programas discontinuos en función de los objetivos de monitoreo y de la calidad de los datos que se requiera para cumplir con estos objetivos. Estos tiempos se determinan tomando en cuenta criterios recomendados de efectos en la salud o factores de inmisión de los contaminantes a determinar, por medio de límites de detección del método de muestreo utilizado y por medio de criterios establecidos en las normas oficiales de cada país. Para métodos de referencia discontinuos estos tiempos pueden ser:

- Para gases: 30 minutos
- Para partículas suspendidas: 24 horas
- Para depósitos de polvos o partículas sedimentables: 30 días.

En cuanto a la medición de la concentración de partículas existentes en el aire, en la actualidad existen una serie de métodos y sistemas de medición. La Agencia Norteamericana para la Protección del Medio Ambiente (US EPA) ha estandarizado técnicas gravimétricas para la determinación de concentraciones de partículas en la atmósfera, captadas en filtros, con instrumentos que utilizan un cabezal con cierta propiedad conocida como "cut point 10 μm " o PM10.

2.6. TÉCNICA DE MEDICIÓN DE PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN CON EQUIPO TEOM.

Durante la última década una nueva técnica de medición de partículas conocida como TEOM "Tapered Element Oscillating Microbalance" ha emergido en el mercado. Esta técnica es un sistema de monitoreo continuo de concentraciones de partículas en la atmósfera. Se basa en una microbalanza de elemento oscilante. El equipo entrega mediciones continuas de masa de partículas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) recolectadas en un filtro. Este método ha sido aprobado por la US EPA, para monitoreo continuo de PM10.

El sistema TEOM está compuesto en general por dos partes:

- Unidad de medición, compuesta por el cabezal PM10 y la microbalanza.
- Unidad de control, compuesta de un sistema electrónico que permite la vibración de un dispositivo de vidrio de forma tubular fijo a uno de los extremos, sistema de control de flujo, procesador electrónico de las mediciones y una pantalla de lectura de datos.

Este instrumento de medición de material particulado también denominado TEOM puede realizar un monitoreo continuo en forma horaria o si se desea a otros intervalos de tiempo. Además de acuerdo al cabezal que se le incorpore, el instrumento puede registrar medidas de diferentes diámetros de partículas, por ejemplo un cabezal PM10 nos permitirá registrar todas las partículas a partir de 10 μm hacia abajo, un cabezal PM2.5 registrará sólo las partículas de 2.5 μm hacia abajo. (FIGURA N° 04).

La calidad de los datos depende de la calibración del equipo de medición. La calibración de flujo del TEOM se realiza con un calibrador primario de volumen (por método de desplazamiento de cilindro) y la balanza del equipo se calibra con filtros estándar de peso exacto a una frecuencia determinada. La calibración se realiza por lo menos una vez al año o cuando cambian significativamente las condiciones ambientales en las cuales funciona el equipo.

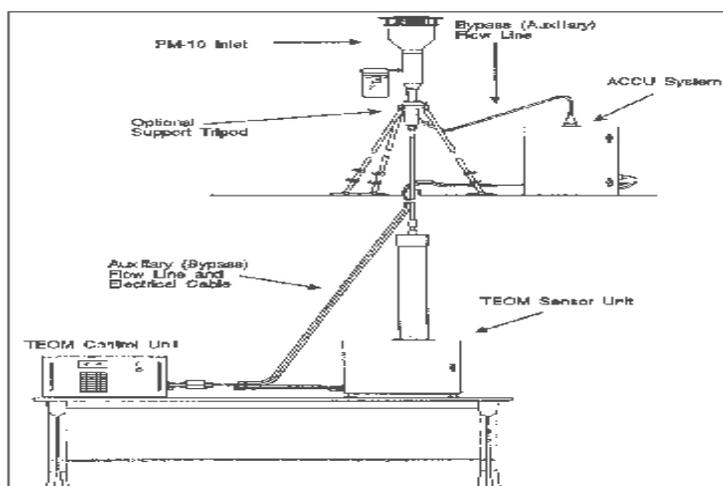


FIGURA N° 04. Esquema general del TEOM.

2.7. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO TEOM.

Instrumento capaz de efectuar medidas en continuo de polvo en suspensión, con la exactitud y tiempo de respuesta similares a los analizadores de gases de la redes de control ambiental. si tenemos en cuenta que las normativas existentes están encaminadas a la protección de la vida en su aspecto más amplio ya que las decisiones para la aplicación de medidas correctoras hay que tomarlas en tiempo real. Además es el único equipo capaz de detectar picos de concentración instantáneos que respondan a un evento real.

El procedimiento de medida está basado en la determinación de la frecuencia propia de vibración de un dispositivo de vidrio de forma tubular anclado en uno de sus extremos. En el extremo libre se sitúa un pequeño filtro que retiene las partículas existentes en la muestra de aire aspirada de modo continuo por el interior del elemento vibrante; conforme aumenta la cantidad de materia recogida en el filtro, aumenta la masa del elemento vibrante y aumenta progresivamente la frecuencia propia de vibración, de manera que la medida de esa frecuencia es una medida directa de la masa total depositada en el filtro.

a). Unidad de detección.

Esta unidad contiene el elemento vibrante que se encuentra con el fin de garantizar la estabilidad de la frecuencia de vibración a igualdad de otros factores. La unidad puede trabajar en condiciones ambientales extremas y es necesario solamente protegerla de la caída directa de la lluvia.

b). Unidad de control.

La Unidad de Control contiene todo el circuito electrónico para el funcionamiento del equipo y puede alejarse hasta 10 metros de la Unidad de Detección a la que se une a través de un cordón umbilical.

En esta Unidad se encuentran los siguientes dispositivos:

- Regulador másico de flujo para garantizar la estabilidad del caudal de la muestra aspirada.
- Microprocesador para gestionar la operación general del equipo.
- Teclado de programación del equipo.

c). Cabezal de muestreo.

El cabezal de muestreo está fabricado por *RUPPRECHT & PATASHNICK* y es del tipo PM10 para establecer un punto de corte a 10 micras de las partículas captadas. Existen otros cabezales disponibles con puntos de corte de 2.5 y 1 micra.

d). Designaciones en Normativa.

Número de designación de equivalencia en U.S. EQPM-1090-079 como monitor PM-10 equivalente. Aprobado por el TÜV en Alemania como método equivalente para medida de partículas totales (TSP). Medida PM-2.5 dentro del contexto de aceptación para monitores en continuo establecido por US EPA (40 CFR 58). Reconocimiento como método de medida PM-10 en la Unión Europea en el contexto de la Norma Europea EN12341.

e). Configuración Típica.

Dispone de configuraciones para PM10, PM2.5, PM1 y TSP.

f). Características del Instrumento.

- Resolución: 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Precisión: $\pm 1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio de 1 hora) $\pm 0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio de 24 horas).
- Exactitud: $\pm 0,75\%$.
- Límite de detección: 10 nanogramos, 0,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedios de 1 hora).

g). Calidad - Servicio - Innovación.

Aprobado por U.S. EPA (40CFR Part 53), como método equivalente PM10 (método EQPM-1090-079). Cumple con los requerimientos de aceptación de California Air Resources Board para medidas de precisión en promedios de concentración de masa horarios (+/-5.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (EPA, 2006).

TABLA N° 10. Valores de precisión y error de medida del TEOM.

Tiempo Promedio	Desviación estándar (precisión) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Límite de detección $\mu\text{g}/\text{m}^3$
10 minutos	2,7	7,0
30 minutos	1,9	3,9
1 hora	1,5	3,4
8 horas	0,8	2,7
24 horas	0,5	1,3

Fuente: Tomado de Martínez y Romieu, 1998.

En cuanto a los procedimientos de monitoreo y medición, éstos han sido establecidos en las normas del Perú. El Reglamento dispone que “En tanto el Ministerio de Salud no emita las directivas y normas que regulen el monitoreo, se utilizará la versión que oficialice el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) en idioma castellano de las directrices vigentes de Garantía de Calidad para los Sistemas de Medición de la Contaminación del Aire publicada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (US EPA).

2.8. ESTÁNDARES AMBIENTALES.

2.8.1. Estándar de Calidad Ambiental (ECA).

El Artículo 2° inciso 22) de la Constitución Política del Perú establece que es deber primordial del Estado garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; en el Artículo 67° de la Constitución Política del Perú señala que el Estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales, la Ley N° 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, establece

la responsabilidad del Estado de promover el aprovechamiento sostenible de la atmósfera y su manejo racional, teniendo en cuenta su capacidad de renovación; la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en su Título Preliminar, Artículo 1° *del derecho y deber fundamental*, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país. siendo los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, un instrumento de gestión ambiental prioritario 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, de conformidad con el Reglamento Nacional para la aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, Decreto Supremo N° 044-98-PCM, que fue aprobado el Programa Anual 1999, para Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, conformándose el Grupo de Estudio Técnico Ambiental "Estándares de Calidad del Aire" - GESTA AIRE, con la participación de 20 instituciones públicas y privadas que ha cumplido con proponer los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire bajo la coordinación del Consejo Nacional del Ambiente.

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y el Límite Máximo Permisible (LMP) son instrumentos de gestión ambiental que consisten en parámetros y obligaciones que buscan regular y proteger la salud pública y la calidad ambiental en que vivimos, permitiéndole a la autoridad ambiental desarrollar acciones de control, seguimiento y fiscalización de los efectos causados por las actividades humanas.

Los ECA son indicadores de calidad ambiental, miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, pero que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Los Estándares de Calidad del Aire, Aquellos que consideran los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana, los que deberán alcanzarse a través mecanismos y plazos detallados en la presente norma. Como estos Estándares protegen la salud, son considerados estándares primarios.

2.8.2. Límites Máximos Permisibles (LMP).

Los LMP miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva (minería, hidrocarburos, electricidad, etc.), que al exceder causa daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

Una de las diferencias es que la medición de un ECA se realiza directamente en los cuerpos receptores, mientras que en un LMP se da en los puntos de emisión y vertimiento. Sin embargo, ambos instrumentos son indicadores que permiten a través del análisis de sus resultados, establecer políticas ambientales (ECA) y correcciones el accionar de alguna actividad específica (LMP).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES.

Los principales materiales para la realización del presente trabajo de investigación son:

- Papel filtro N° 30 y QF 20 Quartz Faster Run Filter.
- Plano urbano de Segunda Jerusalén a escala 1:5000



FIGURA N° 5. Papel filtrante de aire tipo QF 20 Quartz Master Run Filter.

3.2. EQUIPOS.

Los equipos empleados en el presente trabajo de investigación son:

- Balanza analítica "Sartorius" BP 3015
- Cámara fotográfica digital "Sony"
- Equipo automático: equipo de muestreo de aire tipo medidor automático Low Vol PM10 Bravo M Plus TCR. Tecora – Italia.
- Navegador GPS GARMIN XL-12 Plus.
- Procesador Pentium(R) Dual-Core.
- Termómetro. Silver Brand- Alemania.



FIGURA N° 06. Equipo de monitoreo automático tipo: Low Vol PM10 Bravo M Plus TCR.



FIGURA N° 07. Balanza analítica marca Sartorius modelo BP3015.



FIGURA N° 08. GPS. Garmin Colorado 400c

IV. METODOLOGÍA

4.1. Aplicación de la guía metodológica del Ministerio de Energía y Minas.

En general, el desarrollo de la presente investigación ha seguido las pautas metodológicas prescritas en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones del Subsector Minería, de la Dirección General de Asuntos Ambientales, del Ministerio de Energía y Minas del Perú, (MEM, 1994). También se ha tenido en cuenta el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, (D.S N° 074 – 2001 – PCM).

4.2. Ámbito de estudio.

El ámbito de la investigación se circunscribe exclusivamente en la población de Segunda Jerusalén, ubicada en el distrito de Elías Soplín Vargas, que pertenece a la provincia de Rioja departamento de San Martín-Perú.

4.3. Parámetros de monitoreo.

El principal parámetro de monitoreo seleccionado ha sido la concentración de partículas en suspensión PM_{10} (partículas con diámetros aerodinámicos iguales o menores que $10 \mu m$) porque su repercusión en la salud humana merece especial consideración.

Además se han considerado los siguientes parámetros ambientales y meteorológicos:

- Temperatura ambiental (indicada por el equipo automático y de los registros tomados de la estación meteorológica automatizada de la Planta de Cementos Selva S.A. 2009).
- Precipitación (registros tomados de la estación meteorológica automatizada de la Planta de Cementos Selva S.A. 2009).
- Dirección y velocidad del viento (registros tomados de la estación meteorológica automatizada de la Planta de Cementos Selva S.A. 2009).

4.4. Cantidad de puntos de muestreo.

Para determinar el número de estaciones de muestreo se ha tomado en cuenta la cantidad sugerida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección Ambiental (US EPA), para zonas urbanas, que para el caso es dos estaciones de muestreo, dado que Segunda Jerusalén posee una población aproximada de 6,412 habitantes INEI, 2007, (< 1 millón de habitantes) al momento del estudio (Año 2009); sin embargo, con el fin de obtener mejor representatividad espacial de los resultados, se han considerado 16 puntos de muestreo, distribuido en las dos épocas del año que consiste en Invierno y Verano respectivamente del año 2009.

4.5. Localización de puntos de muestreo.

La ubicación de los puntos de muestreo seleccionados se indican en la TABLA N° 11, y en el plano de ubicación de puntos de monitoreo del ANEXO II; utilizando un equipo automático. El equipo para la toma de muestra de aire se instaló en ubicaciones muy expuestas, a distancias horizontales no menores de 4 metros desde las construcciones existentes. La ubicación del instrumento es tal que el filtro se encontrara a una altura de 1.5 sobre el nivel del piso y a 8 metros de altura sobre el piso aproximadamente ubicada en azotea de viviendas.

El criterio para la ubicación de puntos ha consistido en elaborar la Rosa de Vientos de la zona de estudio ya que la Fábrica de Cementos Selva S.A, cuenta con una Estación Meteorológica Automática, y teniendo en cuenta la dirección y velocidad del viento con mayor predominancia se ha determinado la ubicación de los respectivos puntos de monitoreo con el fin de lograr una distribución más o menos homogénea sobre todo el ámbito urbano de la población de Segunda Jerusalén, de manera que los resultados obtenidos sean más representativos de la realidad de la población.

Tabla N° 11. Ubicación de puntos de muestro.

PUNTOS		PROPIETARIO	DIRECCIÓN	ALTURA	COORDENADAS UTM – 18M
P1	A1	Julio Llanos Cortes	Jr. Rioja S/N.	1.5 m	E 0248230 N 9337184
	B2			8.0 m	E 0248243 N 9337167
P2	A3	Nerio Chetilan Gálvez	Jr. Galilea S/N.	1.5 m	E 0248097 N 9337938
	B4			7.0 m	E 248099 N 9337949
P3	A5	Carlos Reyna Díaz	Jr. Jerusalén S/N.	1.5 m	E 0247429 N 9337332
	B6			8.0 m	E 247418 N 9337361
P4	A7	Carmen Guevara Arévalo.	Av. Galilea S/N	1.5 m	E 0247681 N 9337284
	B8			8.0 m	E 0247687 N 9337288

Fuente: Elaboración propia, 2011.

4.6. Duración del programa de monitoreo.

Se estableció que el programa de monitoreo sea del tipo discontinuo y que la duración del monitoreo fuera de dos trimestres. En la práctica el período de monitoreo ha consistido los meses de Abril a Setiembre del año 2009, haciendo uso de un equipo automático.

4.7. Frecuencia de muestreos.

La frecuencia de muestreo en cada punto seleccionado es 2 veces a lo largo de la duración del programa de monitoreo, pero en conjunto, para todo el ámbito espacial de la investigación, la frecuencia ha sido 2 muestreos durante 2 épocas del año, (invierno y verano), en los meses de (Abril y Setiembre).

4.8. Tiempo de toma de muestras.

El tiempo de toma de muestras consistió en 24 horas continuas tal como se detalla en las TABLAS 12 y 13.

TABLA N° 12. Tiempos de muestreo época de invierno.

PUNTOS DE MONITOREO		DIAS DE MONITOREO	HORA DE INICIO/FIN	HORAS (24)	W Filtro (g)
P ₁	A1	25/04/2009 26/04/2009	i: 1:30 pm f: 1:30 pm	24	Wi: 0.1474 Wf: 0.1480
	B2	26/04/2009 27/04/2009	i: 1:50 pm f: 1:50 pm	24	Wi: 0.1478 Wf: 0.1482
P ₂	A3	27/04/2009 28/04/2009	i: 2:20 pm f: 2:20 pm	24	Wi: 0.1486 Wf: 0.1490
	B4	28/04/2009 29/04/2009	i: 2:40 pm f: 2:40 pm	24	Wi: 0.1486 Wf: 0.1487
P ₃	A5	29/04/2009 30/04/2009	i: 3:00 pm f: 3:00 pm	24	Wi: 0.1466 Wf: 0.1469
	B6	30/04/2009 01/05/2009	i: 3:20 pm f: 3:20 pm	24	Wi: 0.1472 Wf: 0.1473
P ₄	A7	01/05/2009 02/05/2009	i: 5:00 pm f: 5:00 pm	24	Wi: 0.1464 Wf: 0.1468
	B8	02/05/2009 03/05/2009	i: 5:30 pm f: 5:30 pm	24	Wi: 0.1485 Wf: 0.1486

Fuente: Elaboración propia, 2011.

TABLA N° 13. Tiempos de muestreo época de verano.

PUNTOS DE MONITOREO		DIAS DE MONITOREO	Hora Inicio/fin	HORAS (24)	w Filtro (g)
P ₁	A1	12/09/2009 13/09/2009	i: 1:00 pm f: 1:00 pm	24	Wi: 0.1525 Wf: 0.1531
	B2	13/09/2009 14/09/2009	i: 1:20 pm f: 1:20 pm	24	Wi: 0.1486 Wf: 0.1489
P ₂	A3	14/09/2009 15/09/2009	i: 2:50 pm f: 2:50 pm	24	Wi: 0.1480 Wf: 0.1484
	B4	15/09/2009 16/09/2009	i: 3:10 pm f: 3:10 pm	24	Wi: 0.1436 Wf: 0.1437
P ₃	A5	16/09/2009 17/09/2009	i: 3:40 pm f: 3:40 pm	24	Wi: 0.1482 Wf: 0.1486
	B6	17/09/2009 18/09/2009	i: 4:20 pm f: 4:20 pm	24	Wi: 0.1494 Wf: 0.1495
P ₄	A7	18/09/2009 19/09/2009	i: 5:00 pm f: 5:00 pm	24	Wi: 0.1424 Wf: 0.1429
	B8	19/09/2009 20/09/2009	i: 5:20 pm f: 5:20 pm	24	Wi: 0.1508 Wf: 0.1509

Fuente: Elaboración propia, 2011.

4.9. Selección de equipos de muestreo.

El equipo de muestreo de aire automático tipo: Low Vol PM10 Bravo M Plus TCR. Tecora – Italia (De la empresa Cementos Selva S.A).

4.10. Procedimiento de muestreo.

En general, el procedimiento de muestreo ha sido el siguiente para cada punto de muestreo:

- Selección del filtro, verificación de su buen estado de conservación y rotulación.
- Pesado de filtro sin usar (nuevo), en el laboratorio, y registro de su peso inicial.
- Ubicación del punto de muestreo.
- Obtención de energía eléctrica (agenciarse de generador)
- Traslado del equipo al punto de muestreo.
- Posicionamiento del equipo.
- Colocación del filtro, previamente pesado y con el lado áspero hacia fuera, en el cabezal del equipo.
- Ensamblado total del equipo de muestreo.
- Establecimiento de los parámetros de funcionamiento del equipo de muestreo: flujo de aire (en el equipo automático la lectura es directa: $0,275 \text{ m}^3/\text{min.}$, se selecciona 24 h en el controlador de tiempo.
- Encendido del equipo de muestreo y revisión de su funcionamiento normal.
- Toma de datos meteorológicos: temperatura ambiental y presión atmosférica (o altitud).
- Registro de información inicial: rótulo y peso inicial del filtro, ubicación del punto de muestreo, lectura inicial del flujo (directa o de la altura de presión, del equipo automático, fecha y hora inicial de funcionamiento.
- Lectura y registro de información final, luego de 24 horas de funcionamiento del equipo.
- Apagado del equipo de muestreo, luego de 24 horas de funcionamiento del equipo.

- Desensamblado del equipo de muestreo.
- Recuperación del filtro usado: revisión del filtro para detectar signos de fugas de aire o daños físicos que pudieran haber ocurrido durante el muestreo, retiro cuidadoso del filtro, colocación dentro de una bolsa protectora especial rotulada y envío al laboratorio.
- Realización de los análisis correspondientes en un laboratorio y registro de las determinaciones: peso final del filtro u otras.
- Cálculos de los parámetros de las partículas PM10.

4.11. Técnicas de análisis de muestras.

En general, los procedimientos de análisis han sido los siguientes:

- **Concentración de partículas en suspensión PM10.** Se pesó el filtro nuevo (antes del muestreo) y usado (luego del muestreo); por diferencia de pesos se obtuvo el peso de partículas filtradas. El volumen estándar de aire filtrado se obtuvo por lectura directa del equipo automático. El parámetro PM10 se obtuvo por división del peso de partículas filtradas entre el volumen estándar.
- **Peso del material particulado en suspensión.** El peso se determinó mediante gravimetría usando una balanza analítica. Con los datos del peso del material particulado en suspensión y las características y parámetros de funcionamiento del equipo registrados se calculó:
 - **La concentración de partículas suspendidas PM10.** Con los datos obtenidos en el muestreo de aire con el equipo automático, con el peso del material particulado en suspensión y las características y los parámetros de funcionamiento del equipo, donde se calculó los parámetros PM10 (MEM, 1994), aplicando la siguiente fórmula:

$$C(\mu\text{g} / \text{m}^3) = \frac{(W_f - W_i)}{V(\text{std}.\text{m}^3)} \times 10^6$$

Donde:

Wi = Peso inicial del filtro en gr.

Wf = Peso final del filtro en gr.

V(std.m³) = Volumen estándar en m³.

Además se obtuvieron los siguientes parámetros mediante las técnicas mencionadas:

- **La Temperatura ambiental.** Este parámetro ha sido obtenido de dos maneras. Una forma ha sido por medición directa de la estación meteorológica de la Empresa Cementos Selva S.A., la otra forma ha sido tomado de los datos registrados en la estación Naciente río negro, (SENAMHI, 2005).
- **La Presión atmosférica.** Este parámetro ha sido calculado en función de la altitud registrada en la Plaza Mayor de la ciudad de Segunda Jerusalén y utilizando una tabla de presión barométrica a varias altitudes, (MEM, 1994).

4.12. Manejo de datos y garantía de calidad.

“Debido a la naturaleza conformada por partículas atmosféricas y a la dificultad para determinar la “verdadera” concentración de la materia particulada, existen varias fuentes de error inherentes que, con cuidado pueden mejorar la precisión del instrumento” (MEM, 1994).

Los errores por variación del flujo de aire y por estimación del volumen de aire han sido reducidos con un mecanismo automático de control de flujo incorporado en el equipo automático; en el equipo mecánico la variación del flujo de aire y la estimación del volumen de aire no ha sido controlada. En el último caso, un recurso puede ser la lectura del venturímetro con mayor frecuencia, por ejemplo cada hora.

El error por pérdida de partículas volátiles antes del pesaje ha sido reducido realizando esta última acción tan pronto como fue posible después del muestreo.

El error por presencia de materia particulada extraña no contaminante, como son pequeños insectos voladores atrapados en el filtro, ha sido reducido retirando tal materia cuidadosamente antes del pesaje del filtro.

El error por humedad ambiental recolectada en el filtro ha sido reducido almacenando el filtro en la habitación de pesaje, para que incorpore la humedad ambiental, antes y después de la exposición; se ha dejado el tiempo suficiente del filtro en esa habitación para que se equilibren al nivel de temperatura y humedad de la habitación.

4.13. Evaluación de impactos ambientales potenciales.

El método utilizado en la determinación y evaluación de los impactos ambientales potenciales del material particulado en suspensión y en el planteamiento de medidas de control, mitigación y prevención de la contaminación correspondiente puede resumirse como se muestra en la TABLA N° 14.

TABLA N° 14. Esquema del método para el proceso de evaluación de impactos ambientales potenciales por PM10.

TAREA DEL PROCESO	MÉTODO	UTILIDAD RELATIVA
Identificación de impactos	Matriz simple de Leopold	Alta
Descripción del medio afectado	Listas de control simples	Alta
Predicción y evaluación de impactos	Matriz simple	Media
Selección de la actuación propuesta	Matriz simple	Media
Resumen y comunicación del estudio	Matriz simple	Alta

Fuente: Adaptada de Canter L, 1998.

El método utilizado es el método de matriz interactiva simple desarrollado por Leopold *et al.* (1971). El procedimiento fue el siguiente:

- Se identificó la acción generadora de impactos ambientales potenciales, la misma que fue el “proceso de inmisión de partículas en suspensión”.
- Se enumeró todos los factores ambientales pertinentes del entorno y se agruparon de acuerdo a tres categorías: abióticos, biológicos y socioeconómicos culturales.
- Se identificó todas las interacciones entre la acción y los factores ambientales; como resultado se obtuvo la “matriz de identificación de incidencias”.
- Se describió las interacciones en términos de impactos positivos (beneficioso) o negativos (dañinos) según el esquema del método para el proceso de evaluación de impactos ambientales potenciales por PM10, la que se muestra en la TABLA N° 14.
- Se construyó la “matriz de incidencias totales” que establece la proporción de incidencias identificadas en relación al total de incidencias posibles.
- Se construyó la “matriz del índice óptimo de calidad ambiental”, si este índice es igual que uno significa que la acción afecta a todos los factores ambientales, mientras que si es igual que cero significa que no afecta a los factores ambientales.
- Se elaboró la “matriz de nivel escalar óptimo” y la “matriz de nivel de calidad ambiental” que resumen la valoración de los impactos ambientales potenciales, está última también en función de la escala de la TABLA N° 15.
- Finalmente, se elaboró la “matriz de actuación propuesta” en la cual se describe las acciones de control, mitigación y prevención.

TABLA N° 15. Valoración escalar centesimal de impactos ambientales potenciales.

CLASIFICACIÓN		SÍMBOLO	VALOR ESCALAR MÁXIMO	CONCEPTO
MUY ÓPTIMO		MO	1.000	Impacto Muy Positivo (+)
ÓPTIMO	AALTO	OA	0.875	Impacto Positivo (+)
	MEDIO	OM	0.750	
	BAJO	OB	0.625	
REGULAR		R	0.500	Impacto Medio (+/-)
IRREGULAR	ALTO	IA	0.375	Impacto Negativo (-)
	MEDIO	IM	0.250	
	BAJO	IB	0.125	
MUY IRREGULAR		MI	0.000	Impacto Muy Negativo (-)

Fuente: Canter L, 1998.

V. RESULTADOS

5.1. FUENTES DE GENERACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO.

Las fuentes de generación de material particulado identificadas dentro del ámbito de estudio del presente proyecto de investigación se presentan en la TABLA N° 16.

TABLA N° 16. Fuentes de generación de Material Particulado.

N°	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN
01	Vías de circulación	- Vía pavimentada. Carretera Fernando Belaunde Terry. - Vías no pavimentadas. Avenidas y calles de Segunda Jerusalén.
02	Medios de transporte	- Vehículos motorizados. Camión, combi, auto, motokar, motocicleta lineal, etc. - Vehículos no motorizados. Bicicletas y triciclos.
03	Actividades económicas	- Empresa de Cementos Selva S.A. - Piladoras de arroz - Carpinterías.
04	Obras civiles	- Trabajos de mejoramiento de vías. - Construcción de viviendas. - Mejoramiento de calles.

Fuente: Elaboración propia, 2011.

5.2. PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN EN EL MEDIO ATMOSFÉRICO.

Los resultados del estudio del material particulado en suspensión del medio atmosférico en la población de Segunda Jerusalén, se obtuvieron en dos etapas: en la primera se muestreó el aire en la época de invierno y la segunda se muestreó el aire en la época de verano. Los puntos de monitoreo fueron aquellas cuyas ubicaciones se indican en la TABLA N° 11. En este caso el único análisis realizado fue el peso del material particulado de tamaño igual o menor que 10 μm . Los resultados de los análisis y cálculos de PM10 se muestran en las TABLAS N° 17 y 21.

TABLA N° 17. Resultados del análisis del peso de partículas $\leq 10 \mu\text{m}$ y cálculo de PM10 en el aire muestreado para la época de invierno.

1	DESCRIPCIÓN	PUNTO1		PUNTO2		PUNTO3		PUNTO4	
		A1	B2	A3	B4	A5	B6	A7	B8
2	Peso inicial del filtro (gramos)	0.1474	0.1478	0.1486	0.1486	0.1466	0.1472	0.1464	0.1485
3	Peso final del filtro (gramos)	0.1480	0.1482	0.1490	0.1487	0.1469	0.1473	0.1468	0.1486
4	Peso de material particulado en suspensión (gramos) = (3) – (2)	0.0006	0.0004	0.0004	0.0001	0.0003	0.0001	0.0004	0.0001
5	Volumen estándar (m^3) (*)	31.258	29.37	25.777	28.693	31.077	24.464	29.939	27.784
6	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) = (4) x 1.000.000 ÷ (5)	19.20	12.80	14.95	3.48	9.65	4.09	13.36	3.60
7	Temperatura ambiental ($^{\circ}\text{C}$)	23.30	23.40	23.15	22.15	23.00	23.45	22.45	23.60

(*) El volumen estándar es obtenido por lectura directa en el equipo, a 25°C y 760 mm Hg.

Fuente: Elaboración propia, 2011.

La concentración promedio de Partículas de tamaño igual o menor que $10 \mu\text{m}$ de partículas PM10 para la época de invierno en Segunda Jerusalén es de $10.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

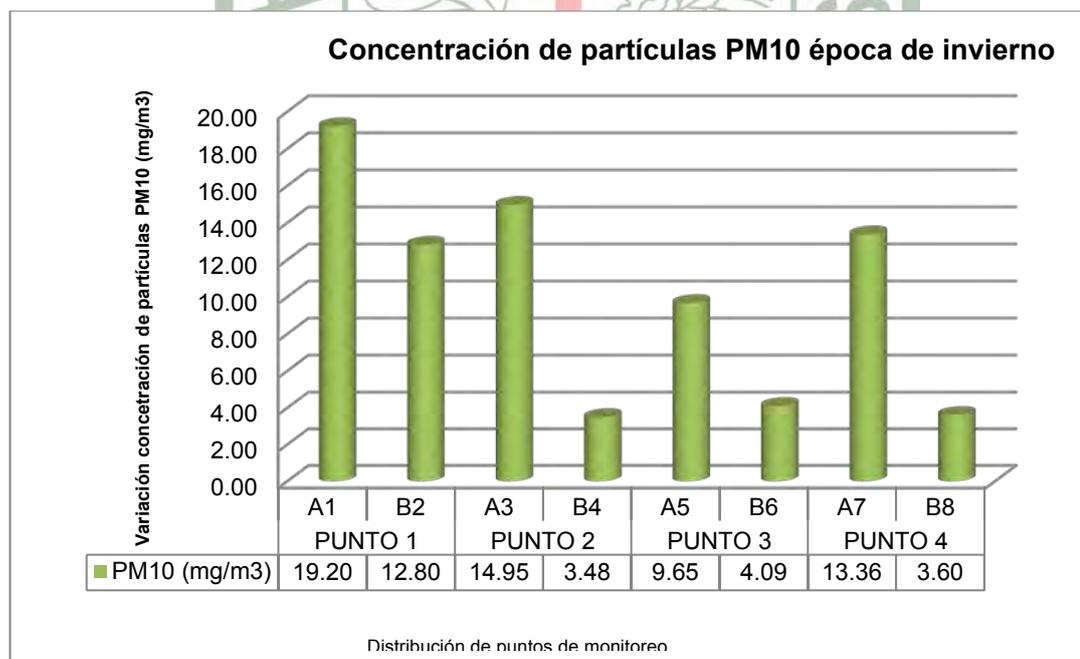


GRÁFICO N° 01. Distribución de la concentración de material particulado.

5.3. INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA ÉPOCA DE INVIERNO.

Los parámetros meteorológicos considerados para el presente proyecto de investigación son: temperatura, precipitación y dirección del viento. Estos datos han sido obtenidos de los registros de la estación meteorológica automatizada de la Planta de Cementos Selva S.A, la que registra los datos de los factores climatológicos cada 10 minutos durante las 24 horas del día y está ubicada en Segunda Jerusalén dentro de la misma Planta, datos registrados en los meses de abril y mayo del año 2009, siendo los siguientes parámetros meteorológicos:

- a). **Temperatura.** En cuanto a la temperatura se ha obtenido promedios diarios durante un mes de registro de toma de datos considerando 15 días antes y después de realizado el respectivo muestro de partículas PM10, que presenta una temperatura constante, la misma que se muestra en la TABLA N° 18 los días de monitoreo.
- b). **Precipitación.** Con respecto a la precipitación de igual manera se ha considerado el registro de datos de un mes considerando 15 días antes y después de realizado el muestro para tener datos más ilustrados sobre el comportamiento de los parámetros meteorológicos en el mes correspondiente desarrollo del presente proyecto, la misma como se muestra en la TABLA N° 19.
- c). **Dirección del viento.** Para el caso de la dirección del viento se ha tenido en cuenta el número de registros de datos tomados de la Estación Meteorológica mencionada anteriormente, para poder realizar el gráfico y poder determinar así la mayor predominancia de la dirección del viento en la población de Segunda Jerusalén, que se ha determinado una mayor predominancia en sentido NNW, los días 29, 30, 01 y 02 respectivamente y en sentido ENE los días 26, 28 y 29 y 30 con menor relevancia, en el ESE, los días 27, 28 y 30 los de mayor predominancia, el mismo que se muestra en la TABLA N° 20 y el GRÁFICO N° 03.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMATIZADA

UBICACIÓN : Segunda Jerusalén Planta Cementos Selva S.A

PROVINCIA : Rioja

DEPARTAMENTO : San Martín

TABLA Nº 18. Temperatura promedio diario época de invierno-2009.

ÉPOCA DE INVIERNO			
ABRIL Y MAYO	PROM. DIARIO	PROM. MAXIMO	PROM. MINIMO
15	21.44	21.50	21.37
16	22.24	22.33	22.15
17	21.43	21.55	21.42
18	22.77	22.86	22.68
19	23.21	23.30	23.11
20	23.45	23.53	23.37
21	23.58	23.66	23.50
22	21.49	21.54	21.43
23	23.03	23.11	22.99
24	23.57	23.69	23.46
25*	23.48	23.57	23.43
26*	23.36	23.45	23.26
27*	22.52	22.60	22.44
28*	23.45	23.53	23.38
29*	23.41	23.50	23.33
30*	23.32	23.40	23.23
1*	21.48	21.55	21.42
2*	23.07	23.15	22.99
3	20.00	20.04	19.96
4	24.42	24.53	24.32
5	22.07	22.12	22.02
6	22.92	23.02	22.82
7	19.13	19.18	19.09
8	23.13	23.24	23.02
9	24.29	24.40	24.18
10	24.95	25.08	24.83
11	23.00	23.10	22.90
12	23.92	24.01	23.83
13	24.92	25.02	24.83
14	25.17	25.25	25.08

Fuente. Estación Meteorológica CSSA, 2009.

* Días de monitoreo ambiental.

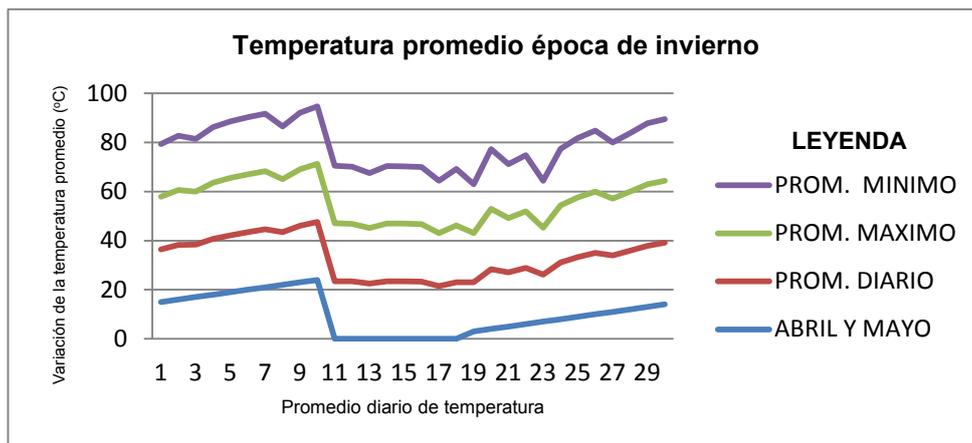


GRÁFICO N° 02. Promedios de temperatura época de invierno.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMATIZADA

UBICACIÓN : Segunda Jerusalén Planta Cementos Selva S.A

PROVINCIA : Rioja

Departamento : San Martín

TABLA N° 19. Precipitación promedio diario época de invierno-2009

EPOCA DE INVIERNO	
Días de Abril y Mayo	Promedio diario (mm)
15	2.344
16	0.000
17	0.000
18	0.000
19	0.000
20	0.000
21	3.933
22	9.427
23	0.000
24	3.050
25*	0.000
26*	9.814
27*	6.429
28*	0.000
29*	0.000
30*	2.786
1*	8.756
2*	0.000
3	0.000
4	0.000
5	5.553
6	18.700
7	0.000
8	0.000
9	0.000
10	0.000
11	0.000
12	0.000
13	0.000
14	0.000

Fuente. Estación Meteorológica CSSA, 2009.

* Días de monitoreo ambiental.

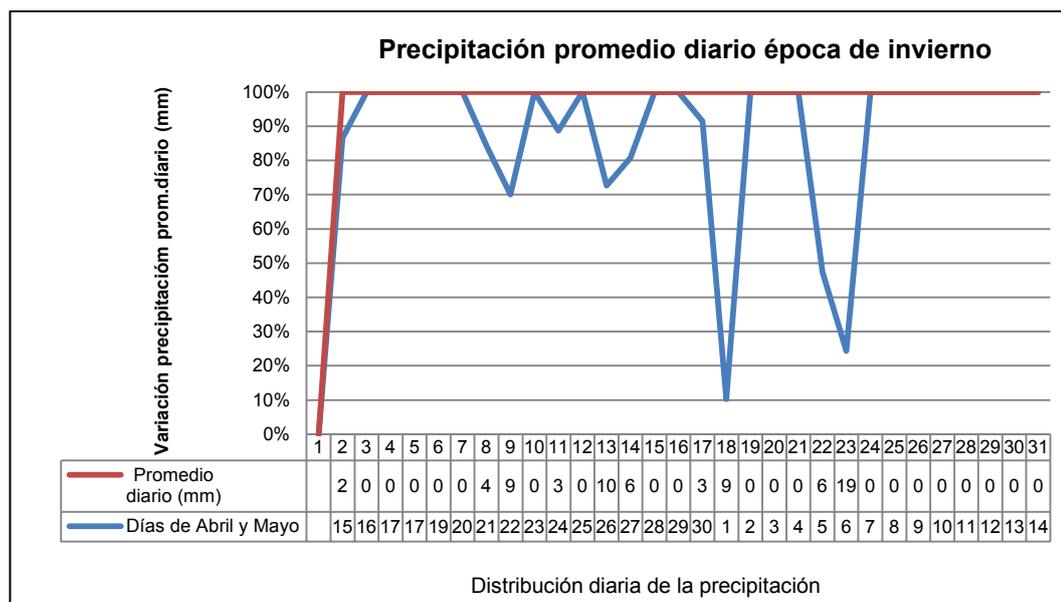


GRÁFICO N° 03. Precipitación promedio diario, épocas de invierno.

Tabla N° 20. Frecuencia de datos sobre dirección del viento.

Dirección del viento	MESES Y DÍAS DE MONITOREO-2009							
	ABRIL						MAYO	
	25	26	27	28	29	30	01	02
WNW	4	4	3	1	0	0	3	3
S	2	1	1	2	1	2	0	0
E	5	6	4	9	1	9	1	1
SE	4	4	8	2	2	2	2	2
WSW	1	0	3	2	0	3	0	0
ESE	5	2	11	11	3	6	1	1
W	2	0	1	1	0	2	0	0
NW	3	3	0	3	7	0	1	1
N	9	4	2	2	7	4	1	1
SSE	5	0	9	2	2	2	1	1
ENE	1	13	2	12	5	5	3	3
NNE	1	1	2	5	2	0	0	0
NNW	3	9	0	4	10	11	11	11
SW	0	0	1	2	0	2	0	0
SSW	0	0	0	2	0	2	0	0
NE	0	0	0	2	0	2	0	0

Fuente: Estación Meteorológica CSSA, 2009.

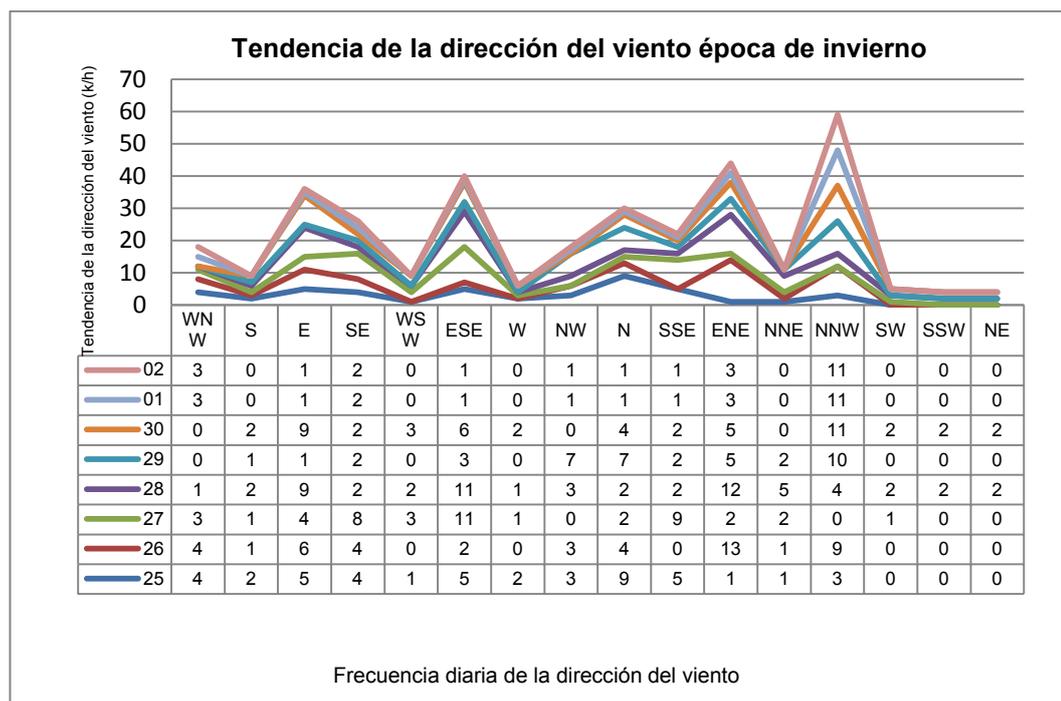


GRÁFICO N° 04. Tendencia de la dirección del viento, época de invierno.

TABLA N° 21. Resultados de análisis del peso de partículas $\leq 10 \mu\text{m}$ y cálculo de PM₁₀ muestreado para la época de verano.

	DESCRIPCIÓN	PUNTOS		PUNTOS		PUNTOS		PUNTOS	
		A1	B2	A3	B4	A5	B6	A7	B8
1	Rótulo del filtro								
2	Peso inicial del filtro (gramos)	0.1525	0.1486	0.1480	0.1436	0.1482	0.1494	0.1424	0.1508
3	Peso final del filtro (gramos)	0.1531	0.1489	0.1484	0.1437	0.1486	0.1495	0.1429	0.1509
4	Peso de material particulado en suspensión (gramos) = (3) – (2)	0.0006	0.0003	0.0004	0.0001	0.0004	0.0001	0.0005	0.0001
5	Volumen estándar (m ³) (*)	23.444	22.425	24.186	22.527	23.345	21.535	24.284	21.593
6	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) = (4) x 1.000.000 ÷ (5)	25.59	13.38	16.54	4.44	17.13	4.64	20.59	4.63
7	Temperatura ambiental (°C)	22.70	24.25	24.55	22.95	23.95	24.15	23.45	23.35

(*) El volumen estándar es obtenido por lectura directa en el equipo, a 25°C y 760 mm Hg.

Fuente: Elaboración propia, 2011.

La concentración promedio de Partículas de tamaño igual o menor que 10 μm de PM10 en Segunda Jerusalén es de 11.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

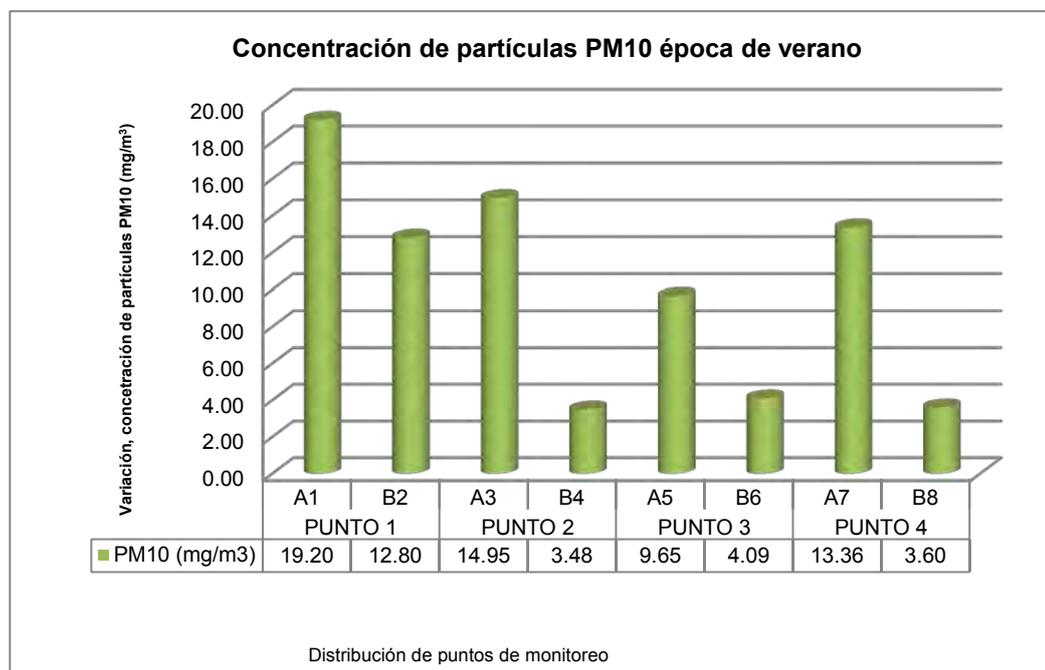


GRÁFICO N° 05. Distribución de la concentración de material particulado.

5.4. INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA ÉPOCA DE VERANO.

Los parámetros meteorológicos considerados para el presente proyecto de investigación son datos de temperatura, precipitación y dirección del viento. Estos datos han sido obtenidos de los registros de la estación meteorológica automatizada de la Planta de Cementos Selva S.A, la cual registra los datos cada 10 minutos durante las 24 horas del día y está ubicada en Segunda Jerusalén dentro de la misma Planta.

- a). **Temperatura.** Se ha obtenido promedios diarios durante un mes de registro de toma de datos considerando 15 días antes y 15 días después de realizado el respectivo muestro de partículas PM10, que presenta una temperatura constante, VER TABLA N° 22.
- b). **Precipitación.** Se ha obtenido del registro de datos de un mes considerando 15 días antes y 15 días después de realizado el muestro. VER TABLA N° 23.

- c). **Dirección del viento.** Se ha tenido en cuenta el número de registros de datos tomados de la Estación Meteorológica de CSSA, para determinar la mayor predominancia de la dirección del viento en la población de Segunda Jerusalén, determinándose en algunos intervalos de tiempo con mayor frecuencia en sentido N y NNW los días 15 y 16 y en dirección SSW los días 15 y 16, con respecto a los demás días la dirección del viento se ha mantenido constante, el mismo que se muestra en la TABLA N° 24 y GRÁFICO N° 08.

TABLA N° 22. Temperatura promedio diario época de verano.

SETIEMBRE (MONITOREO)	PROM. DIARIO	PROM. MAXIMO	PROM. MINIMO
1	22,80	23,47	22,13
2	24,40	25,09	23,9
3	23,91	24,48	23,35
4	23,05	23,63	22,48
5	23,40	23,89	22,91
6	23,39	23,9	22,87
7	23,24	23,88	22,59
8	24,34	25,03	23,65
9	25,10	25,72	24,48
10	21,80	22,14	21,47
11	19,97	20,24	19,7
12*	22,65	23,1	22,21
13*	24,68	25,21	24,15
14*	26,18	26,73	25,64
15*	24,73	25,32	24,15
16*	22,74	23,27	22,2
17*	23,41	23,91	22,9
18*	23,68	24,24	23,12
19*	22,39	22,88	21,91
20	23,91	24,48	23,35
21	21,90	22,36	21,45
22	24,41	22,75	22,07
23	22,95	23,53	22,38
24	21,50	21,93	21,07
25	21,43	21,72	21,14
26	23,91	24,38	23,46
27	23,39	23,98	22,8
28	22,44	22,82	22,06
29	23,07	23,56	22,58
30	21,41	21,83	21,00

Fu ente. Estación Meteorológica CSSA, 2009.

* Días de monitoreo ambiental.

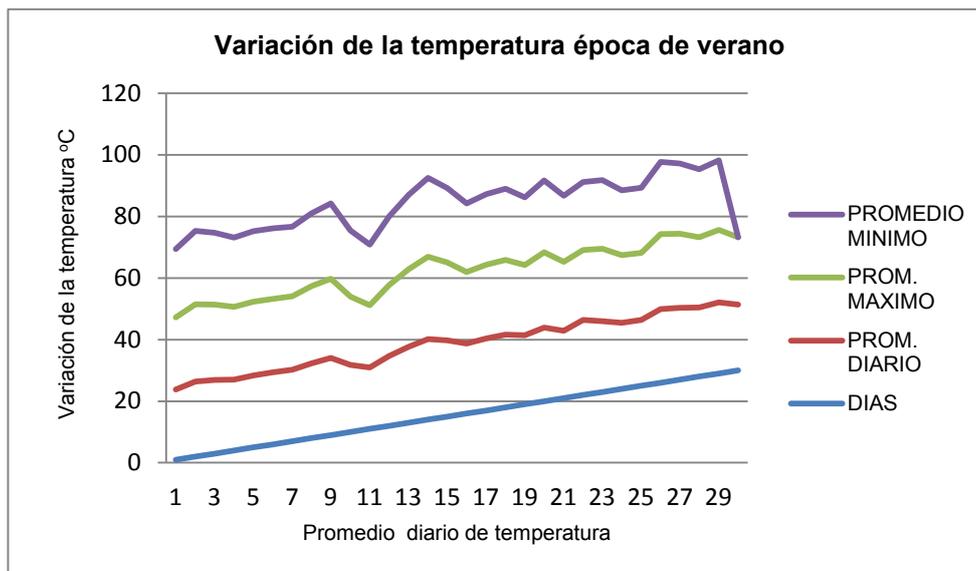


Gráfico N° 06. Variación de la temperatura época de verano

TABLA N° 23. Precipitación promedio diario época de verano

EPOCA DE VERANO	
Setiembre	Promedio Diario (mm)
1	20.210
2	0.000
3	2.460
4	0.000
5	20.58
6	34.80
7	0.000
8	0.000
9	5.80
10	12.98
11	27.77
12*	0.000
13*	0.000
14*	0.000
15*	0.000
16*	49.000
17*	0.000
18*	0.000
19*	28.83
20	0.000
21	2.850
22	0.000
23	0.000
24	3.530
25	0.000
26	0.000
27	0.000
28	0.000
29	2.300
30	17.280

Fuente: Elaboración propia, 2011

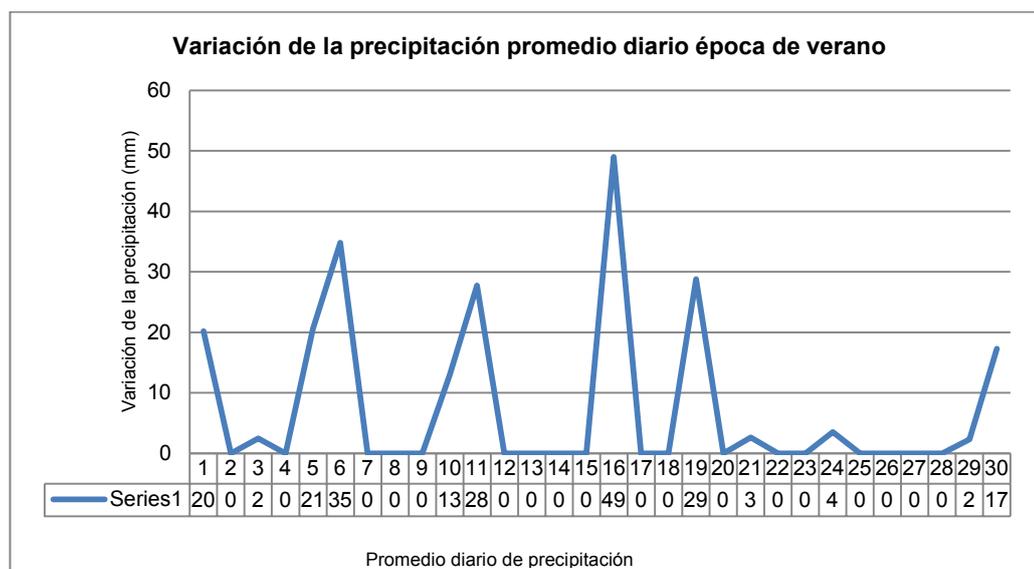


GRÁFICO N° 07. Variación de la precipitación época de verano.

Tabla N° 24. Frecuencia de datos sobre dirección del viento.

Dirección del viento	MESES Y DÍAS DE MONITOREO								
	SETIEMBRE-2009								
	12	13	14	15	16	17	18	19	
WNW	1	0	0	0	0	1	0	2	
S	0	0	0	2	1	0	0	0	
E	2	2	1	1	2	3	2	4	
SE	0	0	0	0	3	1	0	0	
WSW	1	1	0	0	1	2	0	4	
ESE	0	1	0	0	0	3	0	2	
W	1	0	0	0	0	1	1	2	
NW	2	2	1	1	1	0	2	1	
N	0	2	4	4	1	0	2	0	
SSE	0	1	2	1	0	0	0	2	
ENE	4	5	2	3	2	0	1	0	
NNE	1	0	0	4	0	0	1	1	
NNW	0	2	5	4	2	0	3	1	
SW	0	0	0	0	2	0	0	0	
SSW	0	0	0	4	5	0	0	0	
NE	0	1	0	0	0	0	0	0	

Fuente: Estación meteorológica CSSA, 2009.

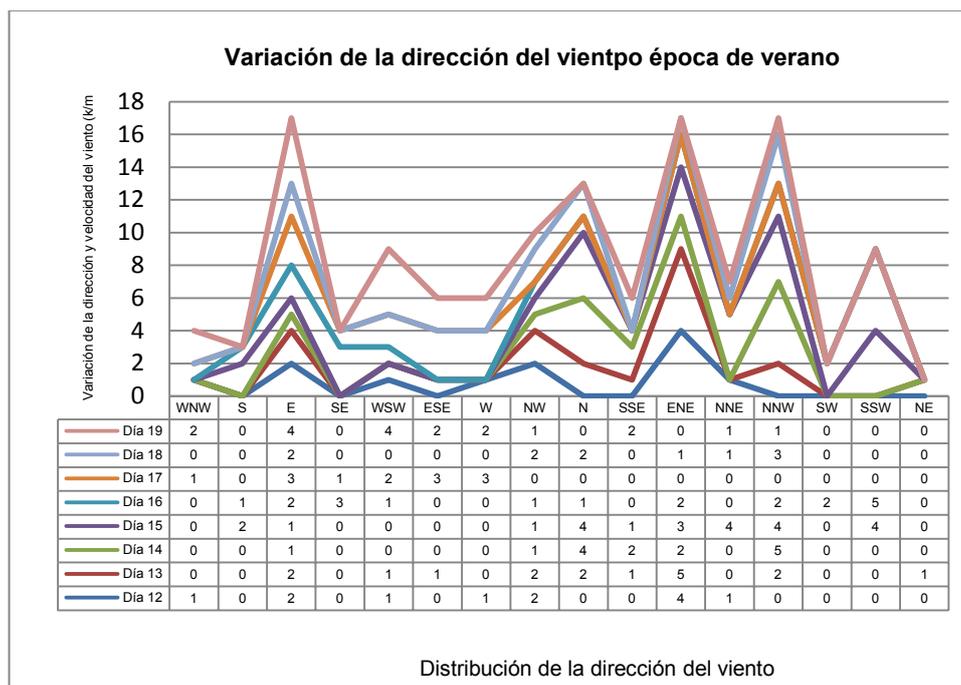


GRÁFICO N° 08. Tendencia de la dirección del viento, época de verano.

Tabla N° 25. Registro hidrológico de la zona de estudio de 11 años.

Departamento: San Martín			Provincia: Rioja			Distrito: Elías Soplín Vargas							
Latitud: 05° 59'			Longitud: 77° 17'										
Altitud: 860 msnm													
Precipitación (mm)													
AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
2000	1271.6	2745.3	2009.2	1644.4	2167.8	1713.5	1580.6	1365.4	1590.8	703.5	688.1	3246.0	20726.1
2001	1018.7	1206.6	2714.2	1496.6	2323.7	688.6	1515.3	1610.8	1867.1	2876.3	1565.9	2425.3	21309.0
2002	1230.9	1397.7	1997.7	3419.4	1965.5	773.6	2103.6	410.2	862.4	2155.0	1739.6	1314.3	19369.9
2003	1751.8	2191.8	2413.5	1631.9	1672.1	1844.2	653.0	816.2	1710.1	2252.7	4094.4	2891.4	23923.1
2004	686.2	924.4	2523.6	1783.4	2227.6	866.5	1635.1	578.8	1761.4	2633.9	2508.7	2200.4	20330.0
2005	1114.7	1819.7	1995.6	2675.1	1329.9	1387.1	601.5	933.9	1276.4	2154.9	2587.4	2198.5	20073.9
2006	1455.9	2358.8	2659.6	1423.2	1405.3	720.4	699.1	1757.6	1818.9	1457.0	770.8	2118.1	18644.7
2007	1530.2	435.6	2705.5	1484.1	1808.3	930.1	1243.3	1094.1	1727.3	2196.2	2573.6	1792.7	19520.8
2008	1141.8	2928.5	2754.8	1519.9	1907.4	1569.0	1034.9	573.8	1671.5	2080.9	3524.5	2075.2	22782.2
2009	1319.2	2176.6	2256.0	2726.0	1706.8	1736.7	668.4	1539.3	1609.4	1827.5	965.0	1075.2	19606.1
2010	905.1	2046.1	2073.5	3149.4	2031.6	345.1	1219.5	699.9	1436.9	1696.7	2259.1	1652.6	20115.5
N° Dat.	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Media	1220.6	1893.7	2373.0	2086.7	1867.8	1143.2	1177.7	1034.5	1575.6	2003.1	2116.1	2090.0	20581.9
D.S	298.2	808.5	315.9	750.2	321.9	518.7	496.5	469.3	291.2	585.1	1101.0	634.6	1561.8
c.v	0.2	0.4	0.1	0.4	0.2	0.5	0.4	0.5	0.2	0.3	0.5	0.3	0.1
Mínima	686.2	435.6	1995.6	1423.2	1329.9	345.1	601.5	410.2	862.4	703.5	688.1	1075.2	18644.7
Máxima	1751.8	2928.5	2754.8	3419.4	2323.7	1844.2	2103.6	1757.6	1867.1	2876.3	4094.4	3246.0	23923.1

Fuente: SAENAMI, 2010.

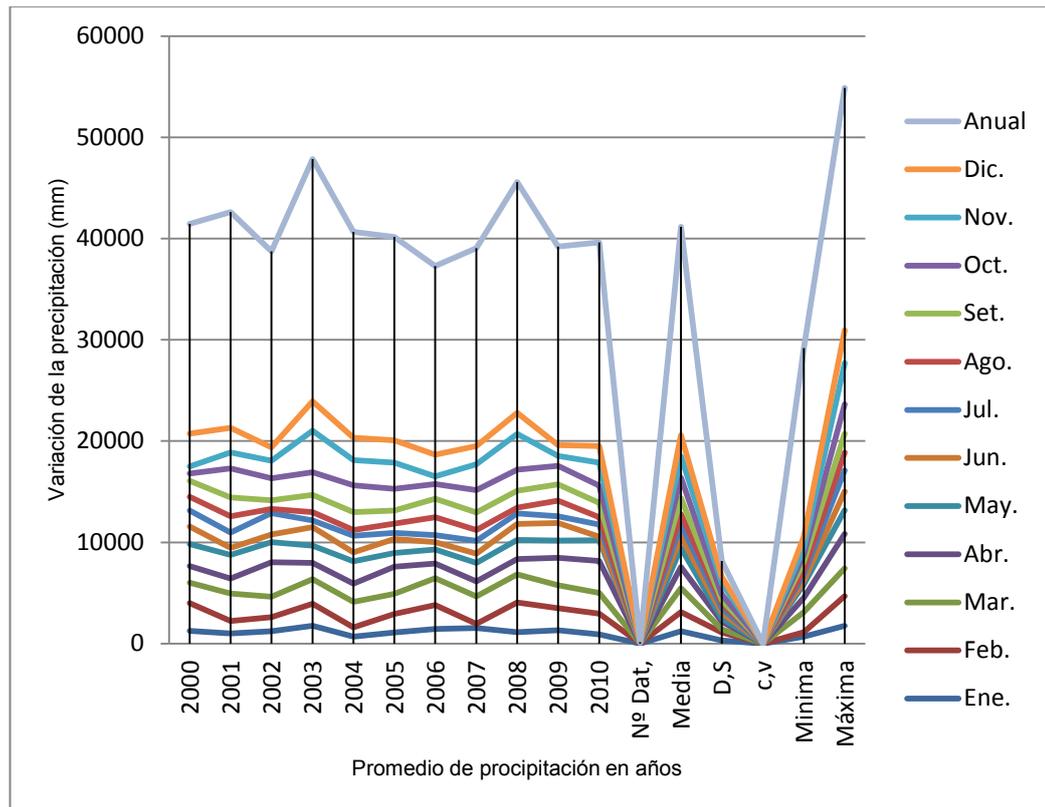


GRÁFICO N° 09. Tendencia de la precipitación de 11 años de registro.

5.5. Cálculos estadísticos.

Cálculo de la varianza, desviación estándar covarianza para la época de invierno.

a). Varianza

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N} \quad S^2 = \frac{(x_1 - \bar{x}_2)^2 + (x_1 - \bar{x}_2)^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{N-1}$$

$$S^2 = \frac{(19.20-10.14)^2 + (12.80-10.14)^2 + (14.95-10.14)^2 + (3.48-10.14)^2 +$$

$$(9.65-10.14)^2 + (4.09-10.14)^2 + (13.36-10.14)^2 + (3.60-10.14)^2}{7} = \frac{246.62}{7}$$

$$S^2 = 35.23 //$$

b). Desviación estándar:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{35.23} = S = 5.94 //$$

c). Covarianza:

$$C.V. = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{5.94}{10.14} = 58.58% //$$

5.6. Cálculo de la varianza, desviación estándar y covarianza para la época de verano.

a). Varianza

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N} \quad S^2 = \frac{(x_1 - \bar{x}_2)^2 + (x_1 - \bar{x}_2)^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{N-1}$$

$$S^2 = \frac{(25.59-13.37)^2 + (13.38-13.37)^2 + (16.54-13.37)^2 + (4.44-13.37)^2 + (17.13-13.37)^2 + (4.64-13.37)^2 + (20.59-13.37)^2 + (4.63-13.37)^2}{7}$$

$$S^2 = \frac{358}{7} = 51.14 //$$

b). Desviación estándar:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{51.14} = S = 7.15 //$$

c). Covarianza:

$$C.V. = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{7.15}{13.37} = 53.47% //$$

5.6. Análisis estadístico.

Los resultados del análisis estadístico descriptivo para el monitoreo realizado en la población de Segunda Jerusalén, en las épocas de invierno y verano se muestra en la TABLA N° 25. La cual se hace mención que la

concentración máxima siendo de 19.20 (mg/m^3); 25.59 (mg/m^3) y la concentración mínima de 3.48 (mg/m^3) y 4.44 (mg/m^3) respectivamente, la misma que presentan valores menores en la época de invierno, con respecto a la época de verano, y que son reflejados en la varianza y la desviación estándar y para el caso de la covarianza atribuye a datos obtenidos de una distribución heterogénea.

Tabla 26. Estadística descriptiva- épocas de invierno y verano-2009.

Medidas estadísticas	Época de invierno	Época de verano
Máxima	19.20 (mg/m^3) de PM10	25.59 (mg/m^3) de PM10
mínima	3.48 (mg/m^3) de PM10	4.44 (mg/m^3) de PM10
Media	10.14	13.37
Varianza	35.23	51.14
Desviación estándar	5.94	7.15
Covarianza	58.58%	53.47%

Fuente: Elaboración propia.

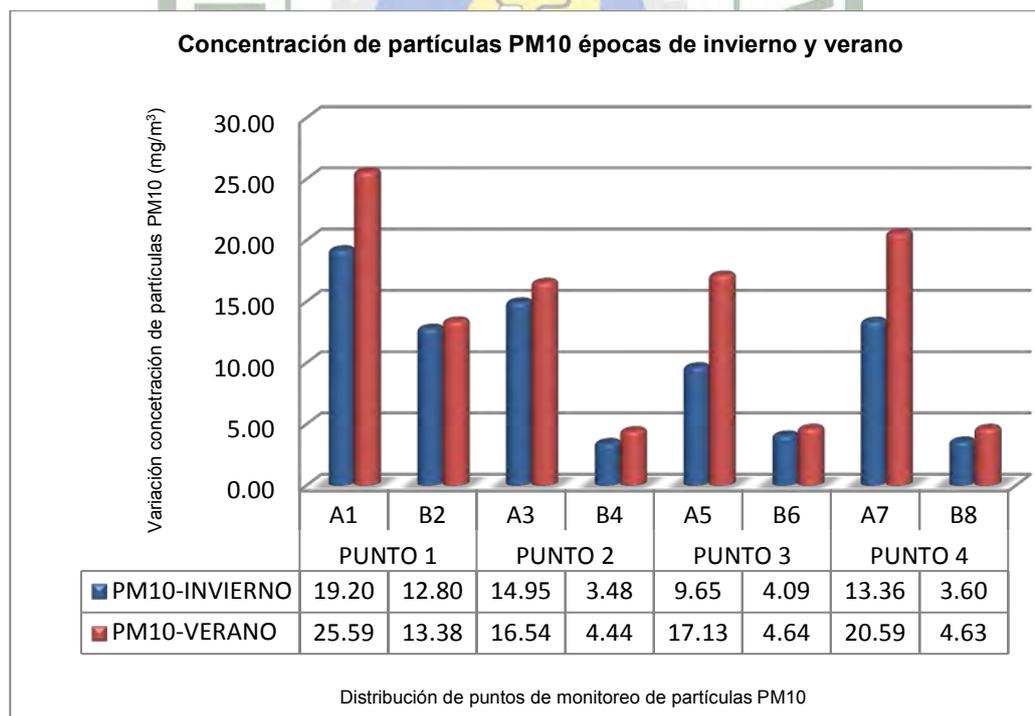


Gráfico N° 09. Comparación de datos de PM10 para verano e invierno.

La concentración de partículas PM10 es variable en la zona de estudio presentándose una mayor concentración de partículas PM10 en el punto 1 (A1) para las estaciones de invierno y verano, así mismo en el punto 4 (A7) en la estación de verano.

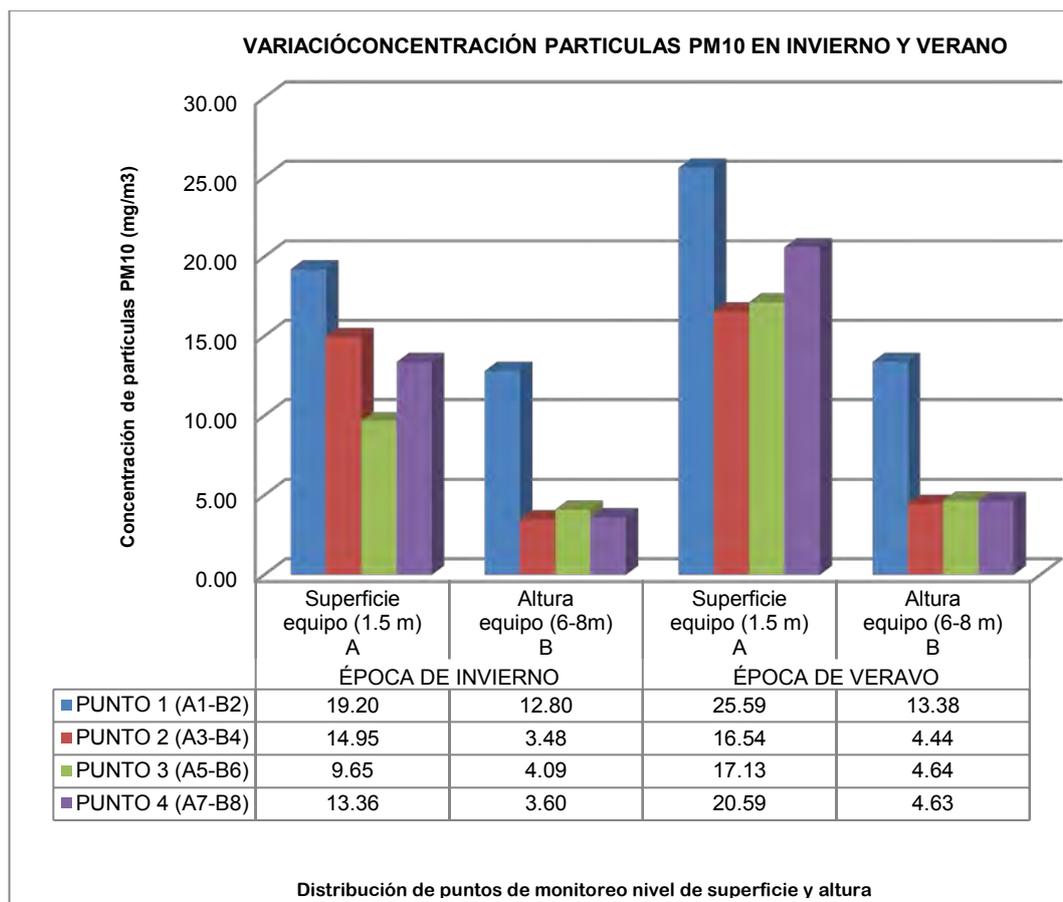


Gráfico N° 10. Distribución de partículas PM10 a diferentes alturas.

Los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación se logró determinar que las partículas PM10 se concentran mayormente distribuidas a nivel de superficie de suelo a una altura de equipo ubicado entre 1.5 m, para ambas épocas de invierno y verano y en menor proporción se da la concentración de partículas PM10 a una altura entre 6 a 8 m, indicando que para el caso del punto B2, presenta un distribución de partículas homogénea para ambas épocas, es decir de invierno y verano, la misma que dicho punto de monitoreo es el más cercano a la Planta de Cementos Selva S.A. Cabe mencionar que para el presente estudio realizado la distribución de partículas PM10 se encuentran mayormente a alturas menores de 6,0 m, generados mayormente por los medios de transporte vehicular y las diversas actividades económicas existentes en la zona de estudio.

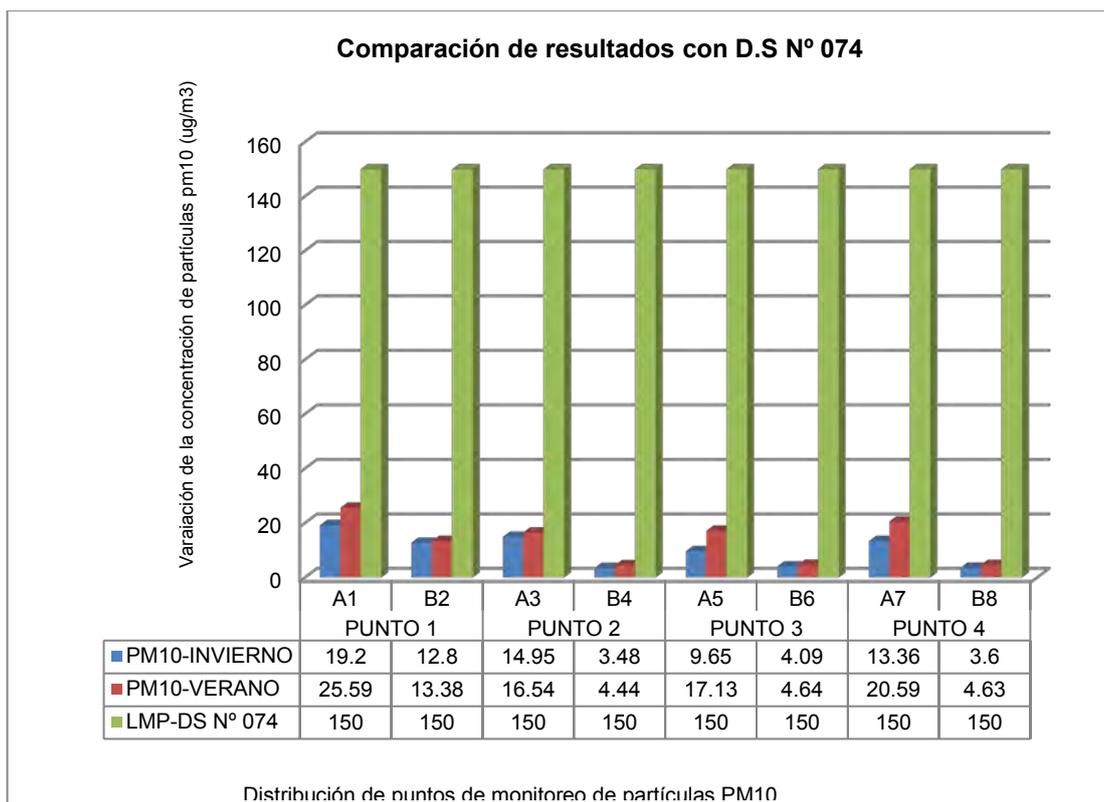


Gráfico N° 11. Comparación de resultados con la Norma D.S N° 074.

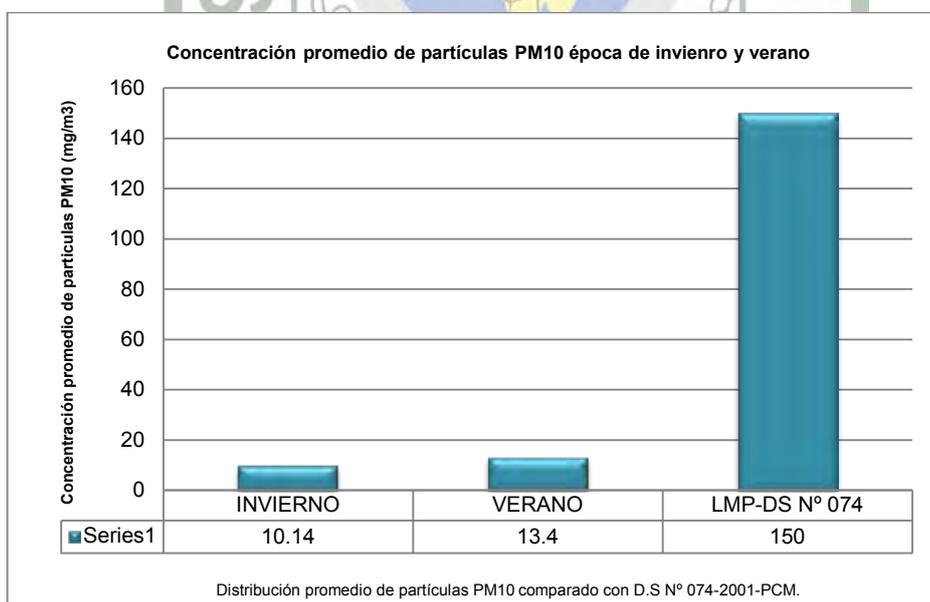


Gráfico N° 11. Comparación de promedios con Norma D.S 074.

Una vez obtenido los promedios de la distribución de partículas PM10, se concluye que la concentración de estas partículas se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles según norma técnica D.S N° 074-2001-PCM.

5.7. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES.

5.7.1. Objetivos.

El propósito es de identificar y evaluar los impactos ambientales potenciales del presente proyecto de investigación *“Distribución espacial vertical de las partículas en suspensión Pm10 del medio atmosférico urbano en Segunda Jerusalén-Rioja-San Martín-Perú”* en cuyo análisis se toma en cuenta los elementos o componentes del ambiente, orientado a lograr que el proceso de las actividades de desarrollo se enmarquen en armonía con el ambiente.

5.7.2. Metodología.

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales potenciales del presente proyecto de investigación se ha utilizado la matriz de Leopold, aplicando el criterio de la valoración escalar centesimal de dicha matriz, es un sistema de evaluación ambiental, esencialmente como método de identificación y puede ser usado como método de resumen para la comunicación de resultados, que posibilita la integración entre los componentes ambientales y las actividades del proyecto, la que consistió en colocar en las columnas el listado de las acciones o actividades que puedan alterar al ambiente y sobre sus filas el listado de los elementos/componentes y atributos del ambiente que pueden ser afectados por actividades desarrollados en el medio.

El primer paso consistió en la identificación de las interacciones existentes, para lo cual se tomó en cuenta todas las actividades que puedan tener un lugar en el presente proyecto, se trabajó con una matriz reducida excluyendo las filas y las columnas que no tienen relación con el proyecto. Posteriormente y para cada acción, se consideraron todos los factores ambientales que puedan ser afectados significativamente, trazando una diagonal en las cuadrículas donde se interceptan con la acción. Para la identificación y valoración de los impactos ambientales potenciales del presente proyecto de investigación.

El análisis de la información obtenida en el estudio correspondiente a la línea de base ambiental se complementó con el análisis de la información secundaria obtenida de fuentes oficiales.

En la fase de identificación y valoración de impactos potenciales se interrelacionaron los factores ambientales con las actividades potenciales de causar impactos de las diversas actividades socioeconómicas realizadas en la zona de estudio. Una vez llenas las cuadrículas el siguiente paso consistió en evaluar o interpretar los números colocados en las tablas correspondientes. Las sumas de columnas y filas permitieron hacer los comentarios correspondientes que consiste en la discusión de los impactos más significativos que acompañan al presente proyecto de investigación.

Se ha identificado como acción generadora de impactos ambientales potenciales en la población de Segunda Jerusalén al “proceso de inmisión de partículas en el aire”. Los resultados de la determinación y evaluación de los impactos ambientales potenciales se detallan a continuación.

Los factores ambientales que se consideran potencialmente afectados por el proceso de inmisión de partículas en el aire son:

- Factores abióticos: tierra, agua, aire, procesos naturales.
- Factores biológicos: flora y fauna.
- Factores socio-económicos: uso del suelo, actividad humana, interés estético, nivel cultural, infraestructura y servicios.

En la TABLA N° 27, se muestra la identificación de incidencias del proceso de inmisión de partículas en el aire sobre los factores y componentes ambientales mencionados, considerando a cada muestra de aire analizada como una acción individual generadora de impactos ambientales potenciales.

En la TABLA 28, se muestra la calificación de las incidencias identificadas considerando la escala de valoración centesimal.

TABLA N° 27. Matriz de identificación de incidencias del proceso de inmisión de partículas en el aire sobre los factores y componentes ambientales.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL E.I.A MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INCIDENCIAS SOBRE UNIDADES DE IMPACTO AMBIENTAL		DEMANDA AMBIENTAL	PROCESOS DE INMISION DE PARTICULAS EN SUSPENSION EN SEGUNDA JERUSALEN																TOTALES			
			ÉPOCA DE INVIERNO								ÉPOCA DE VERANO								TOTAL PARAM	TOTAL COMPON	TOTAL FACTOR	
			19.20	12.80	14.95	3.48	9.65	4.09	13.36	3.60	25.59	13.38	16.54	4.44	17.13	4.64	20.59	4.63				
OFERTA AMBIENTAL		Pto. MUESTRA 01	Pto. MUESTRA 02	Pto. MUESTRA 03	Pto. MUESTRA 04	Pto. MUESTRA 05	Pto. MUESTRA 06	Pto. MUESTRA 07	Pto. MUESTRA 08	Pto. MUESTRA 01	Pto. MUESTRA 02	Pto. MUESTRA 03	Pto. MUESTRA 04	Pto. MUESTRA 05	Pto. MUESTRA 06	Pto. MUESTRA 07	Pto. MUESTRA 08	LECTURA HORIZONTAL				
FACTORES AMBIENTALES	FACTORES ABIOTICOS	TIERRA	SUELO	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*		9	34	613	
		VALOR DEL SUELO	*	*	*						*	*	*	*	*	*	*	*				9
		CALIDAD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			16
		AGUA	SUPERFICIAL	*	*	*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	9		
		CALIDAD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		LLUVIA	*	*	*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	9		
		HUMEDAD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9		
		CALIDAD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
	AIRE	CLIMA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		TEMPERATURA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9		
		VISIBILIDAD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9		
		PROCESOS NATURAL.	DEPOSICIÓN (SEDIMENTOS)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		9
	PRECIPITACIÓN		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9		
	VERTEDEROS		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
	FLORA	ÁRBOLES	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		ARBUSTOS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		HIERBAS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		MICROFLORA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		ESPECIES EN PELIGRO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4		
		CORREDORES	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
	FAUNA	AVES	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9		
		ANIMALES TERREST.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9		
		INSECTOS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		MICROFAUNA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		ESPECIES EN PELIGRO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4		
	USO DE SUELOS	ESPACIOS ABIERTOS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9		
		ZONAS HUMEDAS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9		
		PASTOS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		AGRICULTURA (COSECHAS)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		ZONA URBANA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		ZONA RURAL	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		OCUPACION	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9		
		MIGRACION	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9		
	ACTIVIDADES SOCIALES (CALIDAD DE VIDA)	USOS DEL TERRITORIO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		SOCIALES (CALIDAD DE VIDA)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		PAISAJES Y VISTAS PANORÁM.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9		
	INTERES HUMANO Y ESTETICO	PARQUES	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		ECOSISTEMAS ESPECIALES	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		ZONAS DE RECREO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16		
		NIVEL CULTURAL	ESTILO DE VIDA LOCAL	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		16
SALUD Y SEGURIDAD	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16			
EDUCACIÓN	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16			
ALIMENTACIÓN	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16			
COMERCIO	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9			
CONTAMINACIÓN	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16			
SERV. E INFRAEST.	ESTRUCTURAS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10			
	INVERSIONES	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10			
	PARTICIPACIÓN CIUDADANA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16			
TOTALES LECTURA VERTICAL		PARCIALES	48	46	46	27	27	27	46	27	48	46	46	29	48	27	48	27	613			
		MUESTRAS	294								319											
		TOTAL	613																			

FUENTE: Elaboración propia, 2011.

La proporción de incidencias identificadas en relación al total de incidencias posibles o “matriz de incidencias totales” se muestra en la TABLA N° 29.

TABLA N° 29. Matriz de incidencias totales

MATRIZ DE INCIDENCIAS TOTALES POR CELDA 348/499			PROCESOS DE INMISION DE PARTICULAS EN SUSPENSION-SEGUNDA JERUSALEN		TOTAL HORIZONTAL		
			ÉPOCA DE INVIERNO	ÉPOCA DE VERANO			
FACTORES AMBIENTALES	FACTORES ABIOTICOS	TIERRA	16	18	34		
			24	24	48		
		AGUA	20	9	29		
			32	32	64		
		AIRE	24	6	30		
			32	32	64		
		PROCESOS NATURALES	16	18	34		
			24	24	48		
		FACTORES BIOLÓGICOS	FLORA	41	43	84	
				48	48	96	
	FAUNA		25	29	54		
			40	40	80		
	FACTORES SOCIO-ECONÓMICOS Y CULTURALES (HUMANOS)	USO DE SUELOS	40	42	82		
			48	48	96		
		ACTIVIDADES	24	26	50		
			32	32	64		
		INTERÉS HUMANO Y ESTÉT.	28	29	57		
			32	32	64		
		NIVEL CULTURAL	45	45	90		
			48	48	96		
		SERV. E INFRAES	16	20	36		
			24	24	48		
		TOTAL VERTICAL			295	285	580
					384	384	768

Fuente. Elaboración propia, 2011.

Con los resultados obtenidos en la matriz de incidencias totales se determinó un índice óptimo de calidad ambiental cuyo valor fue de 24.318, como se muestra en la TABLA N° 30.

TABLA N° 30. Matriz de índice óptimo de calidad ambiental.

MATRIZ DE INDICE OPTIMO DE CALIDAD AMBIENTAL			PROCESOS DE INMISION DE PARTICULAS EN SUSPENSION-SEGUNDA JERUSALEN		LECTURA HORIZONTAL	TOTAL HORIZONTAL		
			ÉPOCA DE INVIERNO	ÉPOCA DE VERANO				
FACTORES AMBIENTALES	FACTORES ABIOTICOS	TIERRA	0,667	0,750	0,708	2,125		
		AGUA	0,630	0,281	0,453	1,364		
		AIRE	0,750	0,188	0,469	1,407		
		PROCESOS NATURALES	0,667	0,750	0,708	2,125		
	FACTORES BIOLÓGICOS	FLORA	0,854	0,896	0,875	2,625		
		FAUNA	0,630	0,725	0,675	2,030		
	FACTORES SOCIO-ECONÓMICOS Y CULTURALES (HUMANOS)	USO DE SUELOS	0,833	0,875	0,854	2,562		
		ACTIVIDADES	0,750	0,813	0,781	2,344		
		INTERÉS HUMANO Y ESTÉT.	0,875	0,906	0,891	2,672		
		NIVEL CULTURAL	0,938	0,938	0,938	2,814		
		SERV. E INFRAES	0,667	0,833	0,750	2,25		
		LECTURA VERTICAL			0,750	0,723	8,102	
		TOTAL VERTICAL			8,250	7,954		24,318

Fuente. Elaboración Propia, 2011.

TABLA N° 31. Matriz de nivel escalar óptimo.

MATRIZ DE NIVEL ESCALAR OPTIMO			PROCESOS DE INMISION DE PARTICULAS EN SUSPENSION-SEGUNDA JERUSALEN		TOTAL HORIZONTAL
			ÉPOCA DE INVIERNO	ÉPOCA DE VERANO	
FACTORES AMBIENTALES	FACTORES ABIOTICOS	TIERRA	10,67	13,50	24,17
		AGUA	12,60	6,46	19,06
		AIRE	18,00	4,88	4,88
		PROCESOS NATURALES	10,67	12,25	22,92
	FACTORES BIOLÓGICOS	FLORA	35,04	38,53	73,57
		FAUNA	15,63	21,03	36,66
	FACTORES SOCIO-ECONÓMICOS Y CULTURALES (HUMANOS)	USO DE SUELOS	33,32	36,75	70,07
		ACTIVIDADES	18,00	21,14	39,14
		INTERÉS HUMANO Y ESTÉT.	24,50	26,27	50,77
		NIVEL CULTURAL	41,27	42,21	83,48
		SERV. E INFRAES	10,67	16,66	27,33
		TOTAL VERTICAL	212,37	239,68	452,05

Fuente. Elaboración propia, 2011.

En la TABLA N° 32, se muestra la “matriz de nivel de calidad ambiental” que resume la valoración de los impactos ambientales potenciales.

TABLA N° 32. Matriz de nivel de calidad ambiental

MATRIZ DE NIVEL CALIDAD AMBIENTAL			PROCESOS DE INMISION DE PARTICULAS EN SUSPENSION-SEGUNDA JERUSALEN		TOTAL HORIZONTAL	TOTAL	
			ÉPOCA DE INVIERNO	ÉPOCA DE VERANO			
FACTORES AMBIENTALES	FACTORES ABIOTICOS	TIERRA	OA	OM	OA	OA	
		AGUA	OM	OM	OM		
		AIRE	OA	OA	OA		
		PROCESOS NATURALES	OA	OM	OA		
	FACTORES BIOLÓGICOS	FLORA	OA	OA	OA		
		FAUNA	OA	OA	OA		
	FACTORES SOCIO-ECONÓMICOS Y CULTURALES (HUMANOS)	USO DE SUELOS	OA	OM	OM		
		ACTIVIDADES	OA	OM	OA		
		INTERÉS HUMANO Y ESTÉT.	OA	OA	OA		
		NIVEL CULTURAL	OA	OA	OM		
		SERV. E INFRAES	OA	OA	OA		
		TOTAL VERTICAL	OA	OA	OA		
	TOTAL			OA			

Fuente. Elaboración propia, 2011.

De acuerdo a la evaluación de los impactos ambientales se concluye con un resultado de la calidad del aire en Segunda Jerusalén, con un nivel de ÓPTIMO ALTO, para el presente estudio y año de realizado el proyecto de investigación.

5.8 Medidas de control, mitigación y prevención.

Se han identificado las siguientes medidas de control, mitigación y prevención de la contaminación por material particulado en suspensión y se elaboró una “matriz de actuación propuesta” la cual se muestra en la TABLA N° 31:

- a). **Control:** Dispositivos de control en la planta de cemento, Plan de protección y vigilancia de la calidad de aire, y aplicación de medidas legales a los infractores.
- b). **Mitigación:** Riego continuo de canteras de materiales, negociación de acciones entre partes interesadas e instalación de filtros adecuados en las chimeneas de la planta de cemento.
- c). **Prevención:** Educación Ambiental en los niveles formal y no formal mantenimiento de vehículos motorizados y cambio de combustible (leña x gas) para cocinar.

TABLA N° 33. Matriz de actuación propuesta para el control, mitigación y prevención de la contaminación por material particulado en Segunda Jerusalén.

MATRIZ DE ACTUACIÓN PROPUESTA			PROCESOS DE INMISIÓN DE PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN EN SEGUNDA JERUSALEN									
			CONTROL			MITIGACIÓN			PREVENCIÓN			
			Dispositivos de control en la planta de cemento	Plan de protección y vigilancia de la calidad de aire	Aplicación de medidas legales a los infractores	Riego continuo de canteras de materiales	Negociación de acciones entre partes interesadas	Instalación de filtros adecuados en las chimeneas de la planta de cemento	Educación Ambiental formal y no formal	Mantenimiento de vehículos motorizados	Cambio de combustible (leña x gas) para cocinar	
Factores ambientales	FACTORES ABIÓTICOS	TIERRA	*	*	*	*	*	*	*	*		
		AGUA	*	*	*	*	*	*	*	*		
		AIRE	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		PROCESOS NATURALES		*	*			*	*	*	*	*
	FACTORES BIOLÓGICOS	FLORA	*	*	*			*	*	*	*	*
		FAUNA	*	*	*			*	*	*	*	*
	FACTORES SOCIO-ECONÓMICOS Y CULTURALES (HUMANOS)	USO DE SUELOS		*				*	*	*	*	*
		ACTIVIDADES		*			*	*	*	*	*	*
		INTER. ESTÉT.	*	*	*		*	*	*	*	*	*
		NIVEL CULTURAL	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		SERV. E INFRAES		*			*	*	*	*	*	*

Fuente: Elaboración propia, 2011.

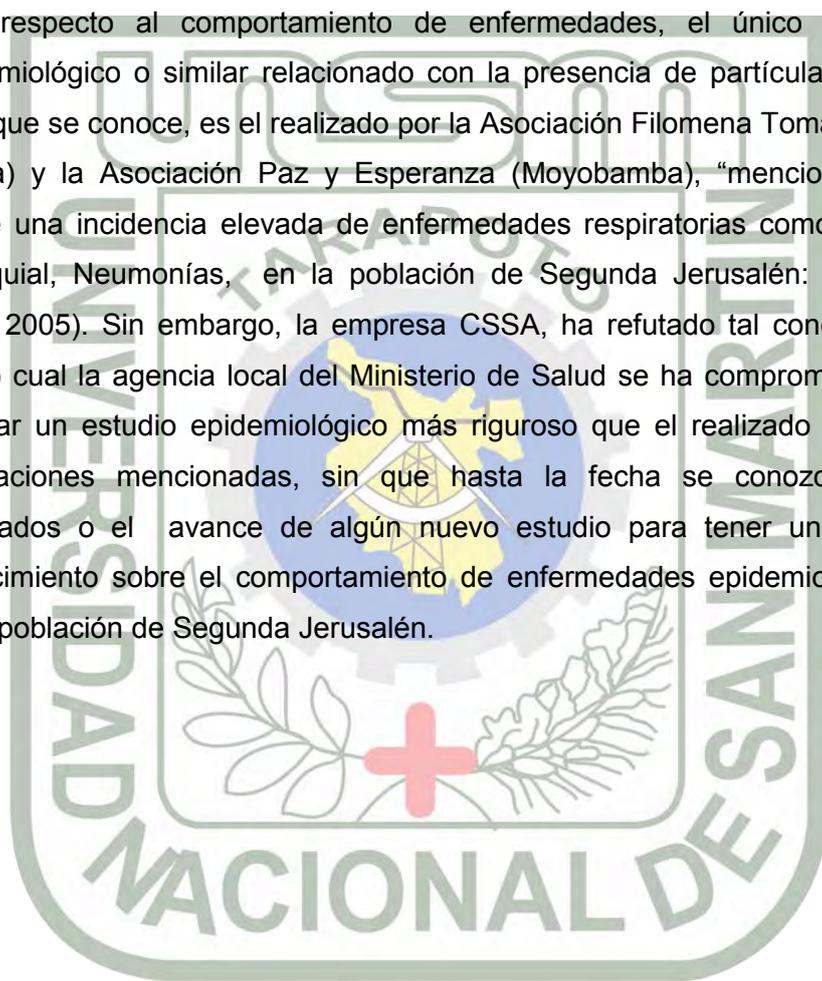
Los niveles de concentración de partículas del aire muestreado en la población de Segunda Jerusalén, determinado en 16 puntos de monitoreo por un tiempo de 24 horas con un equipo automático, en dos épocas de verano e invierno, los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los Estándares de Calidad de Aire establecidos en el D.S. 074-2001-PCM. De $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -24 horas.

VI. DISCUSIONES

- 5.1.** Es importante mencionar que el objeto central de la presente investigación es específicamente la caracterización del contenido de material particulado en el aire, es decir determinar la inmisión de partículas. En tal situación, está fuera del alcance propuesto la determinación de las fuentes generadoras de las partículas en el aire, su distribución o dispersión espacial, así como estudios de carácter epidemiológico relacionados con la población expuesta al aire estudiado.
- 5.2.** El muestreo de partículas PM10 se realizó en dos etapas, es decir teniendo en consideración las épocas del año, En la primera, se realizó en la época de invierno del 25 de abril hasta el 02 de mayo del 2009 y la segunda etapa se realizó el monitoreo de partículas PM10 del 12 al 19 de setiembre del mismo año. Para el desarrollo del presente monitoreo de partículas en ambas épocas se usó un equipo automático de propiedad de la empresa Cementos Selva. Aparentemente los resultados de concentración de partículas en el aire obtenidos serían eficientes y precisos ya que las normas legales del Perú exigen la utilización de equipos de muestreo de aire de alto volumen (1,1-1,3 m³/min) y automáticos, pero en razón de imitar a las normas de la US EPA antes que por consideraciones de rigurosidad y factibilidad de las mediciones. Ya los equipos automáticos están dotados, en el presente caso, de un sistema de ciclón que permite separar partículas menores que 10 µm del flujo de aire (PM10).
- 5.3.** La estrategia de muestreo utilizada por las normas legales peruanas indican el monitoreo de 24 horas continuas cada 6 meses, y los datos que de allí resulten son “suficientes” en términos legales. Sin embargo, la caracterización del aire, en el parámetro que sea, para obtener validez científica, académica y estadística requiere programas de monitoreo más extensos. En el presente estudio se han monitoreado 16 días, con frecuencia mensual para calcular el valor PM10 por 8 días por cada época del año, por lo que puede considerarse que estadísticamente los resultados obtenidos son más probables.
- 5.4.** No se tiene conocimiento de la realización de otros estudios de material particulado PM10, excepto los monitoreos realizados por la empresa

Cementos Selva S. A. En comparación con los resultados obtenidos por la Planta de CSSA (entre 2,18 y 89,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (CSSA, 2009), los resultados del presente estudio están dentro del mismo rango (entre 19,20 y 25,59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). A su vez, todos los resultados, los de CSSA y los del presente estudio, están por debajo de la norma nacional (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (PCM, 2001: D.S. 074-2001).

- 5.5.** Con respecto al comportamiento de enfermedades, el único estudio epidemiológico o similar relacionado con la presencia de partículas en el aire, que se conoce, es el realizado por la Asociación Filomena Tomaira (La Oroya) y la Asociación Paz y Esperanza (Moyobamba), “menciona que existe una incidencia elevada de enfermedades respiratorias como Asma Bronquial, Neumonías, en la población de Segunda Jerusalén: (AFT y APE, 2005). Sin embargo, la empresa CSSA, ha refutado tal conclusión, por lo cual la agencia local del Ministerio de Salud se ha comprometido a realizar un estudio epidemiológico más riguroso que el realizado por las asociaciones mencionadas, sin que hasta la fecha se conozcan los resultados o el avance de algún nuevo estudio para tener un mayor conocimiento sobre el comportamiento de enfermedades epidemiológicas en la población de Segunda Jerusalén.



VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- 7.1.1. La distribución de la concentración de partículas PM10 en la población de Segunda Jerusalén, realizados en el año 2009, en las épocas de invierno y verano, cuya concentración máxima es de 19.20 (mg/m³) y 25.59 (mg/m³) y la concentración mínima de 3.48 (mg/m³) y 4.44 (mg/m³) respectivamente, la misma que presentan valores menores en la época de invierno.
- 7.1.2. Los niveles o concentración del material particulado PM10 en suspensión en el medio atmosférico (aire) de la población de Segunda Jerusalén, Rioja, San Martín, Perú, se encuentran por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental para PM10. Las concentraciones promedio de PM10, son de 10.14 mg-m³ y 13.37 µm/m³, para las épocas de invierno verano, en cambio los estándares son 150 y 50 µg/m³ (media aritmética anual) respectivamente.
- 7.1.3. La concentración de partículas PM10 en la población de Segunda Jerusalén, se encuentra mayormente distribuidas por debajo de los 6:0 m, resultados obtenidos para el presente proyecto de investigación, en los 16 puntos de muestreo realizados.
- 7.1.4. El proceso de inmisión de material particulado PM10 en suspensión en el medio atmosférico en Segunda Jerusalén, tiene incidencia sobre todos los factores ambientales analizados (abióticos, bióticos y sociales), la calificación general que resulta de los impactos es de ÓPTIMO ALTO, para el presente estudio realizado.
- 7.1.5. Con la finalidad de preservar la calidad del medio atmosférico de la población de Segunda Jerusalén, es necesario llevar a cabo una serie de actividades de control, mitigación y prevención de la contaminación atmosférica por material particulado en suspensión. Algunas medidas deben ser desempeñadas por la empresa Cementos Selva S.A, para controlar la emisión de partículas que produce la planta de cemento; otras medidas deben ser ejecutadas

por las instituciones públicas locales competentes (Municipalidad y Ministerio de Salud) para vigilar la calidad del aire y hacer cumplir las normas correspondientes y/o ordenar las sanciones que pudieran corresponder a los infractores; y otras medidas deben ser desempeñadas por las organizaciones sociales, la población en general y las instituciones educativas locales, sobre todo en el aspecto de educación ambiental y participación ciudadana para la vigilancia ambiental.

- 7.1.6. Aun cuando la calidad del medio atmosférico de la población de Segunda Jerusalén, cumple con los estándares de calidad en lo que se refiere a material particulado en suspensión, la actual emisión de partículas podría alterar esa calidad aérea actual, por lo cual es imperativo tomar las medidas mencionadas en el párrafo anterior para que en coordinación se planifique acciones conjuntas y de manera estratégica encaminar un mejor control de la calidad del aire atmosférico en la población.



7.2. RECOMENDACIONES

- 7.2.1. A la Municipalidad distrital de Elías Soplín Vargas, efectuar medidas de preservación de la calidad del medio atmosférico, prevención de la contaminación atmosférica y control de las fuentes de emisión de sustancias contaminantes, las cuales deben estar contenidas en un Plan de Acción Local para Mejorar la Calidad del Aire (CEPIS, 2001) como el denominado “A limpiar el aire”, que establece el DS N° 074-2001-PCM; garantizando la participación de la comunidad. En este caso, el plan debe ser financiado por la empresa CSSA, porque ella es la responsable de la principal emisión de partículas. A partir de ello, el plan debiera ser ejecutado por una coordinación interinstitucional liderada por la municipalidad e integrada por lo menos por el Ministerio de Salud, la Fiscalía de la Nación, la Defensoría del Pueblo, la empresa CSSA, la Universidad Nacional de San Martín, el Ministerio de Educación, la Comisión Ambiental Regional, el SERNAMP, la Municipalidad Provincial de Rioja, algunas organizaciones de base de la comunidad.
- 7.2.2. A la Municipalidad Distrital de Elías Soplín Vargas, establecer un sistema de vigilancia de la calidad del aire que sea manejado la Comisión de Gestión Ambiental Local-CGAL o por la propia comunidad, a través de sus organizaciones de base más representativas, asesorada por la coordinación interinstitucional mencionada en la recomendación anterior, este sistema podría constar de una estación de monitoreo fija (aplicada a aire en exteriores) o equipos personales de monitoreo del aire (aplicado a aire en interiores).
- 7.2.3. A la empresa Cementos Selva S. A., desarrollar un programa de vigilancia de la calidad del aire que incorpore monitoreos continuos y permanentes (todos los días del año) y que también incorpore la participación comunitaria; y considerar como el estándar de calidad ambiental para PM10 el referido al período de exposición anual ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), en razón que la exposición de las personas de la comunidad, al aire que recibe las emisiones de la planta de cemento, es permanente, es decir durante períodos de exposición que duran varios años.

- 7.2.4. A la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín y centros de investigación privados, estimular y realizar las investigaciones de calidad del aire y epidemiológicas pertinentes, en el área de influencia de las emisiones de sustancias contaminantes de la empresa Cementos Selva S. A. y otras actividades.
- 7.2.5. Al Ministerio de Salud, realizar estudios epidemiológicos permanentes de la población expuesta a los efectos de la contaminación atmosférica, en el distrito Elías Soplín Vargas.
- 7.2.6. A la Autoridad Regional Ambiental-ARA, realizar estudios del impacto de la contaminación atmosférica sobre los factores y componentes ambientales, en el distrito de Elías Soplín Vargas.



VIII. BIBLIOGRAFÍA.

1. ABEBY et al, 1995. Los síntomas crónicos respiratorios relacionados con las concentraciones ambientales a largo plazo de las partículas finas, menos de 2.5 micras de diámetro aerodinámico (PM2.5) y otros contaminantes del aire. Medio epidemiológico .Vol. 5 p`. 137-159.
2. AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL (EPA). 1994. Manual de Aseguramiento de calidad para sistemas de medición de la contaminación del aire. Volúmenes: I, II, IV y V. Washington, DC.
3. AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL (EPA). 2006. Partículas Ambientales Nacionales de Calidad del Aire: Alcance y métodos del Plan de Riesgos para la Salud y Evaluación de la Exposición. Washington, DC.
4. ARMAS *et al*, 2002. Tecnología Ambiental. Trujillo-Perú.
5. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS) / ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 1999. Curso de orientación para el control de la contaminación del aire. Manual de auto-instrucción. Perú.
6. SEDDING. D. J, 2002. Contaminación Atmosférica. Edit. REVERTE. S.A. España.
7. LARSEN. B. 2003. "Higiene y salud en los países en desarrollo: la definición de prioridades a través de evaluaciones de coste-beneficio". International Diario de Investigación en Salud Ambiental, N° 13. p. 37-46.
11. MARTÍNEZ, Ana Patricia y ROMIEU, Isabelle. 1998. Introducción al monitoreo atmosférico. ECO / GTZ. México.
12. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (MEM). 1993.a. Decreto Supremo N° 016-93-EM. Perú.
13. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (MEM). 1993.b. Decreto Supremo N° 059-93-EM. Decreto Modificatorio del D. S. N° 016-93-EM. Perú.

14. MINISTERIO DE PRODUCCIÓN-PRODUCE.2005.Hoja de reporte del control de monitoreos ambientales-Calidad de aire-Cementos Selva S.A.
15. NAVARRO, R., 1981. Química ambiental: Contaminación del aire y del agua. Editorial Brune, Barcelona.ISBN.84-7031-259-6. Pp. 67-80
16. NIETO, O., 1993, Efectos en la salud de la contaminación por material particulado. Curso Contaminación del Aire por Material Particulado. AINSA Medellín-Colombia.
17. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS), 2007. Directrices sobre la calidad del aire en la protección de la salud pública.
18. PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS PCM. 2001. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. D. S. N° 074 – 2001 – PCM. Perú.
19. RED DE SALUD RIOJA-MINISTERIO DE SALUD-MINSA. 2005. Informe de índice de enfermedades respiratorias en la población de Segunda Jerusalén.
20. TECNOLOGÍA XXI S.A. 2002. Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA)-Cementos Selva S.A.
21. TURK, WITTLES. 1999. Ecología, Contaminación y Medio Ambiente. Madrid-España.
22. Strauss W, *et al.* 1997. Contaminación del Aire, Causas, efectos y soluciones. México.



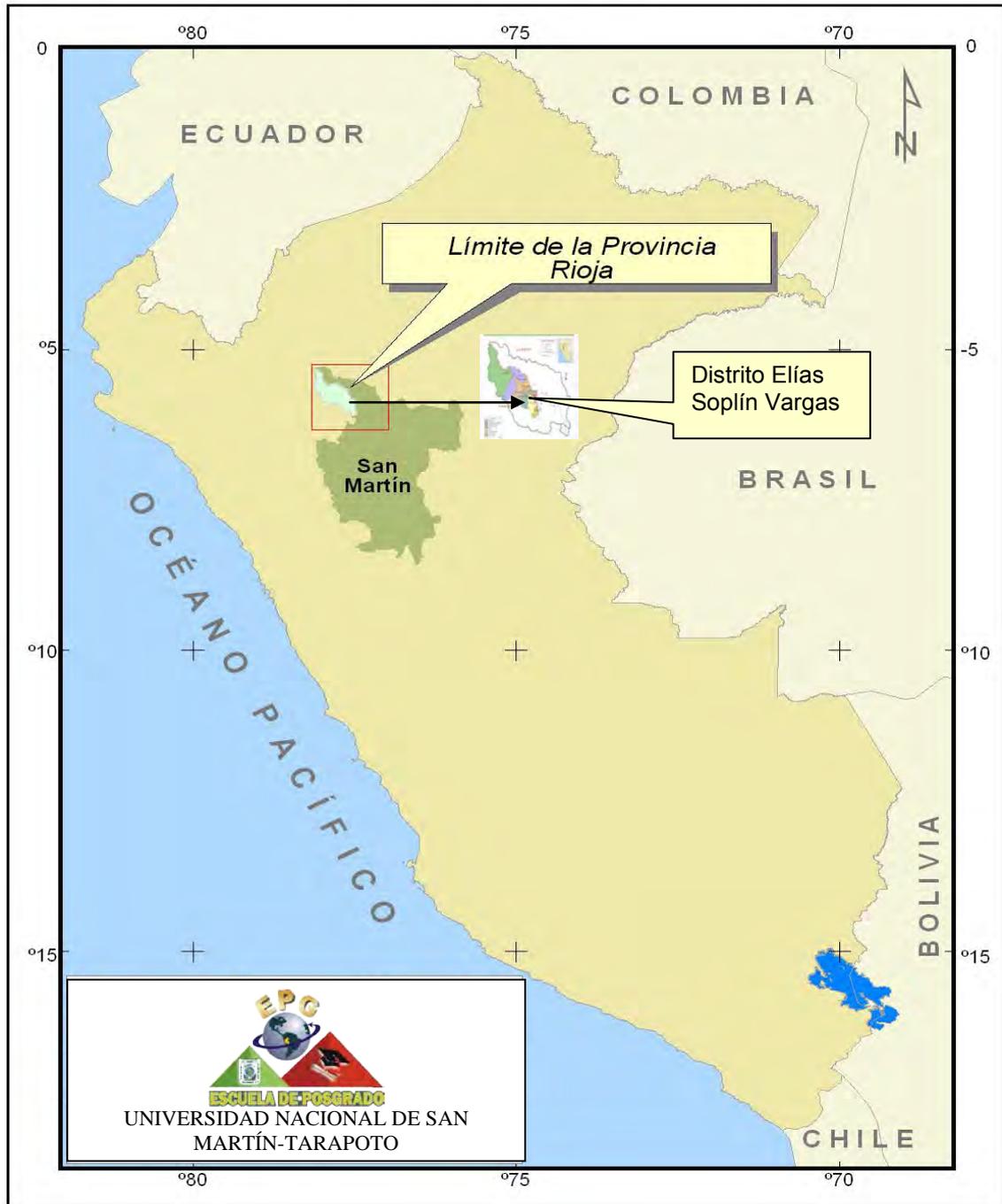
ANEXOS

ANEXO I

MAPA UBICACIÓN DE SEGUNDA JERUSALEN

Zonificación Ecológica y Económica de la Provincia de Rioja

MAPA 01 : UBICACIÓN GEOGRÁFICA



ANEXO III

**PROGRAMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE -ÉPOCAS DE INVIERNO
SEGUNDA JERUSALEN-INICIO 25 DE ABRIL- 2009**

PUNTOS DE MONITOREO	DIAS DE MONITOREO	Hora Inicio y fin	HORAS (24)	MINUTOS	CORDENADAS UTM			W Filtro (gr)	MATERIAL COLECTADO	V-CV	ROTAMETRO (lt/min)	VStand (M ³)	T°C	
					X	Y	Z							
P ₁	A1	25/04/2009 26/04/2009	i: 1:30 pm f: 1:30 pm	24	1440	248230	9337184	835	Wi: 0.1474 Wi: 0.1480	0.006	33.37	I: 0300421 F: 0303758	31.258	I: 24.20 F: 22.40
	B2	26/04/2009 27/04/2009	i: 1:50 pm f: 1:50 pm	24	1440	248243	9337167	841	Wi: 0.1478 Wi: 0.1482	0.0004	33.37	I: 0303758 F: 0307095	29.37	I: 20.60 F: 26.20
P ₂	A3	27/04/2009 28/04/2009	i: 2:20 pm f: 2:20 pm	24	1440	248097	9337938	833	Wi: 0.1486 Wi: 0.1490	0.0004	28.15	I: 0307095 F: 0309960	25.777	I: 22.20 F: 24.10
	B4	28/04/2009 29/04/2009	i: 2:40 pm f: 2:40 pm	24	1440	248099	9337949	836	Wi: 0.1486 Wi: 0.1487	0.0001	31.80	I: 0309960 F: 0310278	28.693	I: 24.30 F: 20.70
P ₃	A5	29/04/2009 30/04/2009	i: 3:00 pm f: 3:00 pm	24	1440	247429	9337332	840	Wi: 0.1466 Wi: 0.1469	0.0003	34.50	I: 0310278 F: 0310623	31.077	I: 21.85 F: 24.15
	B6	30/04/2009 01/05/2009	i: 3:20 pm f: 3:20 pm	24	1440	247418	9337361	848	Wi: 0.1472 Wi: 0.1473	0.0001	27.20	I: 0310623 F: 0310895	24.464	I: 22.60 F: 24.30
P ₄	A7	01/05/2009 02/05/2009	i: 5:00 pm f: 5:00 pm	24	1440	247681	9337284	836	Wi: 0.1464 Wi: 0.1468	0.0004	33.18	I: 0310895 F: 0314213	29.939	I: 24.75 F: 20.15
	B8	02/05/2009 02/05/2009	i: 5:30 pm f: 5:30 pm	24	1440	247687	9337288	845	Wi: 0.1485 Wi: 0.1486	0.0001	31.12	I: 0314213 F: 317325	27.784	I: 25.85 F: 21.35

Elaborado por Ing. Santos Herrera Díaz

LEYENDA:

I: Inicio

F: Final

v-cv: Velocidad rotámetro

PROGRAMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE-ÉPOCA DE VERANO

SEGUNDA JERUSALEN-INICIO 12 DE SETIEMBRE- 2009

PUNTOS DE MONITOREO	DIAS DE MONITOREO	Hora Inicio y fin	HORAS (24)	MINUTOS	CORDENADAS UTM			W Filtro (gr)	MATERIAL COLECTADO	V-CV	ROTAMETRO (lt/min)	VStand (M ³)	T°C	
					X	Y	Z							
P ₁	A1	12/09/2009	i: 1:00 pm f: 1:00 pm	24	1440	248230	9337184	835	Wi: 0.1525 Wi: 0.1531	0.0006	26	I : 03148079 F: 03148105	23.444	i: 21.3 f: 24.1
	B2	13/09/2009	i: 1:20 pm f: 1:20 pm	24	1440	248243	9337167	841	Wi: 0.1486 Wi: 0.1489	0.0003	25	I : 03148105 F: 03148130	22.425	i: 26.4 f: 22.1
P ₂	A3	14/09/2009	i: 2:50 pm f: 2:50 pm	24	1440	248097	9337938	833	Wi: 0.1480 Wi: 0.1484	0.0004	27	I : 03148130 F: 03148157	24.186	i: 23.1 f: 26.0
	B4	15/09/2009	i: 3:10 pm f: 3:10 pm	24	1440	248099	9337949	836	Wi: 0.1436 Wi: 0.1437	0.0001	25	I : 03148157 F: 03148182	22.527	i: 20.6 f: 25.3
P ₃	A5	16/09/2009	i: 3:40 pm f: 3:40 pm	24	1440	247429	9337332	840	Wi: 0.1482 Wi: 0.1486	0.0004	26	I : 03148182 F: 03148208	23.345	i: 25.7 f: 22.2
	B6	17/09/2009	i: 4:20 pm f: 4:20 pm	24	1440	247418	9337361	848	Wi: 0.1494 Wi: 0.1495	0.0001	24	I : 03148208 F: 031488232	21.535	i: 24.5 f: 23.8
P ₄	A7	18/09/2009	i: 5:00 pm f: 5:00 pm	24	1440	247681	9337284	836	Wi: 0.1424 Wi: 0.1429	0.0005	27	I : 031488232 F: 03148259	24.284	i: 21.6 f: 25.3
	B8	19/09/2009	i: 5:20 pm f: 5:20 pm	24	1440	247687	9337288	845	Wi: 0.1508 Wi: 0.1509	0.0001	24	I : 03148259 F: 03148283	21.593	i: 24.2 f: 22.5

Elaborado por Ing. Santos Herrera Díaz

LEYENDA:

I: Inicio

F: Final

v-cv: Velocidad rotámetro

ANEXO IV

VISTAS FOTOGRÁFICAS



FOTOGRAFÍA N° 01. Vista panorámica de Segunda Jerusalén.



FOTOGRAFÍA N° 02. Población Segunda Jerusalén.



FOTOGRAFÍA N° 03. Realizando el pesado del filtro para monitoreo en el laboratorio de la Planta de CSSA.



FOTOGRAFÍA N° 04. Rotulado de filtro para monitoreo, laboratorio de la Planta de CSSA.



FOTOGRAFÍA N° 05. Punto de Monitoreo N° 01.



FOTOGRAFÍA N° 06. Punto de Monitoreo N° 03.



FOTOGRAFÍA N° 07. Punto de Monitoreo N° 06, en azotea de vivienda.



FOTOGRAFÍA N° 08. Instalando equipo de monitoreo



FOTOGRAFÍA N° 09. Punto de Monitoreo N° 08, en azotea de vivienda.



FOTOGRAFÍA N° 10. Filtro de monitoreo rotulados, laboratorio de la Planta de CSSA.

PROGRAMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE

SEGUNDA JERUSALEN-INICIO 25 DE ABRIL- 2009

PUNTOS DE MONITOREO	DIAS DE MONITOREO	Hora Inicio y fin	HORAS (24)	MINUTOS	CORDENADAS UTM			W Filtro (gr)	MATERIAL COLECTADO	V-CV	ROTAMETRO (lt/min)	VStand (M ³)	T°C	PM ₁₀ (mg/m ³ /h)	
					X	Y	Z								
P ₁	A1	25/04/2009 26/04/2009	i: 1:30 pm f: 1:30 pm	24	1440	248230	9337184	835	Wi: 0.1474 Wi: 0.1480	0.006	33.37	I: 0300421 F: 0303758	31.258	I: 24.20 F: 22.40	19.20
	B2	26/04/2009 27/04/2009	i: 1:50 pm f: 1:50 pm	24	1440	248243	9337167	841	Wi: 0.1478 Wi: 0.1482	0.0004	33.37	I: 0303758 F: 0307095	29.37	I: 20.60 F: 26.20	12.80
P ₂	A3	27/04/2009 28/04/2009	i: 2:20 pm f: 2:20 pm	24	1440	248097	9337938	833	Wi: 0.1486 Wi: 0.1490	0.0004	28.15	I: 0307095 F: 0309960	25.777	I: 22.20 F: 24.10	14.95
	B4	28/04/2009 29/04/2009	i: 2:40 pm f: 2:40 pm	24	1440	248099	9337949	836	Wi: 0.1486 Wi: 0.1487	0.0001	31.80	I: 0309960 F: 0310278	28.693	I: 24.30 F: 20.70	3.48
P ₃	A5	29/04/2009 30/04/2009	i: 3:00 pm f: 3:00 pm	24	1440	247429	9337332	840	Wi: 0.1466 Wi: 0.1469	0.0003	34.50	I: 0310278 F: 0310623	31.077	I: 21.85 F: 24.15	9.65
	B6	30/04/2009 01/05/2009	i: 3:20 pm f: 3:20 pm	24	1440	247418	9337361	848	Wi: 0.1472 Wi: 0.1473	0.0001	27.20	I: 0310623 F: 0310895	24.464	I: 22.60 F: 24.30	4.09
P ₄	A7	01/05/2009 02/05/2009	i: 5:00 pm f: 5:00 pm	24	1440	247681	9337284	836	Wi: 0.1464 Wi: 0.1468	0.0004	33.18	I: 0310895 F: 0314213	29.939	I: 24.75 F: 20.15	13.36
	B8	02/05/2009 02/05/2009	i: 5:30 pm f: 5:30 pm	24	1440	247687	9337288	845	Wi: 0.1485 Wi: 0.1486	0.0001	31.12	I: 0314213 F: 317325	27.784	I: 25.85 F: 21.35	3.60
														Σ= 81.13	
PROMEDIO														10.14	

Elaborado por Ing. Santos Herrera Díaz

LEYENDA:

I: Inicio

F: Final

v-cv: Velocidad rotámetro

PROGRAMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE

SEGUNDA JERUSALEN-INICIO 12 DE SETIEMBRE- 2009

PUNTOS DE MONITOREO	DIAS DE MONITOREO	Hora Inicio y fin	HORAS (24)	MINUTOS	CORDENADAS UTM			W Filtro (gr)	MATERIAL COLECTADO	V-CV	ROTAMETRO (lt/min)	VStand (M ³)	T°C	PM ₁₀ (mg/m ³ /h)	
					X	Y	Z								
P ₁	A1	12/09/2009	i: 1:00 pm f: 1:00 pm	24	1440	248230	9337184	835	Wi: 0.1525 Wi: 0.1531	0.0006	26	I : 03148079 F: 03148105	23.444	i: 21.3 f: 24.1	25.59
	B2	13/09/2009	i: 1:20 pm f: 1:20 pm	24	1440	248243	9337167	841	Wi: 0.1486 Wi: 0.1489	0.0003	25	I : 03148105 F: 03148130	22.425	i: 26.4 f: 22.1	13.38
P ₂	A3	14/09/2009	i: 2:50 pm f: 2:50 pm	24	1440	248097	9337938	833	Wi: 0.1480 Wi: 0.1484	0.0004	27	I : 03148130 F: 03148157	24.186	i: 23.1 f: 26.0	16.54
	B4	15/09/2009	i: 3:10 pm f: 3:10 pm	24	1440	248099	9337949	836	Wi: 0.1436 Wi: 0.1437	0.0001	25	I : 03148157 F: 03148182	22.527	i: 20.6 f: 25.3	4.44
P ₃	A5	16/09/2009	i: 3:40 pm f: 3:40 pm	24	1440	247429	9337332	840	Wi: 0.1482 Wi: 0.1486	0.0004	26	I : 03148182 F: 03148208	23.345	i: 25.7 f: 22.2	17.13
	B6	17/09/2009	i: 4:20 pm f: 4:20 pm	24	1440	247418	9337361	848	Wi: 0.1494 Wi: 0.1495	0.0001	24	I : 03148208 F: 031488232	21.535	i: 24.5 f: 23.8	4.64
P ₄	A7	18/09/2009	i: 5:00 pm f: 5:00 pm	24	1440	247681	9337284	836	Wi: 0.1424 Wi: 0.1429	0.0005	27	I : 031488232 F: 03148259	24.284	i: 21.6 f: 25.3	20.59
	B8	19/09/2009	i: 5:20 pm f: 5:20 pm	24	1440	247687	9337288	845	Wi: 0.1508 Wi: 0.1509	0.0001	24	I : 03148259 F: 03148283	21.593	i: 24.2 f: 22.5	4.63
													Σ = 106.94		
PROMEDIO													13.37		

Elaborado por Ing. Santos Herrera Díaz

LEYENDA:

I: Inicio

F: Final

v-cv: Velocidad rotámetro