



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

## **TESIS**

**EVALUACION Y MONITOREO DE PARTÍCULAS DE  
POLVO PM 2.5 Y PM 10 Y SU RELACIÓN CON LAS  
TEMPERATURAS DEL AIRE EN TRES PUNTOS DE  
MUESTREO UBICADOS EN LA CARRETERA  
COCHABAMBA - CHOTA 2012 Y 2013**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**SARMIENTO SOTTA BERNNERD LUIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**LIMA – PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Lucio y Cristina quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, valentía y perseverancia, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Erika, Leonel, Gary y en especial a Marco por su apoyo incondicional, durante todo este proceso, a mis abuelas Braulia y Juana por estar conmigo en todo momento gracias

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, a mi esposa Gretel y mi hijo Christopher por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo.

De manera especial a mi hermano Marco por haberme ayudado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo necesario para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
RESUMEN .....	xiv
Abstract .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1 Caracterización de la realidad problemática.....	2
1.2 Formulación del Problema.....	3
1.3. Objetivos.....	7
1.4. Justificación.....	8
1.5. Importancia.....	9
1.6. Limitaciones.....	9
CAPÍTULO II.....	10
FUNDAMENTOS TEORICOS.....	10
2.1 Marco Referencial .....	11
2.2 MARCO TEÓRICO.....	15
CAPÍTULO III.....	22
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO .....	22
3.1 Metodología.....	23
3.2 Hipótesis de la Investigación.....	24
3.3 Variables .....	25
3.4 Definición Operativa de Variables e Indicadores.....	25
3.5 Cobertura del Estudio .....	26
3.6 Técnicas.....	27
3.7 Procedimiento de recolección de datos.....	27
3.8 Procesamiento estadístico de la información .....	27
3.9 Análisis e Interpretación de Datos.....	27
CAPITULO IV .....	28
RESULTADOS .....	28

4.1. RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE COMPORTAMIENTO ENTRE PARTICULAS PM10 VS TEMPERATURA EN TODOS LOS PUNTOS DE MUESTREO LOS AÑOS 2012 Y 2013.....	29
4.2 RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE COMPORTAMIENTO ENTRE PARTICULAS PM2.5 VS TEMPERATURA EN TODOS LOS PUNTOS DE MUESTREO LOS AÑOS 2012 Y 2013.....	41
CAPITULO V .....	53
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	53
5.1 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas: Abril y Setiembre del 2012. ....	54
5.2 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza): Mayo y Setiembre del 2012.....	55
5.3 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Cochabamba: Mayo y Setiembre del 2012.....	55
5.4 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para el PM2.5 del Punto de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas: Abril y Setiembre del 2012. ....	56
5.5 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM2.5 del Punto de Monitoreo Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza): Mayo y Setiembre del 2012.....	56
5.6 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para el PM2.5 del Punto de Monitoreo Cochabamba: Mayo y Setiembre del 2012.....	57
5.7 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas: Abril y Setiembre del 2013 .....	57
5.8 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza): Mayo y Setiembre del 2013.....	58
5.9 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Cochabamba: Mayo y Setiembre del 2013.....	58
5.10 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para el PM2.5 del Punto de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas: Abril y Setiembre del 2013 .....	59
5.11 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM2.5 del Punto de Monitoreo Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza): Mayo y Setiembre del 2013.....	59
5.12 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para el PM2.5 del Punto de Monitoreo Cochabamba: Mayo y Setiembre del 2013.....	60
5.13 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas: Abril del 2012 y Abril del 2013 .....	60
5.14 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas: Setiembre del 2012 y Setiembre del 2013.....	61
5.15 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM2.5 del Punto de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas: Abril del 2012 y Abril del 2013 .....	61
5.16 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM2.5 del Punto de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas: Setiembre del 2012 y Setiembre del 2013 .....	62
5.17 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Cantera Tayal (Maestranza y Chancadora): Mayo del 2012 y Mayo del 2013.....	62

5.18 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Cantera Tayal (Maestranza y Chancadora): Setiembre del 2012 y Setiembre del 2013.....	63
5.19 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM2.5 del Punto de Monitoreo Cantera Tayal (Maestranza y Chancadora): Mayo del 2012 y Mayo del 2013.....	63
5.20 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM2.5 del Punto de Monitoreo Cantera Tayal (Maestranza y Chancadora): Setiembre del 2012 y Setiembre del 2013.....	64
5.21 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Cochabamba: Mayo del 2012 y Mayo del 2013. ....	65
5.22 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Cochabamba: Setiembre del 2012 y Setiembre del 2013. ....	65
5.23 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM2.5 del Punto de Monitoreo Cochabamba: Mayo del 2012 y Mayo del 2013. ....	66
5.24 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM2.5 del Punto de Monitoreo Cochabamba: Setiembre del 2012 y Setiembre del 2013 .....	66
CONCLUSIONES .....	68
RECOMENDACIONES .....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	70
ANEXOS .....	73
ANEXO 1.....	73
Matriz de Consistencia.....	73
ANEXO 2.....	74
Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Plaza de Armas Lajas Abril de 2012 .....	74
ANEXO 3.....	75
Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Plaza de Armas Lajas Abril de 2013.....	75
ANEXO 4.....	76
Concentración de Partículas en Suspensión PM 2.5 – 12 h. Plaza de Armas Lajas Abril de 2012.....	76
ANEXO 5.....	77
Concentración de Partículas en Suspensión PM 2.5 – 12 h. Plaza de Armas Lajas Abril de 2013.....	77
ANEXO 6.....	78
Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza) Mayo de 2012.....	78
ANEXO 7.....	79
Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza) Mayo de 2013.....	79

ANEXO 8.....	80
Concentración de Partículas en Suspensión PM2.5 – 12 h. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza) Mayo de 2012.....	80
ANEXO 9.....	81
Concentración de Partículas en Suspensión PM2.5 – 12h. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza) Mayo de 2013.....	81
ANEXO 10.....	82
Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Cochabamba Mayo de 2012. ...	82
ANEXO 11.....	83
Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Cochabamba Mayo de 2013. ...	83
ANEXO 12.....	84
Concentración de Partículas en Suspensión PM2.5 – 12 h. Cochabamba. Mayo de 2012. .	84
ANEXO 13.....	85
Concentración de Partículas en Suspensión PM2.5 – 12 h. Cochabamba Mayo de 2013. ..	85
ANEXO 14.....	86
Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Plaza de Armas Lajas Setiembre de 2012.....	86
ANEXO 15.....	87
Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Plaza de Armas Lajas Setiembre de 2013.....	87
ANEXO 16.....	88
Concentración de Partículas en Suspensión PM2.5 – 12 h. Plaza de Armas Lajas Setiembre de 2012.....	88
ANEXO 17.....	89
Concentración de Partículas en Suspensión PM2.5 – 12 h. Plaza de Armas Lajas Setiembre de 2013.....	89
ANEXO 18.....	90
Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza) Setiembre de 2012.....	90
ANEXO 19.....	91
Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza) Setiembre de 2013.....	91
ANEXO 20.....	92
Concentración de Partículas en Suspensión PM2.5 – 12 h. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza) Setiembre de 2012.....	92
ANEXO 21.....	93
Concentración de Partículas en Suspensión PM2.5 – 12 h. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza) Setiembre de 2013.....	93
ANEXO 22.....	94

Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Cochabamba Setiembre de 2012 .....	94
ANEXO 23.....	95
Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Cochabamba Setiembre de 2013. .....	95
ANEXO 24.....	96
Concentración de Partículas en Suspensión PM2.5 – 12 h. Cochabamba Setiembre de 2012 .....	96
ANEXO 25.....	97
Concentración de Partículas en Suspensión PM2.5 – 12 h. Cochabamba Setiembre de 2013. .....	97



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Capas de la Atmósfera .....	16
Figura 2. Comportamiento PM10 VS Temperatura (Plaza de Armas Lajas) Abril 2012 .....	29
Figura 3. Comportamiento PM10 VS Temperatura (Plaza de Armas de Lajas). Setiembre 2012 .....	30
Figura 4. Comportamiento PM10 VS Temperatura (Cantera el Tayal: Chancadora y Maestranza). Mayo 2012 .....	31
Figura 5. Comportamiento PM10 VS Temperatura (Cantera el Tayal: Chancadora y Maestranza. Setiembre 2012 .....	32
Figura 6. Comportamiento PM10 VS Temperatura (Distrito de Cochabamba). Mayo 2012.....	33
Figura 7. Comportamiento PM10 VS Temperatura (Distrito de Cochabamba). Setiembre 2012 .....	34
Figura 8. Comportamiento PM10 VS Temperatura (Plaza de Armas Lajas). Abril 2013 .....	35
Figura 9. Comportamiento PM10 VS Temperatura (Plaza de Armas de Lajas). Setiembre 2013 .....	36
Figura 10. Comportamiento PM10 VS Temperatura. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza). Mayo 2013 .....	37
Figura 11. Comportamiento PM10 VS Temperatura (Cantera el Tayal: Chancadora y Maestranza). Setiembre 2013.....	38
Figura 12. Comportamiento PM10 VS Temperatura (Distrito de Cochabamba). Mayo 2013.....	39
Figura 13. Comportamiento PM10 VS Temperatura (Distrito de Cochabamba). Setiembre 2013 .....	40
Figura 14. Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Plaza de Armas Lajas. Abril 2012 .....	41
Figura 15. Comportamiento PM 2.5 VS Temperatura. Plaza de Armas Lajas. Setiembre 2012. ....	42
Figura 16. Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Mayo 2012 .....	43

Figura 17. Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Setiembre 2012.....	44
Figura 18. Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Distrito de Cochabamba. Mayo 2012.....	45
Figura 19. Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Distrito de Cochabamba. Setiembre 2012 .....	46
Figura 20. Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Plaza de Armas Lajas. Abril 2013 .....	47
Figura 21. Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Plaza de Armas Lajas. Setiembre 2013 .....	48
Figura 22. Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Mayo 2013 .....	49
Figura 23. Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Setiembre 2013.....	50
Figura 24. Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cochabamba. Mayo 2013.....	51
Figura 25. Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cochabamba. Setiembre 2013 .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro del Baremo del Coeficiente de Correlación de Pearson.....	21
Tabla 2. Variable Independiente .....	25
Tabla 3. Variables dependientes.....	26
Tabla 4. Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura (Plaza de Armas Lajas).....	29
Tabla 5. Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura (Plaza de Armas de Lajas). Setiembre 2012.....	30
Tabla 6 Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura (Cantera el Tayal: Chancadora y Maestranza). Mayo 2012 .....	31
Tabla 7 Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura (Cantera el Tayal: Chancadora y Maestranza). Setiembre 2012.....	32
Tabla 8 Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura (Distrito de Cochabamba). Mayo 2012 .....	33
Tabla 9 Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura (Distrito de Cochabamba). Setiembre 2012 .....	34
Tabla 10 Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura Plaza de Armas Lajas. Abril 2013 .....	35
Tabla 11 Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura Plaza de Armas Lajas. Setiembre 2013 .....	36
Tabla 12 Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza). Mayo 2013 .....	37
Tabla 13 Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza). Setiembre 2013.....	38
Tabla 14 Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura. (Distrito de Cochabamba). Mayo 2013.....	39
Tabla 15 Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura. (Distrito de Cochabamba) Setiembre 2013 .....	40
Tabla 16 Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Plaza de Armas Lajas. Abril 2012 .....	41
Tabla 17 Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Plaza de Armas Lajas. Setiembre 2012 .....	42

Tabla 18 Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Mayo 2012 .....	43
Tabla 19 Correlaciones Comportamiento PM2.5 vs Temperatura. Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Setiembre 2012.....	44
Tabla 20 Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cochabamba. Mayo 2012.....	45
Tabla 21 Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cochabamba. Setiembre 2012 .....	46
Tabla 22 Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura Plaza de Armas Lajas. Abril 2013 .....	47
Tabla 23 Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura Plaza de Armas Lajas. Setiembre 2013 .....	48
Tabla 24 Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Mayo 2013 .....	49
Tabla 25 Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Setiembre 2013.....	50
Tabla 26 Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cochabamba. Mayo 2013.....	51
Tabla 27 Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cochabamba Setiembre 2013 .....	52
Tabla 28 Comparación de Correlación de Pearson PM10. Plaza de Armas Lajas Año 2012.....	54
Tabla 29 Comparación de Correlación de Pearson PM10. Cantera Tayal Año 2012 .....	55
Tabla 30 Comparación de Correlación de Pearson PM10. Cochabamba Año 2012	55
Tabla 31 Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Plaza de Armas Lajas Año 2012.....	56
Tabla 32 Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Cantera Tayal Año 2012 .....	56
Tabla 33 Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Cochabamba Año 2012 .....	57
Tabla 34 Comparación de Correlación de Pearson PM10. Plaza de Armas Lajas Año 2013.....	57

Tabla 35 Comparación de Correlación de Pearson PM10. Cantera Tayal Año 2013 .....	58
Tabla 36 Comparación de Correlación de Pearson PM10. Plaza de Armas Lajas Año 2013.....	58
Tabla 37 Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Plaza de Armas Lajas Año 2013.....	59
Tabla 38 Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Cantera Tayal Año 2013 .....	59
Tabla 39 Comparación de Correlación de Pearson PM2.5 Cochabamba Año 2013.. ..	60
Tabla 40 Comparación de Correlación de Pearson PM10. Plaza de Armas Lajas Abril 2012 y 2013 .....	60
Tabla 41 Comparación de Correlación de Pearson PM10. Plaza de Armas Lajas Setiembre 2012 y 2013.....	61
Tabla 42 Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Plaza de Armas Lajas Abril 2012 y 2013 .....	61
Tabla 43 Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Plaza de Armas Lajas Setiembre 2012 y 2013.....	62
Tabla 44 Comparación de Correlación de Pearson PM10. Cantera Tayal. Mayo 2012 y 2013.....	62
Tabla 45 Comparación de Correlación de Pearson PM10. Cantera Tayal. Setiembre 2012 y 2013.....	63
Tabla 46 Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Cantera Tayal Mayo 2012 y 2013.....	63
Tabla 47 Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Cantera Tayal. Setiembre 2012 y 2013.....	64
Tabla 48 Comparación de Correlación de Pearson PM10. Cochabamba Mayo 2012 y 2013.....	65
Tabla 49 Comparación de Correlación de Pearson PM10.Cochabamba Setiembre 2012 y 2013 .....	65
Tabla 50 Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Cochabamba Mayo 2012 y 2013.....	66
Tabla 51 Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Cochabamba Setiembre 2012 y 2013 .....	66

## RESUMEN

El desarrollo de proyectos viales trae consigo una alteración del medio ambiente, uno de los principales problemas que se originan es el aumento en la concentración de material particulado en la atmósfera, muchas veces estas concentraciones sobrepasan los límites establecidos por las normas de protección de la salud, esto puede traer efectos adversos en la calidad de vida de los pobladores, por ello es de suma importancia un monitoreo adecuado para tomar medidas preventivas y/o correctivas para salvaguardar la salud de la población.

El principal objetivo de esta investigación es determinar el grado de correlación entre niveles de concentración de material particulado (PM10 y PM2.5), y la distribución de temperaturas atmosféricas que se observaron durante los monitoreos ambientales en tres puntos de la carretera Chota – Cochabamba, con la finalidad de mejorar los programas de monitoreo ambiental implementando mecanismos de monitoreo adicionales, considerando la estacionalidad de las zonas de estudio e interrelacionando factores ambientales que tienen influencia en el comportamiento de las partículas PM10 y PM2.5.

Este trabajo presenta un estudio de la calidad del aire realizado en tres puntos de monitoreo de la carretera Chota – Cochabamba, en el cual se analizó la dinámica de dispersión del Material Particulado inferior a 10 micrómetros de diámetro (PM10) y PM2.5 en el aire ambiente. Estos indicadores fueron empleados y comparados para mostrar la relación entre las variables de estudio.

En el primer capítulo se describe el entorno del Problema, sus características y su interrelación con el medio ambiente, afinando y estructurándolo de manera formal y definiendo su delimitación para que a partir de ello se definan el conjunto de objetivos que se persigue alcanzar con la investigación.

El segundo capítulo se refiere al marco teórico y la importancia que tiene en el estudio y se inicia con la revisión de los antecedentes nacionales e internacionales referidos al tema de investigación, se sigue luego con un estudio de las características del medio ambiente aire para conocer el medio en el que las partículas físicas han de relacionarse y mostrar un comportamiento que es la base de este estudio; y cuya presencia va siendo la razón de la teoría de la contaminación, sus fuentes y sus orígenes. Luego se describen las características físicas de las partículas que se evalúan referidas a su diámetro y finalmente se hace referencia al uso de la distribución de Pearson como el estadístico utilizado para hallar las interrelaciones de las variables dependientes e independientes.

En el capítulo tres se expone el planteamiento y la metodología que se ha usado, describiendo el lugar donde se ha hecho la investigación, la manera de cómo se han obtenidos los datos de las partículas y con estos datos como se diseñó la investigación con el planteamiento de las hipótesis y las definiciones de las variables. La recolección de datos ha servido para generar una base de datos que se muestran al final de la tesis y han servido para procesar estadísticamente estas variables, este capítulo finalmente se cierra con un análisis e interpretación de los datos evaluados.

En el capítulo cuatro se muestran los resultados del análisis estadístico, estos resultados se exponen de la siguiente manera: Se publica el resultado hallado de Partículas PM10 y PM2.5 con las temperaturas en cada punto de muestreo que han sido tres en cada año de la investigación: Año 2012 y año 2013. Esta forma de organización de los resultados se ha hecho con la finalidad de facilitar la comparación de los resultados entre un año y otro, por ejemplo: resultado de la dispersión de una variable el mes de mayo del año 2012 versus el resultado de la dispersión de la misma variable el año 2013. Finalmente se muestra la discusión de los resultados hallados para cada punto de muestreo.

Finalmente, la investigación se cierra con la publicación de los resultados a las que se llegaron con el estudio, se responde a los objetivos de la tesis y se enuncian las recomendaciones para incrementar el valor de la misma.

### **Abstract**

The present research was developed with the goal of evaluating the correlation between the concentration of particulate matter (PM10 and PM2.5) emitted to the atmosphere with the environmental temperatures taken in three sampling points (Plaza de Aramas de Lajas, Cantera Tayal and Cochabamba) during the construction of Chota-Cochabamba highway.

To figure out the correlation between Particles PM10 and PM2.5, the Pearson distribution was used, thus samples were taken of the variables PM10, PM2.5 and temperatures in the rainy and dry season, The values found in the correlation of particles PM10 vs T and PM2.5 vs T, were contrasted with each other to detect the degree of correlation between both season, The same methodology was used for the data recorded in 2013. Finally the correlation of variables of each year was compared.

It deduces the direct relationship between temporality and particulate matter concentration, because the statistic result show lower values for rainy season regarding to the dry season.



## INTRODUCCIÓN

El proceso de construcción y mejoramiento de una carretera trae consigo modificaciones en la calidad del aire en sus diferentes parámetros tales como el incremento de gases y partículas de tipo PM10 y PM2.5 entre otros.

Estos contaminantes al relacionarse con la temperatura y la dirección de los vientos permiten mostrar transformaciones ambientales que son sistemas complejos interrelacionados, donde las variaciones de las temperaturas pueden incidir a su vez en el normal comportamiento de la contaminación atmosférica y ambos sobre la salud de las personas y de los ecosistemas.

En la atmósfera hay un gran número de contaminantes que tienen distintos impactos en el ambiente y la salud humana. Entre estos contaminantes destacan las partículas (PM, del inglés particulate matter). Las PM son una mezcla de sustancias naturales, antropogénicas y productos de los procesos atmosféricos de conversión de gas a partícula. Así mismo, pueden ser emitidas como tales a la atmósfera (primarias) o bien ser generadas por reacciones químicas (secundarias).

Las partículas con diámetros mayores a 10  $\mu\text{m}$  se depositan casi exclusivamente en la nariz y garganta. Las PM10 pueden penetrar y depositarse a lo largo del tracto respiratorio. Las PM2.5 penetran más profundamente en los pulmones llegando a los bronquiólos y región alveolar, por lo que se les conoce como partículas respirables. Numerosos estudios epidemiológicos realizados en diversos países del mundo han determinado que existe una asociación positiva entre la exposición a partículas PM2.5 y las tasas de morbilidad y mortalidad de la población expuesta.

La composición química de las partículas es uno de los factores que determina el riesgo a la salud, además de su tamaño y área superficial (Sun et al., 2010). La "partícula" es un 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  $\mu\text{m}$ . 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 (Echeverri y Maya, 2010).

Este es el primer estudio que mide de forma simultánea, las concentraciones de PM10 y PM2.5 y las temperaturas en la carretera Chota Cochabamba durante su construcción. Este estudio es importante porque aparte de medir el nivel de estos contaminantes en la atmósfera de la citada cuenca, se determina la relación y correlación de PM10 y PM2.5. La relación PM10 y PM2.5, permite valorar la composición de las partículas por tamaño y su presencia en la atmósfera. Según la linealidad de la relación PM2.5/PM10 permite utilizar datos de PM10 para predecir con confianza la concentración de PM2.5 (Echeverri y Maya, 2008; Mugic et al., 2002). Además, si se conoce esta relación en un lugar, se cuenta con parte de la información necesaria para tomar acciones y estrategia de gestión más adecuadas sobre las fuentes (Galvis y Rojas, 2006).

La tesis busca conocer de mejor manera como se relaciona y distribuye espacialmente la contaminación atmosférica por material particulado (PM10 y PM 2.5) en la Carretera Chota Cochabamba debido a la construcción y mejoramiento y su posible relación con la distribución espacial de las temperaturas atmosféricas.

**CAPÍTULO I**  
**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1 Caracterización de la realidad problemática.**

Desde que el desarrollo de proyectos en infraestructura vial se ha ido masificando también se han incrementado las interrelaciones con el medio ambiente en materia de efectos ambientales, y para controlar estos efectos ambientales se han diseñado Planes de Manejo que, sustentado en Estándares de Calidad Ambiental, debieron implementarse con el fin de cumplir con la Normativa Nacional respecto al manejo de los impactos ambientales que son producto de las obras de desarrollo a nivel nacional.

En el caso concreto de obras de carreteras, estos proyectos llevan consigo Estudios de Impacto Ambiental que han servido para identificar los aspectos ambientales y sus impactos y a partir de ello generar los Planes de Manejo Socio Ambiental de una Obra, como en este caso se han utilizado como una herramienta válida y necesaria para gestionar y manejar el efecto ambiental de las actividades constructivas propias del desarrollo e implementación del Proyecto.

Estos Planes de Manejo Ambiental contienen dentro de sus obligaciones las de monitorear partículas que tienen diferentes tamaños: PM10 y PM2.5 que son emitidas a la atmósfera como un producto de trabajos de transporte de material, excavaciones, extracción de material, producción de materiales para obra (arena, piedra chancada, material de filtro, etc.) y que en la legislación ambiental están considerados como contaminantes atmosféricos cuyos volúmenes deben de estar dentro de Límites Máximos Permisibles – LMP, para considerar que la empresa que ejecuta trabajos de construcción de carreteras no está impactando negativamente el medio ambiente.

El cumplimiento de monitorear estas dos partículas físicas en el caso concreto de esta Obra ha tenido inexactitudes porque se han considerado cuatro monitoreos por cada año de trabajo, que no tienen relación con el concepto de que el monitoreo ambiental es una acción continua en el tiempo para determinar las fluctuaciones del contaminante y ser relacionado con las actividades que las generan para aplicar las acciones de control si estas superan los límites máximos permisibles.

Ahora también en estos planes de manejo no se consideran que todos contaminantes por sus propias características intrínsecas al entrar en contacto con el medio ambiente cambian sus propiedades por ejemplo de solubilidad, densidad, persistencia o velocidad de transporte que en algunos casos se manifiestan en contaminación no puntual como se ha considerado en los Planes de Manejo Ambiental, es por ello que en la presente investigación se pretende aclarar la relación que existe entre las concentraciones de material particulado con las fluctuaciones de temperatura atmosférica.

## **1.2 Formulación del Problema.**

El proceso de construcción y mejoramiento de una carretera trae consigo modificaciones en la calidad del aire en sus diferentes parámetros tales como el incremento de gases y partículas de tipo PM10 y PM2.5 entre otros.

Estos contaminantes al relacionarse con la temperatura y la dirección de los vientos permiten mostrar transformaciones ambientales que son sistemas complejos interrelacionados, donde las variaciones de las temperaturas pueden incidir a su vez en el normal comportamiento de la contaminación atmosférica y ambos sobre la salud de las personas y de los ecosistemas.

En la atmósfera hay un gran número de contaminantes que tienen distintos impactos en el ambiente y la salud humana. Entre estos contaminantes destacan las partículas (PM, del inglés particulate matter). Las PM son una mezcla de sustancias naturales, antropogénicas y productos de los procesos atmosféricos de conversión de gas a partícula. Así mismo, pueden ser emitidas como tales a la atmósfera (primarias) o bien ser generadas por reacciones químicas (secundarias).

Las partículas con diámetros mayores a 10  $\mu\text{m}$  se depositan casi exclusivamente en la nariz y garganta. Las PM10 pueden penetrar y depositarse a lo largo del tracto respiratorio. Las PM2.5 penetran más profundamente en los pulmones llegando a los bronquiolos y región alveolar, por lo que se les conoce como partículas respirables.

Numerosos estudios epidemiológicos realizados en diversos países del mundo han determinado que existe una asociación positiva entre la exposición a partículas PM<sub>2.5</sub> y las tasas de morbilidad y mortalidad de la población expuesta.

La composición química de las partículas es uno de los factores que determina el riesgo a la salud, además de su tamaño y área superficial (Sun et al., 2010). La "partícula" es un 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  $\mu\text{m}$ . 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 (Echeverri y Maya, 2010).

Este es el primer estudio que mide de forma simultánea, las concentraciones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> en la Cuenca de Chota. Este estudio es importante porque aparte de medir el nivel de estos contaminantes en la atmósfera de la ciudad, se determina la relación y correlación de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>. La relación PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, permite valorar la composición de las partículas por tamaño y su presencia en la atmósfera. Según la linealidad de la relación PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> permite utilizar datos de PM<sub>10</sub> para predecir con confianza la concentración de PM<sub>2.5</sub> (Echeverri y Maya, 2008; Mugic et al., 2002). Además, si se conoce esta relación en un lugar, se cuenta con parte de la información necesaria para tomar acciones y estrategia de gestión más adecuadas sobre las fuentes (Galvis y Rojas, 2006).

La tesis busca conocer de mejor manera como se relaciona y distribuye espacialmente la contaminación atmosférica por material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) en tres puntos de monitoreo de la carretera Chota – Cochabamba, debido a la construcción y mejoramiento de la carretera, y su posible relación con la distribución espacial de las temperaturas atmosféricas.

Las fluctuaciones climáticas se deben a los cambios en los usos y coberturas de los suelos que en el caso de la cuenca de Chota han consistido en una sustitución paulatina de las coberturas naturales para usos urbanos. Ello provoca una disminución de las superficies vegetadas y consecuentemente, una reducción de las tasas de infiltración de las aguas lluvias en el suelo, además de un aumento de la

escorrentía superficial y de las temperaturas atmosféricas, producto de la continua impermeabilización de la superficie terrestre. La pavimentación de los suelos para la colocación de asfalto se realiza progresivamente desde el movimiento de tierras pasando por obras de arte hasta la colocación de la carpeta asfáltica.

En el proceso de construcción de la carretera la emisión de partículas respirables de tipo PM10 y PM2.5 se incrementa y al ser emitidas a la atmósfera estas tiende a desplazarse desde sus centros de emisión hacia donde las corrientes de viento que son el producto del incremento de las temperaturas ambientales los lleven pudiendo; en algunos casos presentarse en poblaciones cercanas ocasionando con ello afectar significativamente el confort, la salud y el bienestar de las personas o el uso y disfrute de sus propiedades.

Sin embargo, dado que las áreas a lo largo de la carretera no son homogéneas, debido a la existencia de zonas con diferentes usos y coberturas de suelos, existe un complejo patrón espacial y temporal que hacen que la distribución espacial de la contaminación atmosférica obedece a diversos factores, entre los cuales destaca la situación topográfica, los usos y coberturas de los suelos, la localización de las fuentes móviles y fijas y la acción de los vientos locales. Para dar cuenta de ello se requerirían datos e informaciones obtenidos de estaciones fijas localizadas en función de la variabilidad espacial de los factores mencionados.

La relación PM2.5/PM10 ha sido determinada en numerosos estudios llevados a cabo en diferentes ciudades. Como es previsible, existe diversidad en los valores encontrados, debido a las diferencias geológicas, climatológicas, atmosféricas, y en las fuentes de emisión de contaminantes, que influyen en la distribución de tamaños de las partículas en cada sitio de monitoreo (Rojas y Galvis, 2005). La relación entre el PM2.5 y el PM10 representa la cantidad de material fino, casi todo de origen antrópico, y el total de partículas menores a diez micras presentes en la atmósfera. Esta relación permitiría estimar la concentración de un parámetro conociendo el otro.

Como una forma de avanzar en aclarar la relación espacial entre las concentraciones de contaminantes y los factores explicativos, esta investigación pretende conocer el grado de asociación existente entre las mediciones de PM10 y PM 2.5 registradas en

las estaciones de monitoreo y la distribución de las temperaturas atmosféricas obtenidas de las mismas estaciones antes señaladas. En el caso de las temperaturas, se ha considerado datos de la estación fija de Chota que pertenece al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. A partir de dichos datos se analiza la relación PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>.

El material particulado respirable (PM<sub>10</sub>), corresponde a una mezcla heterogénea de sustancias químicas y partículas de tamaño menor a 10 micrones, a la que regularmente está expuesta la mayoría de la población (Ostro, 1998) y que, además se muestra como muy sensitiva a los cambios meteorológicos representados por variaciones en las temperaturas atmosféricas, humedad relativa, dirección y velocidad de los vientos, etc. (Dawson et al. 2009). Las partículas entre 1 y 10  $\mu\text{m}$  de diámetro incluyen por lo común productos de combustión. Las partículas con diámetro comprendido entre 0.1 y 1  $\mu\text{m}$  son principalmente productos de combustión y aerosoles fotoquímicos.

Con respecto a las fuentes de emisión, las partículas primarias de PM<sub>2.5</sub> pueden tener su origen en fuentes naturales como las sales marinas, la erosión y suspensión del suelo, incendios naturales, actividad volcánica y material biológico (fragmentos de plantas, microorganismos, polen, etc.). o bien provenir de fuentes antropogénicas, entre ellas, la quema de biomasa, combustión incompleta de combustibles fósiles, polvos fugitivos de caminos pavimentados y no pavimentados, actividades agrícolas, de construcción, procesos industriales, procesos metalúrgicos, etc. [Manzanares et al., 2011; Pöschl, 2005]. Por otro lado, las partículas secundarias pueden generarse a través de los procesos de formación que incluyen la condensación de gases de baja presión de vapor en la superficie de las partículas existentes, la coagulación de partículas pequeñas, reacción de gases en o sobre las partículas, evaporación de neblina y gotas de agua en las que los gases se han disuelto y reaccionado [Manzanares et al., 2011; Garreaud et al., 2006].

Desde el punto de vista geográfico, el estudio de la distribución de los contaminantes atmosféricos y algunos de sus factores explicativos puede constituir una contribución a la elaboración de evaluaciones ambientales urbanas y por ello, aportar



conocimientos que deberían formar parte de los planes y programas de planificación y gestión del medio ambiente urbano, materia aún inexistente en el país.

### **1.2.1 Problema General.**

¿Cuál es la relación que existe entre las partículas finas PM<sub>2,5</sub> y respirables PM<sub>10</sub> con las temperaturas del aire debido a la ejecución de la carretera Cochabamba - Chota los años 2012 y 2013?

### **1.2.2 Problemas Específicos.**

- ¿De qué manera contribuyen a la contaminación el aire la ejecución de obras lineales, como una carretera?
- ¿Están relacionadas las concentraciones de partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Conocer el grado de correlación existente entre los niveles de concentración de contaminación atmosférica por material particulado PM<sub>2.5</sub> Y PM<sub>10</sub> y la distribución de las temperaturas atmosféricas en tres puntos de monitoreo, ubicados en la carretera Cochabamba-Chota.

### **1.3.2 Objetivos Específicos:**

- Determinar la calidad del aire en los puntos de monitoreo, por la contaminación por partículas finas PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>.
- Relacionar la concentración de Material Particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>.

## **1.4. Justificación**

El trabajo se justifica porque en este caso, la emisión de partículas contaminantes al aire no ha sido bien estudiadas respecto a su dinámica, pues la determinación de los niveles de material particulado en la atmósfera es uno de los parámetros fundamentales en el control de la calidad del aire, como consecuencia de sus efectos nocivos sobre la salud, el clima y los ecosistemas (Rojano et al., 2013; Oyarzun, 2010). Ahora bien, los sistemas dinámicos se caracterizan por evolucionar con el tiempo, presentando características típicas de su comportamiento, ya sea mediante índices o las referidas a la geometría que caracteriza su espacio de estados (Navarro, 2010); en un estudio realizado por Cross y Gilmore (2009), se demostró que la estructura del atractor depende de la dimensión de incrustación ya que se generan distintas representaciones con diferentes dimensiones de incrustación.

Una justificación adicional es que los estándares de calidad ambiental del país, al tener valores altos permiten que las emisiones de Partículas PM10 y PM2.5 a la atmósfera no pasan los Límites Máximos Permisibles haciendo que su sola presencia permita operar legal y ambientalmente a la Empresa y estas situación no son bien entendidos por las poblaciones que están involucradas con la obra y tienen la percepción de que la presencia del polvo en general es sinónimo de contaminación ambiental, esta percepción se ha manifestado con una constante paralización de obra y reclamos por el tema de contaminación que ha involucrado sus efectos en la salud de las poblaciones, la alteración de cuerpos de agua, la enfermedad de sus animales y la alteración de la calidad visual.

### **1.4.1. Justificación Teórica**

Con la tesis se justifica si la teoría de las islas de calor producto de las oscilaciones de temperatura tiene influencia en el comportamiento de las partículas PM10 y PM2.5 es significativo en el área de estudio.

#### **1.4.2. Justificación Metodológica**

Es la de evaluar la efectividad de la realización de los monitoreos considerando la estacionalidad del área de estudio, comparada con la propuesta del Protocolo de Monitoreo de Gases del Estado que era utilizado dividiendo los meses del año entre el número de monitoreos exigidos por el Plan de Manejo Ambiental.

#### **1.4.3. Justificación Práctica**

Se fundamenta en que al realizar el monitoreo de Partículas PM10 y PM2.5 considerando la estacionalidad del área de estudio, se puede mejorar la aplicación de las medidas de mitigación considerados en el Plan de Manejo Ambiental del Proyecto.

#### **1.5. Importancia**

Esta investigación es importante porque nos permitirá conocer la manera en que es afectado el medio ambiente cuando se ejecuta una obra de construcción de carretera.

#### **1.6. Limitaciones**

La principal limitación de esta investigación es que no se han desarrollado muchas investigaciones similares en el Perú.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTOS TEORICOS**

## **2.1 Marco Referencial**

### **2.1.1 Antecedentes de la investigación**

#### **2.1.1.1 Internacionales**

- Badillo (2012) en su Obra: “Caracterización del contenido de Metales en Partículas PM2.5 en dos zonas del Área Metropolitana de Monterrey” concluye que las mayores concentraciones de PM 2.5 obtenidas en 24 horas de monitoreo del total de meses muestreados tienen una relación directa con alto tráfico vehicular y cambios en las condiciones climatológicas como menor velocidad del viento y humedad relativa.
- Blanco et al. (2015) sugieren como fuentes generadoras de las PM2.5, la quema de combustibles por automotores que aporta el material orgánico, la quema de combustibles en la industria, así como el diésel usado por el transporte pesado, la erosión y Re-suspensión del suelo y actividades extractivas como las fuentes del material del suelo que se encuentra en las partículas.
- Campos (2012) en su tesis “Manual para el Monitoreo de Partículas Atmosféricas y el Uso del Muestreador Táctico de Aire Minivol” en la Universidad Tecnológica de Querétaro al realizar el monitoreo de partículas atmosféricas menores de 10 micras (PM10) y partículas menores de 2.5 micras (PM2.5) utilizando diversas técnicas de muestreo y de laboratorio concluye que existe una relación directa entre la calidad del aire y sus efectos sobre la salud humana, lo que facilita tomar medidas para orientar sobre la conservación o modificación de las políticas públicas en materia de calidad del aire.
- Carrillo et al. (2014) al monitorear las concentraciones diarias y obtener resultados, estos fueron sometidos a unos análisis de su distribución mediante estadístico descriptivos y observó una relación directamente proporcional con las direcciones del viento y la temperatura.

- Corleto et al. (2012) en su Tesis “Comparación de los Métodos de Bergerhoff y Placas Receptoras para la Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable” en el Salvador concluyen que la variación de la concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable puede ser influenciada por factores meteorológicos, debido al cambio de estación de verano a invierno, como las lluvias, velocidad del viento, la temperatura, la humedad relativa; así mismo a factores asociados a los alrededores del sitio de muestreo (edificios, zonas verdes, parqueos, flujo vehicular y de personas).

- Desamparados (2012) en su Obra “Contaminantes Atmosféricos Particulados: Evaluación de las Fuentes de Origen y de su Contribución a la Contaminación Atmosférica en el Cluster Cerámico de Castellón - España concluye que los factores ambientales como la temperatura y el viento afectan a la dispersión de los contaminantes atmosféricos particulados PM10 y PM2.5, pues durante los meses más fríos al existir un estancamiento de las masas de aire existe una disminución de los niveles de concentración de partículas en el aire y cuando se interrelacionan con el viento se observan que hay un alejamiento de las fuentes de emisión.

- Esquivel et al. (2011) En el estudio del comportamiento de las fracciones fina y gruesa de PM10 en la Estación de Monitoreo de la Calidad del Aire en Centro Habana concluyen que existe una correlación moderada entre las concentraciones sincrónicas de las fracciones gruesa y fina de PM10 por la diversidad de las fuentes emisoras, así como de los factores y mecanismos que determinan la emisión y dispersión de ambos grupos de partículas.

- Fernández (2012) en su Tesis Doctoral del Origen y Características de las Partículas Finas en el Aire Ambiente de Huelva – España concluye que las fuentes que más contribuyen a los niveles y composición de las partículas PM10 y PM2.5 en Huelva son: combustión de hidrocarburos pesados en actividades industriales (30% del PM10 y 26% del PM2.5), emisiones de automóviles (17% del PM10 y 43% del PM2.5), y materia mineral (35% del PM10 y 18% del PM2.5), además; las emisiones de los automóviles dan lugar a altos valores de PM 2.5 durante la mañana (07:00 – 09:00h) y tarde (18:00 – 20:00 h) de los días laborables.

- Gallegos (2010) en su Tesis “Inventario de Emisiones de Partículas y Modelado de su Transporte a partir de Fuentes de Área de Una Industria Minera” en la Universidad Autónoma de Potosí realizó un inventario de emisiones de partículas menores de 10 micras (PM10), generadas por las actividades del procesamiento del mineral en una industria minera de oro y plata a cielo abierto e identifica las actividades que se realizan en cada fuente de área y aplica la metodología de los factores de emisión para identificar los posibles niveles de contaminación por PM10 y la distribución de las concentraciones en el área de estudio.

- Palacios (2010) en su Tesis “Medidas de Inmisión para Partículas Totales Suspendidas y Metales Pesados en Muestras de Aire av. Mariscal Sucre, Sector el Tejar, Distrito Metropolitano de Quito” concluye que la concentración de Partículas Totales Solidas en la atmósfera del sitio de muestreo escogido, es superior en los días que tienen flujo vehicular normal comparado con los días que hubo restricción vehicular y que las concentraciones emitidas a la atmósfera tienen una condición de proporcionalidad.

- Rusber (2012) en su estudio de Determinación del Grado de Partículas Atmosféricas Sedimentables mediante el Método de Muestreo Pasivo en Moyobamba determinó que existe relación directa entre las condiciones meteorológicas y la generación de partículas sedimentables, y una relación inversamente proporcional con la precipitación pluvial de los meses muestreados y que no existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos en las tres zonas de monitoreo.

#### **2.1.1.2 Nacionales**

- Condori (2013) en su estudio de la contaminación por material particulado PM10 y PM2.5 en el distrito de Torata, Moquegua, resalta la necesidad de monitorear la concentración másica de las partículas en mención, pues hay evidencias de que las partículas más finas tienen una mayor incidencia en los indicadores de mortalidad y morbilidad de la población y la naturaleza.

- DIGESA (1996-2000) Hace una evaluación de la calidad de aire para Lima y las relaciona con los impactos en la salud de las personas.
- Herrera (2011) en su Tesis “Distribución Espacial Vertical de las Partículas en Suspensión PM10 del Medio Atmosférico Urbano en Segunda Jerusalén-Rioja - San Martín-Perú” 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.
- Matías (2013) analiza gráfica y analíticamente: usando gráficos estadísticos de líneas y de barras, para el material particulado (PM2.5 y PM10), y se estos valores los compara frente a los estándares de calidad del aire ECA , D.S. 074-2001-PCM y D.S. 003-2008-MINAM; además usa el coeficiente de Pearson para observar la dependencia entre los valores de concentración de contaminantes y parámetros meteorológicos y finalmente, utiliza el software MINITAB, para elaborar histogramas y determinar la frecuencia en parámetros meteorológicos.
- Quispe (2013) hace una evaluación Cuantitativa, y de esta determina la relación expresada como el incremento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en las concentraciones de partículas respirables (PM10) con un aumento agudo a corto plazo y son las causas del incremento de malestares en la salud de los pobladores de Ate Vitarte.
- Rivera (2012) en su Tesis “Modelo de Identificación de Factores Contaminantes Atmosféricos Críticos en Lima – Callao” concluye que mediante el empleo de Modelos



Dinámicos (Stella, Vensim, Arena, etc.), se puede definir la relación de influencia de la contaminación y sus efectos en la población.

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. La Atmósfera**

Es una capa compuesta por diferentes gases que se encuentra alrededor de la Tierra por la atracción de la gravedad. La combinación de todos estos gases ayuda a absorber la radiación ultravioleta procedente del Sol y a mantener la temperatura de la superficie terrestre. El 75% de la masa atmosférica se encuentra de la Tierra hacia el exterior a 11 km., y se ubican formando capas.

La Troposfera es la capa de la atmósfera más cercana a la superficie de la Tierra, se extiende hacia arriba aproximadamente de 10 a 15 km, en esta capa la temperatura y la presión caen a medida que se asciende.

La Estratosfera es la capa que se extiende desde la superficie de la tierra de 15 a 50 km., es más caliente en la parte superior que en la inferior. La parte más baja tiene una temperatura constante pero la parte de arriba se incrementa con la altitud debido a la absorción de los rayos solares por ozono. Por lo tanto, la situación de la temperatura es la contraria a la que sucede en la troposfera.

La Mesosfera es una capa fría cuya temperatura decrece al incrementarse la altitud. En esta capa la atmósfera está muy enrarecida y es importante porque aquí ocurren reacciones químicas y la ionización.

La Termosfera en ella no se cumple las leyes generales de la hidrostática. Su principal característica es la disposición de capas altitudinalmente definidas más por la composición química que por sus características físicas.

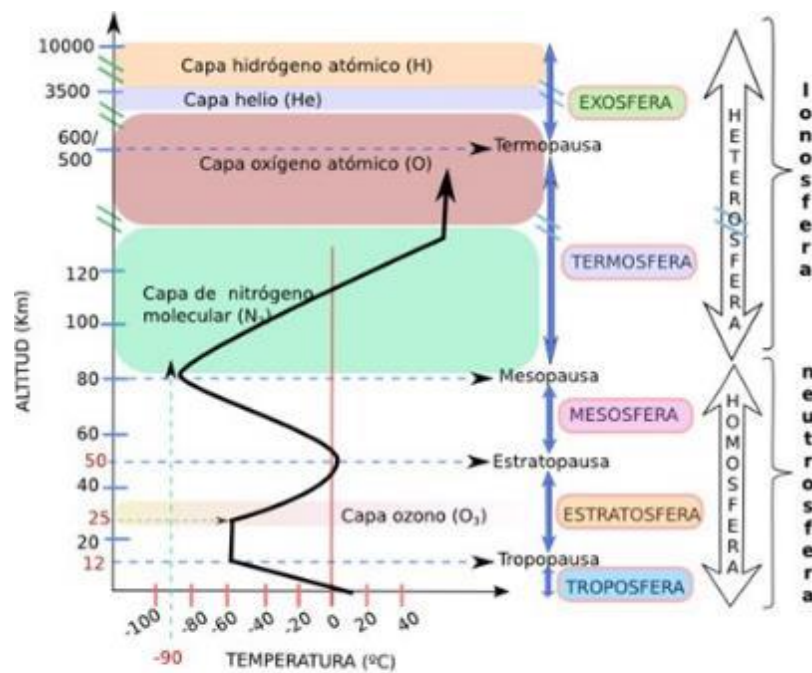
Estas son:

- Capa de Nitrógeno molecular: ubicada entre los 80 y los 200 km de altitud.
- Capa de Oxígeno atómico: ubicada entre los 200 y 1000 km de altitud.

- Capa de Helio: ubicada entre los 1000 y los 3000 km de altitud.

Figura 1

### Capas de la Atmósfera



GRÁFICA DE LA ESTRUCTURA DE LA ATMÓSFERA  
SEGÚN SU TEMPERATURA Y COMPOSICIÓN

Fuente: [cmapspublic3.ihmc.us](http://cmapspublic3.ihmc.us)

### 2.2.2 El Aire

Es una combinación de gases en proporciones ligeramente variables, compuesto por nitrógeno (78 %), oxígeno (21 %), y otras sustancias (1 %), como ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y gases nobles (como kriptón y argón).

### 2.2.3. Contaminación Atmosférica

La contaminación atmosférica hace referencia a la alteración de la atmósfera terrestre por la adición de gases, o partículas sólidas o líquidas en suspensión en proporciones distintas a las naturales.

Las fuentes de contaminación atmosférica son:

### 2.2.3.1 Fuentes Fijas.

Existen tres tipos de fuentes fijas generadoras de emisiones:

- **Fuentes Puntuales.** - Las que son derivadas de la generación de energía eléctrica y de actividades industriales como son: la química, textil, alimentaria, maderera, metalúrgica, metálica, manufacturera y procesadora de productos vegetales y animales, entre otras. Los principales contaminantes asociados a la combustión son partículas (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, CO e hidrocarburos).

- **Fuentes de Área.** - Son las que incluyen la generación de aquellas emisiones inherentes a actividades y procesos, tales como el consumo de solventes, limpieza de superficies y equipos, recubrimiento de superficies arquitectónicas, industriales, lavado en seco, artes gráficas, panaderías, distribución y almacenamiento de gas LP, principalmente. Esta fuente también incluye las emisiones de actividades como son: el tratamiento de aguas residuales, plantas de composteo, rellenos sanitarios, entre otros.

- **Fuentes Naturales.** - Se refieren a la generación de emisiones producidas por volcanes, océanos, plantas, suspensión de suelos, emisiones por digestión anaerobia y aerobia de sistemas naturales. En particular a todo aquello emitido por la vegetación y la actividad microbiana en suelos y océanos, que se les denomina emisiones biogénicas, cuyo papel es importante en la química de la troposfera al participar directamente en la formación de ozono.

### 2.2.3.2 Fuentes Móviles

Las fuentes móviles incluyen a las diversas formas de transporte tales como automóviles, camiones y aviones, etc. La principal fuente móvil de contaminación del aire es el automóvil, pues produce grandes cantidades de monóxido de carbono (CO) y cantidades menores de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y compuestos orgánicos volátiles (COVs).

### 2.2.3.3 Por su Origen.

Se clasifican en:

- **Contaminantes Primarios.** - Que son: Óxidos de Azufre (SO<sub>x</sub>), Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Monóxido de Carbono (CO), aerosoles, hidrocarburos, halógenos y sus derivados (Cl<sub>2</sub>, HF, HCl, haluros), arsénico y sus derivados, ciertos componentes orgánicos, metales pesados (Pb, Hg, Cu, Zn,) y partículas minerales (asbesto y amianto).
- **Contaminantes Secundarios.** - Son los que se forman en la atmósfera mediante reacciones químicas de otros contaminantes que proceden en su mayor parte de fuentes antropogénicas: Ozono (O<sub>3</sub>), Sulfatos, Nitratos, Aldehídos, Cetonas, Ácidos, Peróxido de Hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y radicales libres.

### 2.2.3.4 Por su Estructura.

Los contaminantes atmosféricos se subdividen en: partículas y gases.

### 2.2.3.5 En función de sus posibles efectos sobre la salud humana y el medio ambiente.

Se clasifican en:

#### **Partículas**

Son los contaminantes atmosféricos más complejos, ya que engloban un amplio espectro de sustancias, tanto sólidas como líquidas, procedentes de diversas fuentes, entre las que destacan las siguientes: Polvo (producido por desintegración mecánica), Humos (procedentes de combustiones), Brumas (por condensación de vapor) y Aerosoles (mezcla de partículas sólidas y/o líquidas suspendidas en un gas).

- **Partículas Gruesas o de Diámetro Aerodinámico (PM<sub>10</sub>= 10 µm)**

Suelen tener un importante componente de tipo natural, siendo contaminantes básicamente primarios que se generan por procesos mecánicos o de evaporación: minerales locales o transportados, aerosol marino, partículas biológicas (restos vegetales) y partículas primarias derivadas de procesos industriales o del tráfico (asfalto erosionado y restos de neumáticos y frenos generados por abrasión); de entre los pocos contaminantes secundarios que entran a formar parte de su estructura destacan los nitratos.

- **Partículas Finas o de Diámetro Aerodinámico (PM<sub>2.5</sub> = 2.5 µm)**

Su composición es más tóxica, ya que su principal origen es antropogénico, especialmente las emisiones de los vehículos diésel, estando fundamentalmente formadas por partículas secundarias: nitratos y sulfatos (originados por oxidación de NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>), aerosoles orgánicos secundarios, como el peroxiacetil nitrato (PAN) y los hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA).

#### 2.2.4 Relaciones Estadísticas:

Buscaremos establecer la relación estadística entre las dos variables: Temperatura y Concentración de Material Particulado.

$$X \longrightarrow Y$$

Donde:

X: representa la variable independiente (temperatura)

Y: representa la variable dependiente (concentración de material particulado)

#### 2.2.5 Correlación de Pearson.

Es una medida de la relación entre dos variables aleatorias cuantitativas. A diferencia de la covarianza, la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida

de las variables, podemos definir el coeficiente de correlación de Pearson como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas.

El coeficiente de correlación oscila entre  $-1$  y  $+1$  encontrándose en medio el valor  $0$  que indica que no existe asociación lineal entre las dos variables en estudio. Un coeficiente de valor reducido no indica necesariamente que no exista correlación ya que las variables pueden presentar una relación no lineal. En este caso el  $r$  estima la asociación al medirse linealmente. Los métodos no paramétricos estarían mejor utilizados en este caso para mostrar si las variables tienden a elevarse conjuntamente o a moverse en direcciones diferentes.

Es muy útil calcular el intervalo de confianza del  $r$  ya que en muestras pequeñas tenderá a ser amplio.

La estimación del coeficiente de determinación ( $r^2$ ) nos muestra el porcentaje de la variabilidad de los datos que se explica por la asociación entre las dos variables.

Para interpretar el coeficiente de correlación utilizamos la siguiente escala:

Tabla 1  
Cuadro de Baremo del Coeficiente de Correlación de Pearson

<b>Valor</b>	<b>Significado</b>
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

## **CAPÍTULO III**

### **PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**



### **3.1 Metodología.**

#### **3.1.1 Método**

##### **3.1.1.1 Ubicación Geográfica.**

La investigación se desarrolla en tres puntos de monitoreo ubicados a lo largo de la carretera Cochabamba – Chota.

- Estación de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas.
- Estación de Monitoreo Tayal (Maestranza y Chancadora).
- Estación de Monitoreo Cochabamba.

##### **3.1.1.2 Procedimiento para la toma de Muestras**

• **Partículas Menores de 10 Micrómetros (PM10).**- El método de referencia (American Public Health Association, 1977; World Meteorological Organization, 1978; y Environmental Protection Agency, 1987) permite medir la concentración de partículas menores de 10 micrómetros (PM10) en el aire por medio de un muestreador de alto volumen (Hi-Vol PM10) adecuadamente instalado, que succiona a través de un filtro de cuarzo una cantidad determinada de aire (1.02 a 1.24 m<sup>3</sup>/min a condiciones reales) en el interior de una caseta de protección, durante un período de muestreo de 12 ± 1 horas.

• **Partículas Menores de 2.5 Micrómetros (PM2.5).** - El método de referencia (Environmental Protection Agency, 1998) tiene como objetivo medir la concentración de partículas respirables (PM2.5) en el aire, por medio de un muestreador de aire de bajo volumen adecuadamente instalado que tiene un separador de partículas adicional localizado en la entrada que separa partículas finas con un diámetro aerodinámico de 2.5 µm. El muestreador succiona una cantidad determinada de aire a través de un filtro de fibra de teflón de 47 mm al interior de una caseta de protección, durante un período de muestreo de 12 ± 1 horas diseñado para seleccionar y capturar únicamente las partículas menores a 10 o 2.5 micrones.

### **3.1.2 Tipo de la Investigación.**

El tipo de investigación es Aplicado porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

### **3.1.3 Nivel de la Investigación.**

El Nivel de la investigación es no experimental de corte transversal y descriptivo porque es un estudio diseñado para medir la prevalencia de una exposición y/o resultado en una población definida y en un punto específico de tiempo.

### **3.1.4 Diseño de la Investigación**

Es de tipo no experimental porque se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para analizarlos con posterioridad.

## **3.2 Hipótesis de la Investigación**

### **3.2.1 Hipótesis General**

$H_1$ = Existe correlación entre la concentración de las partículas finas PM2.5 y respirables PM10 con las temperaturas del aire, durante el periodo de evaluación 2012 a 2013.

$H_0$ = No existe correlación entre la concentración de las partículas finas PM2.5 y respirables PM10 con las temperaturas del aire, durante el periodo de evaluación 2012 a 2013.

### 3.2.2 Hipótesis Específicas.

- La interrelación de variables dependientes e independientes mostraran una distribución espacial de la contaminación.
- Existe una relación de dependencia de las partículas PM10 y PM2.5 con las Temperaturas atmosféricas
- Existe una correlación de las variables analizadas

### 3.3 Variables

#### 3.3.1 Variable Independiente

- Temperatura del aire.

#### 3.3.2 Variables Dependientes

- Partículas Respirables PM10.
- Partículas Finas PM2.5

### 3.4 Definición Operativa de Variables e Indicadores

#### 3.4.1 Variable Independiente.

Tabla 2  
Variable Independiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
<b>Temperatura del aire</b>	Es la magnitud que revela la cantidad de calor de un cierto entorno o de un cuerpo atmosférico.	Temporal	Grados Centígrados en el Área de muestreo.	°C

### 3.4.2 Variables Dependientes

Tabla 3  
Variables dependientes.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
<b>Partículas PM10</b>	Partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10 $\mu\text{m}$ .	Definitivo	Volumen emitido a la Atmósfera	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>Partículas PM2.5</b>	Son partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico de hasta 2.5 $\mu\text{m}$ , denominadas partículas finas o fracción fina (que por definición incluye a las partículas ultra finas.	Definitivo	Volumen emitido a la Atmósfera	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

### 3.5 Cobertura del Estudio

#### 3.5.1 Población

La Población es el volumen de partículas PM10 y PM 2.5 emitidas a la atmósfera en dos años del Proyecto.

#### 3.5.2 Muestra

Son las Partículas PM10 y PM 2.5 registradas una vez cada seis meses.

### **3.6 Técnicas**

- a) El principio básico para la operación de una red de monitoreo de calidad de aire ha sido implantado utilizando el protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de datos, según la Resolución Directoral N° 1404-2005- DIGESA-SA.
- b) Límites Máximos Permisibles para emisiones gaseosas y material particulado.
- c) Estándar de Calidad Ambiental del Aire

### **3.7 Procedimiento de recolección de datos**

Los datos fueron recolectados tomando en cuenta las siguientes fuentes:

#### **3.7.1 Fuente de Datos Primarios**

- Registro de datos de Partículas PM10
- Registro de datos de Partículas PM2.5.

#### **3.7.2 Fuente de Datos Secundarios**

- Registro de Datos de Temperatura de SENHAMI.
- Registro de datos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

### **3.8 Procesamiento estadístico de la información**

Los datos se almacenaron en una hoja de cálculo para luego ser procesados en el programa estadístico SPSS.

### **3.9 Análisis e Interpretación de Datos.**

Para determinar la correlación entre las variables de estudio, se hizo un análisis de Pearson mediante el programa estadístico SPSS.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### 4.1. RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE COMPORTAMIENTO ENTRE PARTÍCULAS PM10 VS TEMPERATURA EN TODOS LOS PUNTOS DE MUESTREO LOS AÑOS 2012 Y 2013.

##### 4.1.1 Comportamiento PM10 vs Temperatura. Punto de Monitoreo – Plaza de Armas Lajas - Abril 2012.

Figura 2.

Comportamiento PM10 VS Temperatura (Plaza de Armas Lajas). Abril 2012.

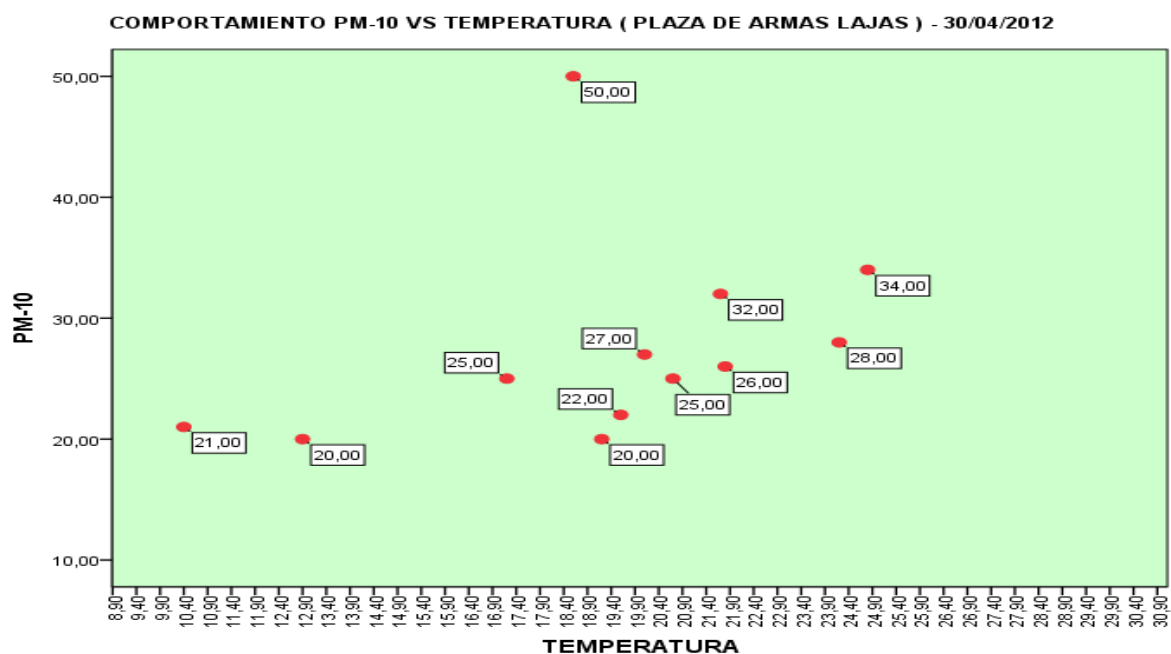


Tabla 4

Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura (Plaza de Armas Lajas).

		PM - 10	TEMPERATURA
PM-10	Correlación de Pearson	1	,352
	Sig. (bilateral)		,262
	N	12	12
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	,352	1
	Sig. (bilateral)	,262	
	N	12	12

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva baja.

### Comportamiento PM10 vs Temperatura. Punto de Monitoreo Plaza de Armas Lajas. Setiembre 2012.

Figura 3.

Comportamiento PM10 VS Temperatura (Plaza de Armas de Lajas). Setiembre 2012.

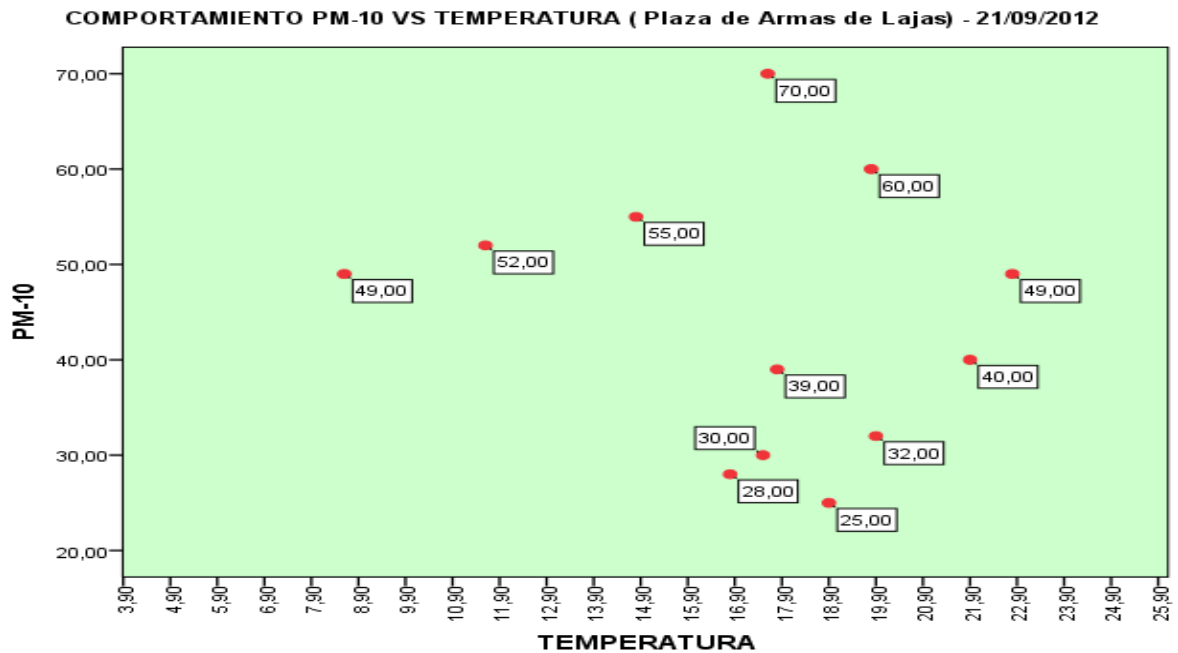


Tabla 5

Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura (Plaza de Armas de Lajas). Setiembre 2012.

		TEMPERATURA	PM-10
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	-,189
	Sig. (bilateral)		,556
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	-,189	1
	Sig. (bilateral)	,556	
	N	12	12

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación negativa muy baja.



### 4.1.3 Comportamiento PM10 vs Temperatura. Punto de Monitoreo Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza). Mayo 2012.

Figura 4.

Comportamiento PM10 VS Temperatura (Cantera el Tayal: Chancadora y Maestranza). Mayo 2012.

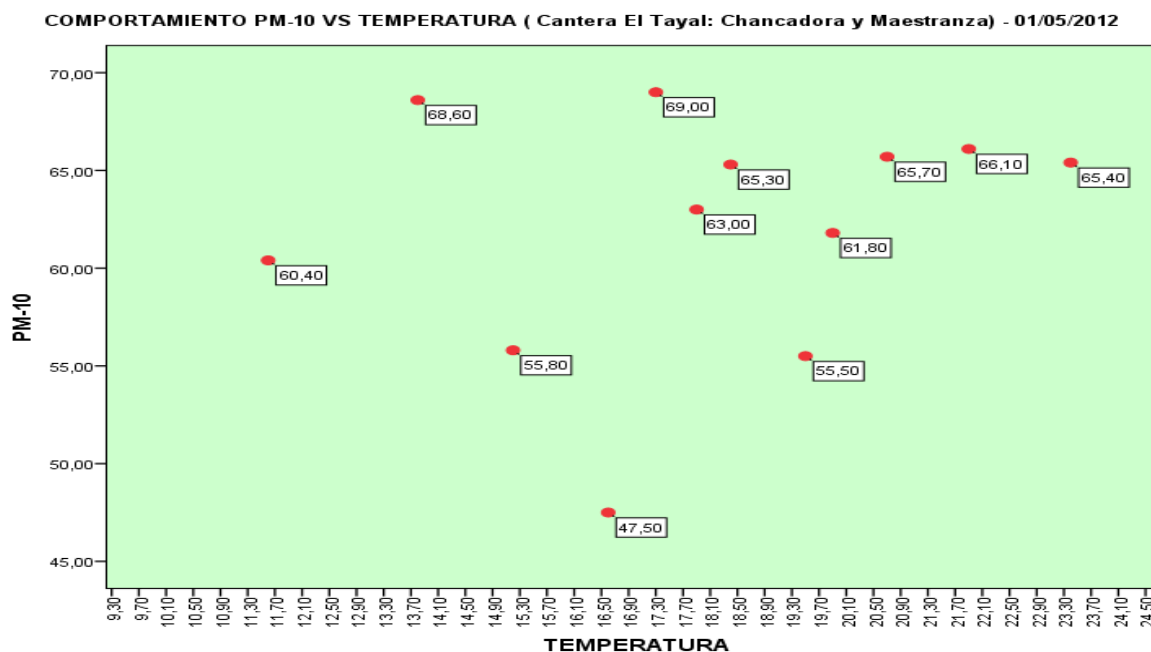


Tabla 6

Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura (Cantera el Tayal: Chancadora y Maestranza). Mayo 2012.

		TEMPERATURA	PM-10
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,117
	Sig. (bilateral)		,717
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,117	1
	Sig. (bilateral)	,717	
	N	12	12

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva muy baja.

#### 4.1.4 Comportamiento PM10 VS Temperatura. Punto de Monitoreo Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza) Setiembre 2012

Figura 5.

Comportamiento PM10 VS Temperatura (Cantera el Tayal: Chancadora y Maestranza. Setiembre 2012.

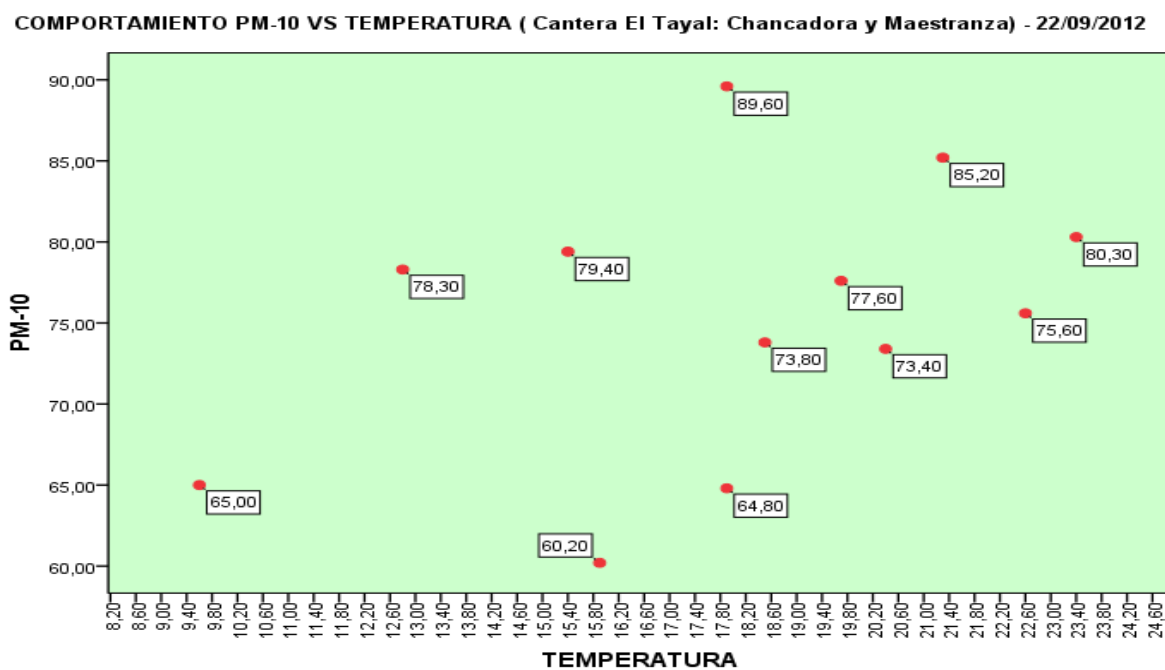


Tabla 7

Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura (Cantera el Tayal: Chancadora y Maestranza). Setiembre 2012.

		TEMPERATURA	PM-10
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,398
	Sig. (bilateral)		,201
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,398	1
	Sig. (bilateral)	,201	
	N	12	12

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva muy baja.

#### 4.1.5 Comportamiento PM10 vs Temperatura. Punto de Monitoreo Cochabamba. Mayo 2012

Figura 6.

Comportamiento PM10 VS Temperatura (Distrito de Cochabamba). Mayo 2012.

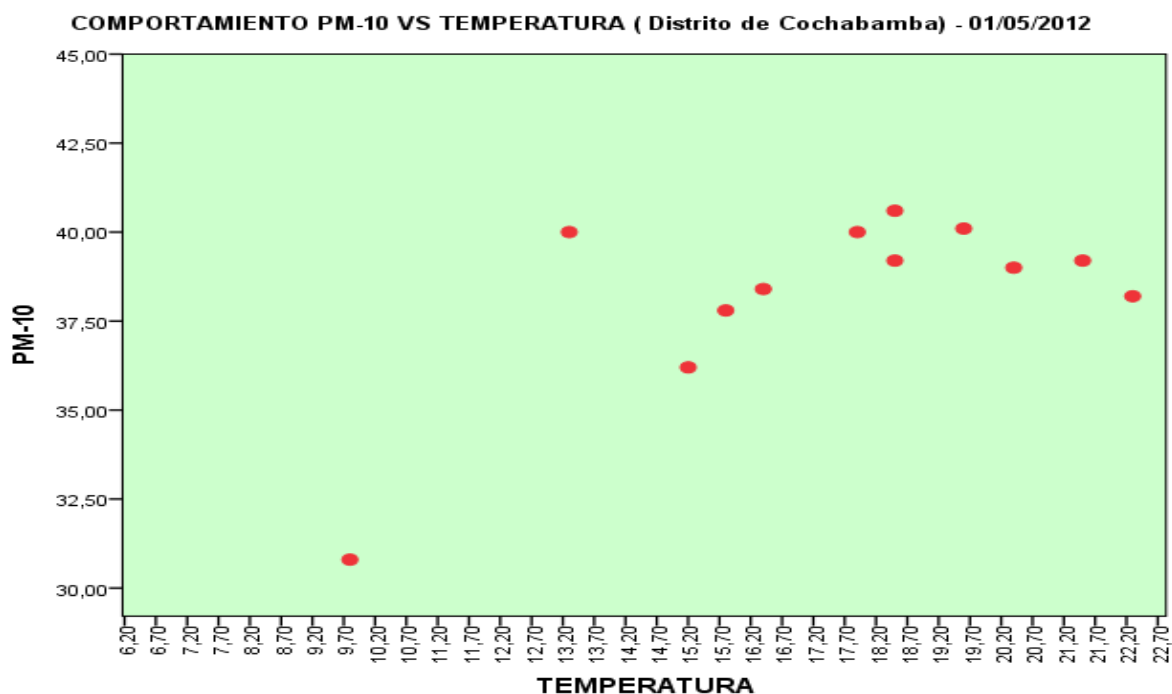


Tabla 8

Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura (Distrito de Cochabamba). Mayo 2012.

		TEMPERATURA	PM-10
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,662*
	Sig. (bilateral)		,019
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,662*	1
	Sig. (bilateral)	,019	
	N	12	12

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva moderada.

#### 4.1.6 Comportamiento PM10 VS Temperatura Punto de Monitoreo Cochabamba. Setiembre 2012.

Figura 7.

Comportamiento PM10 VS Temperatura (Distrito de Cochabamba). Setiembre 2012.

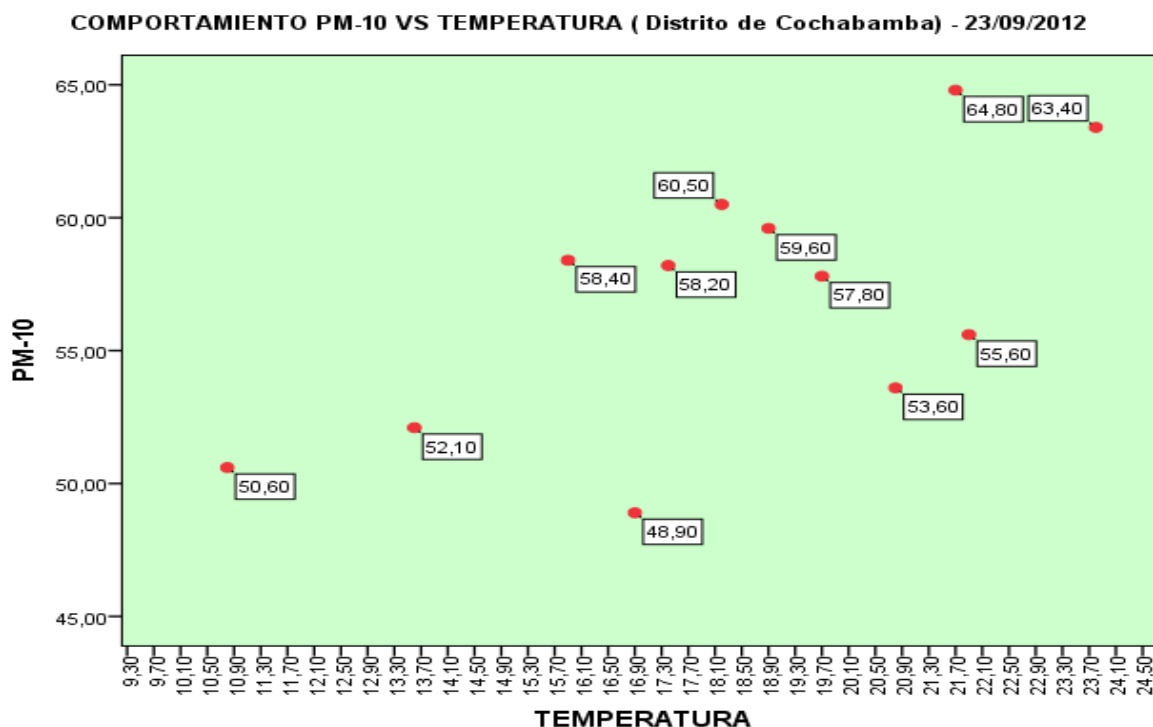


Tabla 9

Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura (Distrito de Cochabamba). Setiembre 2012

		TEMPERATURA	PM-10
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,639*
	Sig. (bilateral)		,025
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,639*	1
	Sig. (bilateral)	,025	
	N	12	12

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva moderada.

#### 4.1.7 Comportamiento PM10 vs Temperatura Punto de Monitoreo – Plaza de Armas Lajas - Abril 2013.

Figura 8.

Comportamiento PM10 VS Temperatura (Plaza de Armas Lajas). Abril 2013.

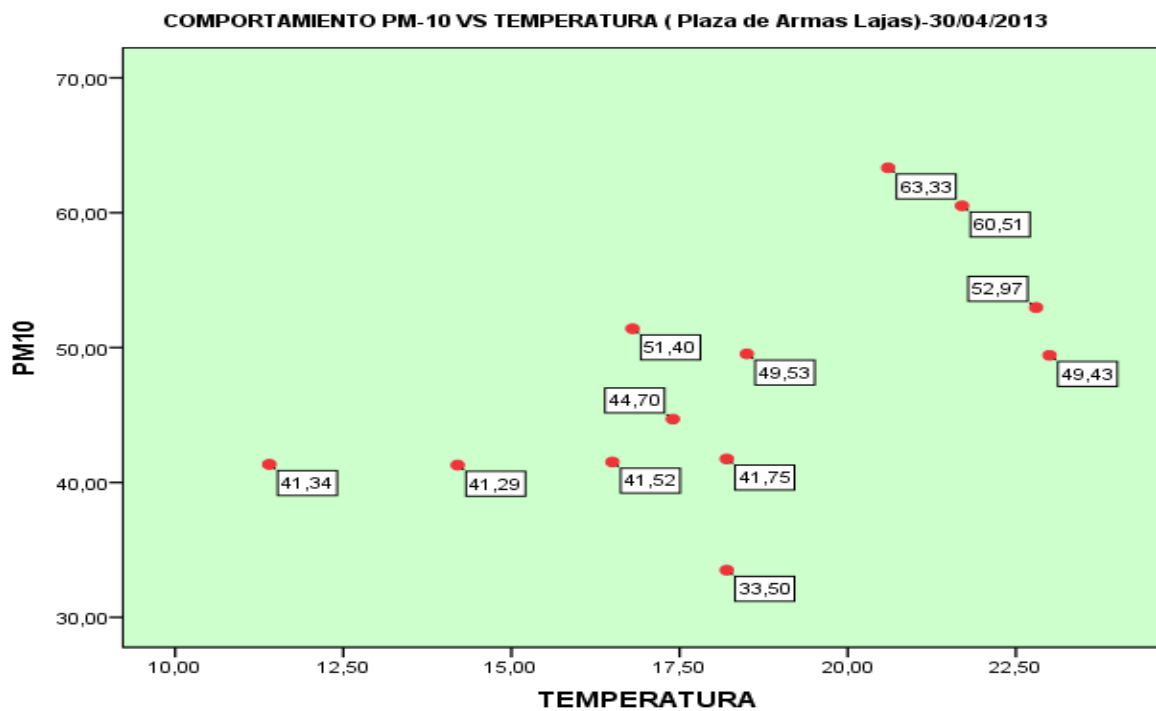


Tabla 10

Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura Plaza de Armas Lajas. Abril 2013.

		TEMPERATURA	PM-10
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,588*
	Sig. (bilateral)		,044
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,588*	1
	Sig. (bilateral)	,044	
	N	12	12

\*La correlación es significativa en el nivel 0.05 (0.588).

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva moderada.

#### 4.1.8 Comportamiento PM10 vs Temperatura Punto de Monitoreo – Plaza de Armas Lajas - Setiembre 2013.

Figura 9.

Comportamiento PM10 VS Temperatura (Plaza de Armas de Lajas). Setiembre 2013.

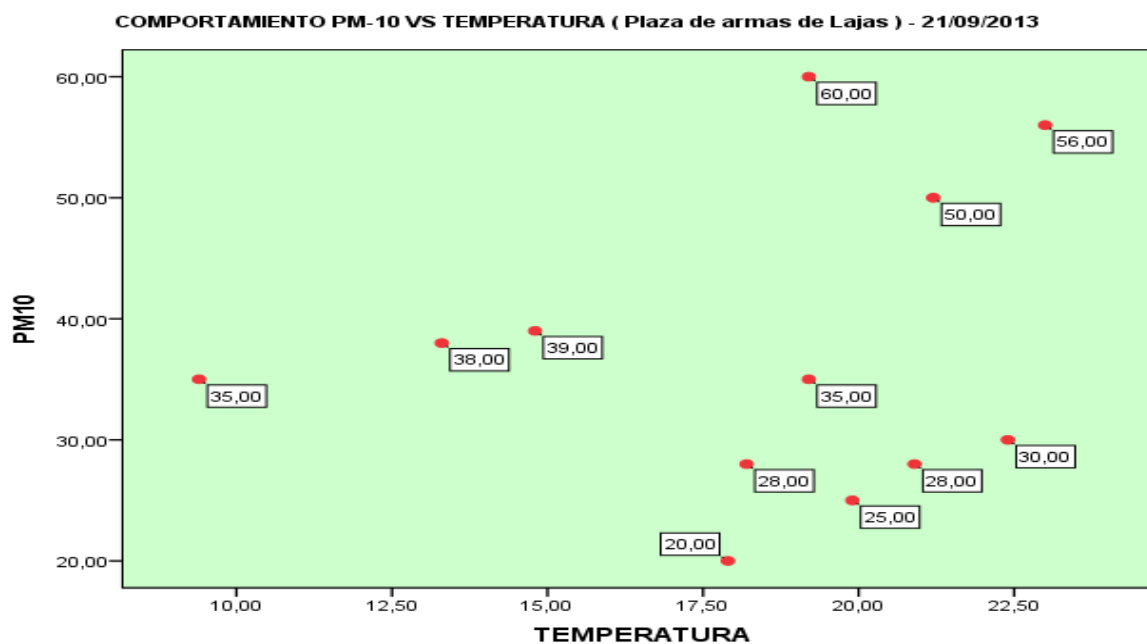


Tabla 11

Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura Plaza de Armas Lajas. Setiembre 2013.

		TEMPERATURA	PM-10
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,161
	Sig. (bilateral)		,618
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,161	1
	Sig. (bilateral)	,618	
	N	12	12

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva muy baja.

#### 4.1.9 Comportamiento PM10 vs Temperatura. Punto de Monitoreo – Cantera Tayal (Maestranza y Chancadora) Mayo 2013.

Figura 10.

Comportamiento PM10 VS Temperatura. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza). Mayo 2013.

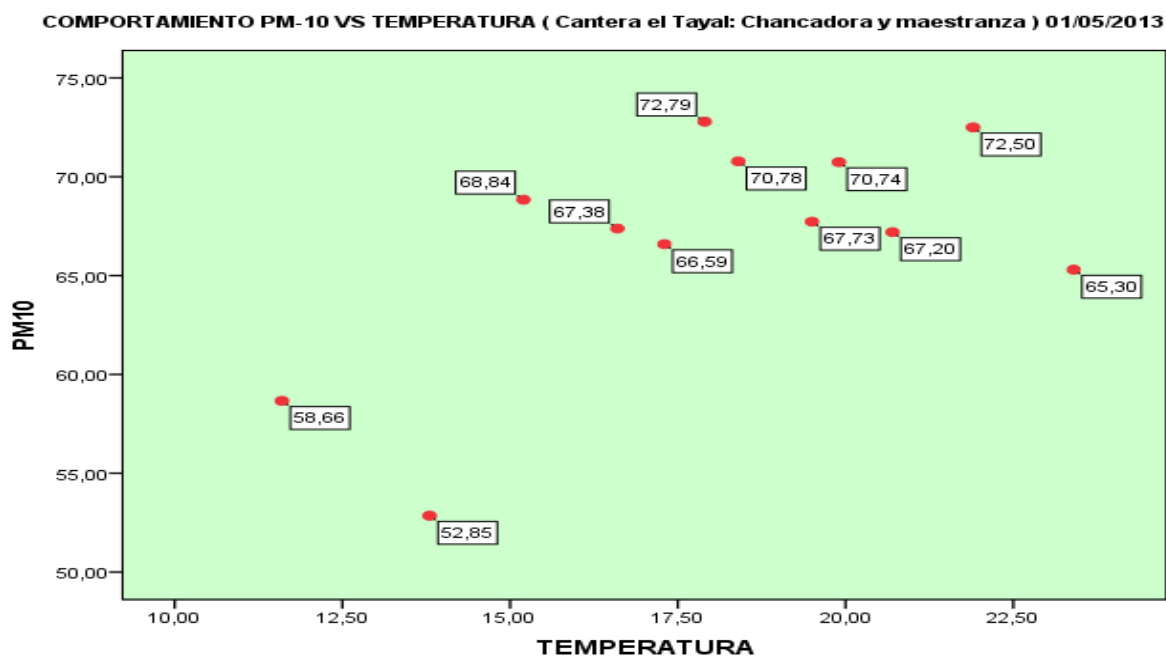


Tabla 12

Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza). Mayo 2013.

		TEMPERATURA	PM-10
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,599*
	Sig. (bilateral)		,039
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,599	1
	Sig. (bilateral)	,039	
	N	12	12

\*La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral)

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva moderada.

#### 4.1.10 Comportamiento PM10 vs Temperatura. Punto de Monitoreo – Cantera Tayal (Maestranza y Chancadora) Setiembre 2013

Figura 11.

Comportamiento PM10 VS Temperatura (Cantera el Tayal: Chancadora y Maestranza). Setiembre 2013

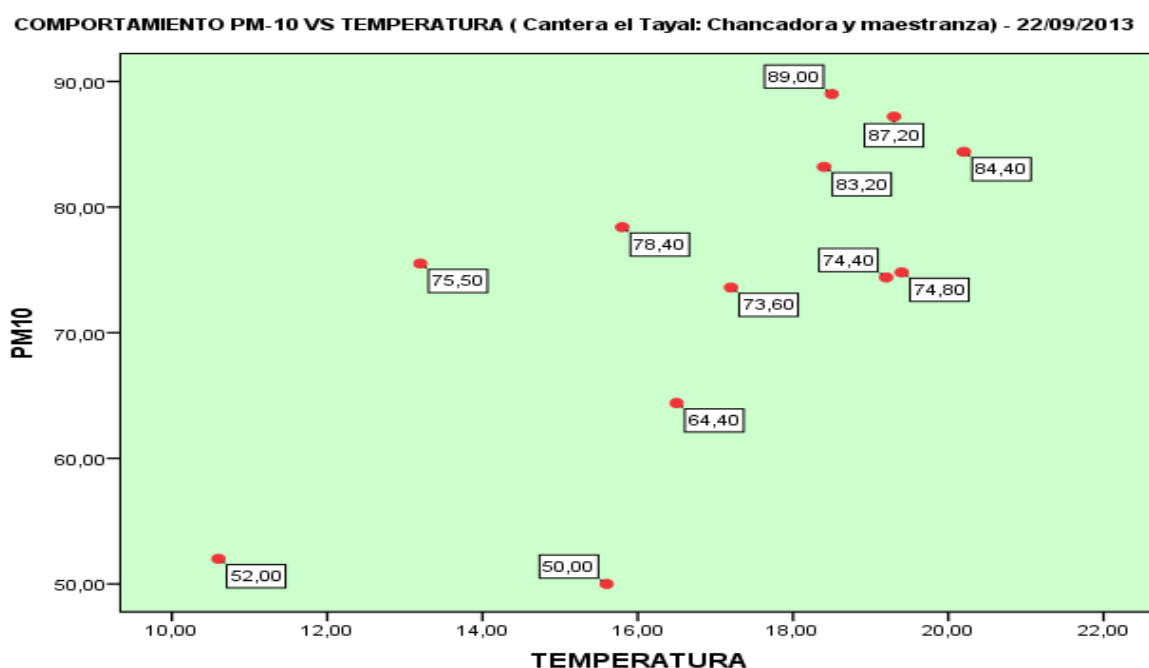


Tabla 13

Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza). Setiembre 2013.

		TEMPERATURA	PM-10
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,679*
	Sig. (bilateral)		,015
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,679	1
	Sig. (bilateral)	,015	
	N	12	12

\*La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral)

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva moderada.



#### 4.1.11 Comportamiento PM10 vs Temperatura. Punto de Monitoreo Cochabamba). Mayo 2013.

Figura 12.

Comportamiento PM10 VS Temperatura (Distrito de Cochabamba). Mayo 2013.

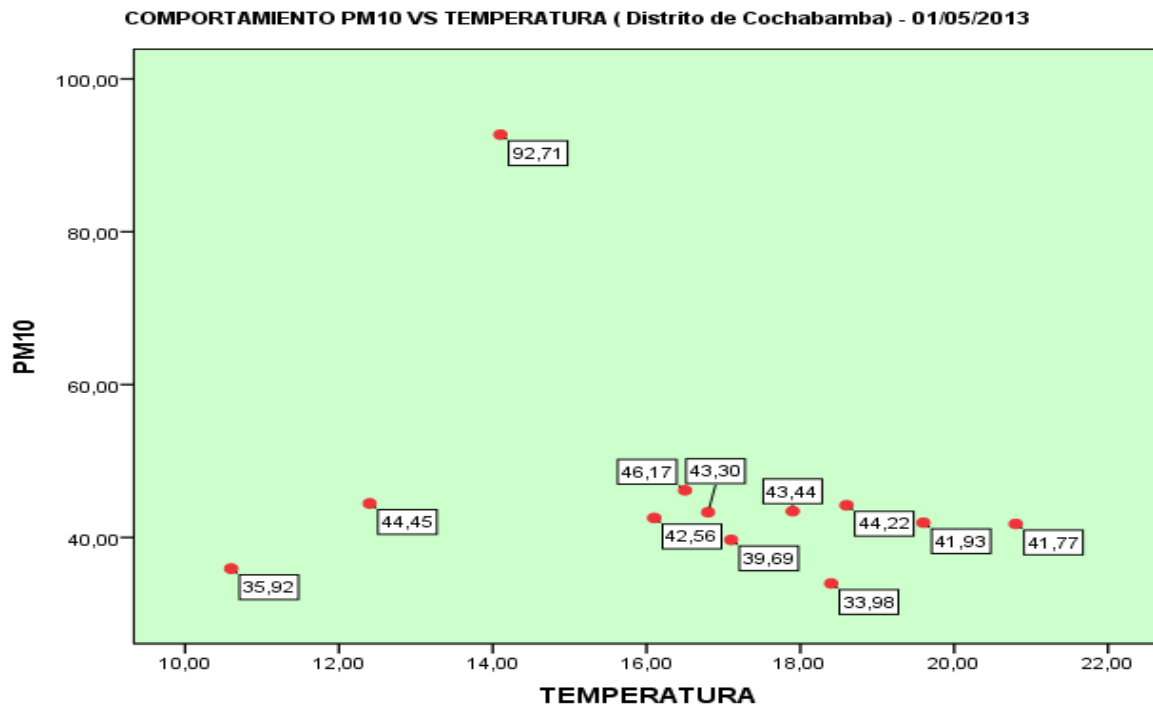


Tabla 14

Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura. (Distrito de Cochabamba). Mayo 2013

		TEMPERATURA	PM-10
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	-,224*
	Sig. (bilateral)		,485
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	-,224	1
	Sig. (bilateral)	,485	
	N	12	12

\*La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral)

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación negativa baja.

#### 4.1.12 Comportamiento PM10 vs Temperatura. Punto de Monitoreo Cochabamba. Setiembre 2013.

Figura 13.

Comportamiento PM10 VS Temperatura (Distrito de Cochabamba). Setiembre 2013.

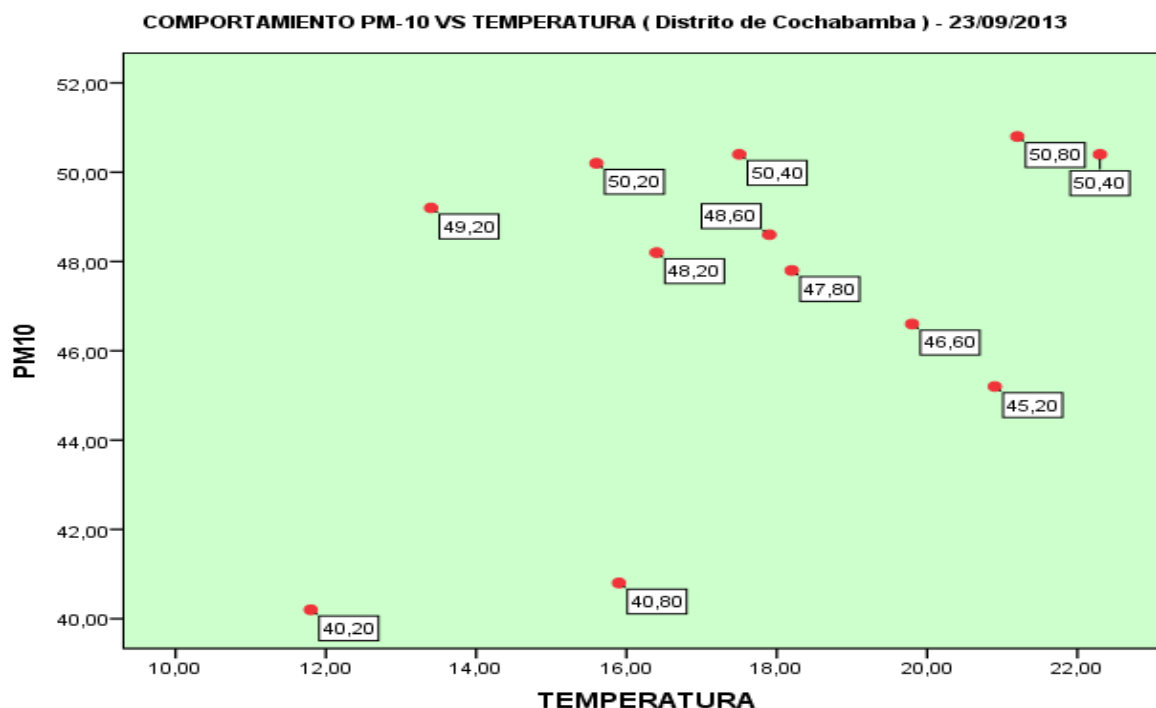


Tabla 15

Correlaciones Comportamiento PM10 VS Temperatura. (Distrito de Cochabamba) Setiembre 2013.

		TEMPERATURA	PM-10
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,447
	Sig. (bilateral)		,145
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,447	1
	Sig. (bilateral)	,145	
	N	12	12

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva moderada.

## 4.2 RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE COMPORTAMIENTO ENTRE PARTICULAS PM2.5 VS TEMPERATURA EN TODOS LOS PUNTOS DE MUESTREO LOS AÑOS 2012 Y 2013.

### 4.2.1 Comportamiento PM2.5 vs Temperatura Punto de Monitoreo Plaza de Armas Lajas - Abril 2012.

Figura 14.

Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Plaza de Armas Lajas. Abril 2012.

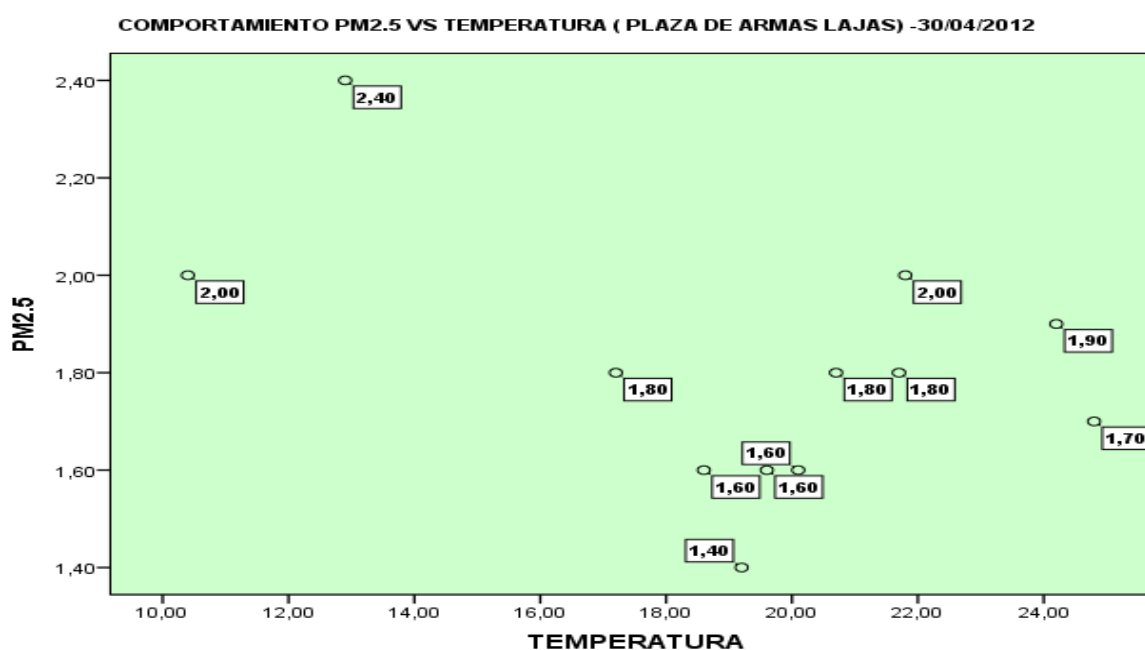


Tabla 16

Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Plaza de Armas Lajas. Abril 2012.

		TEMPERATURA	PM-2.5
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	-,436
	Sig. (bilateral)		,157
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	-,436	1
	Sig. (bilateral)	,157	
	N	12	12

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación negativa moderada.

#### 4.2.2 Comportamiento PM2.5 vs Temperatura Punto de Monitoreo – Plaza de Armas Lajas - Setiembre 2012.

Figura 15.

Comportamiento PM 2.5 VS Temperatura. Plaza de Armas Lajas. Setiembre 2012.

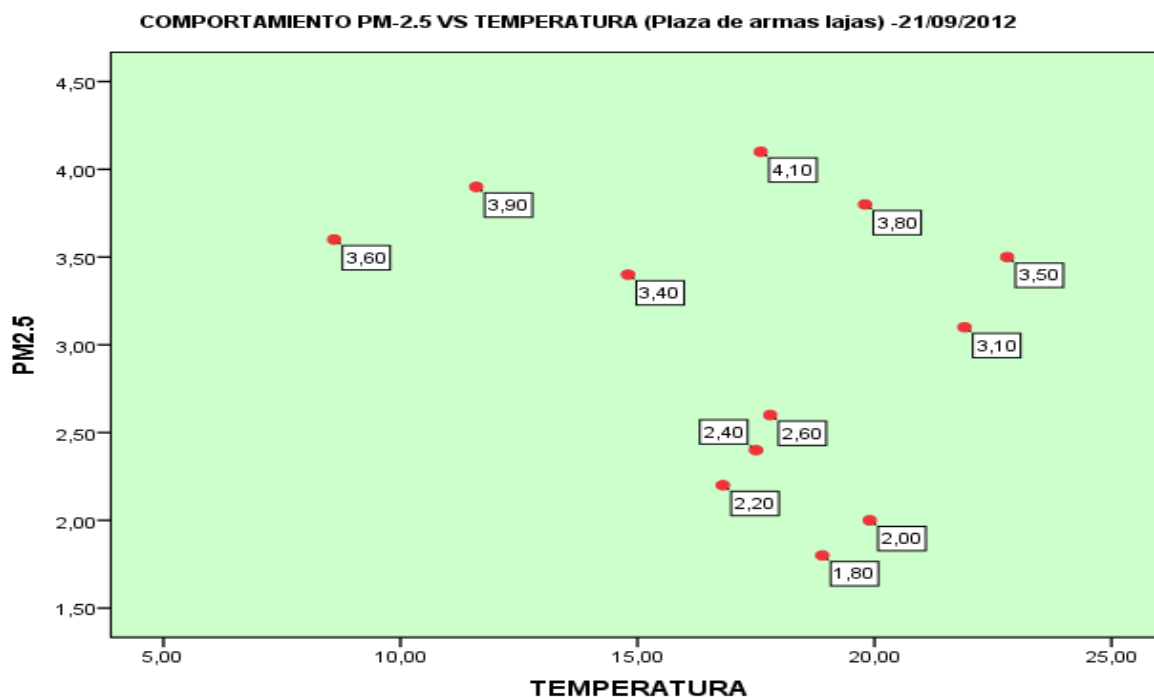


Tabla 17

Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Plaza de Armas Lajas. Setiembre 2012

		TEMPERATURA	PM-2.5
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	-,287
	Sig. (bilateral)		,366
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	-,287	1
	Sig. (bilateral)	,366	
	N	12	12

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación negativa baja.

### 4.2.3 Comportamiento PM2.5 vs Temperatura. Punto de Monitoreo – Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Mayo 2012.

Figura 16.

Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Mayo 2012.

COMPORTAMIENTO PM-2.5 VS TEMPERATURA ( CANTERA EL TAYAL: CHANCADORA Y MAESTRANZA) 01/05/2012

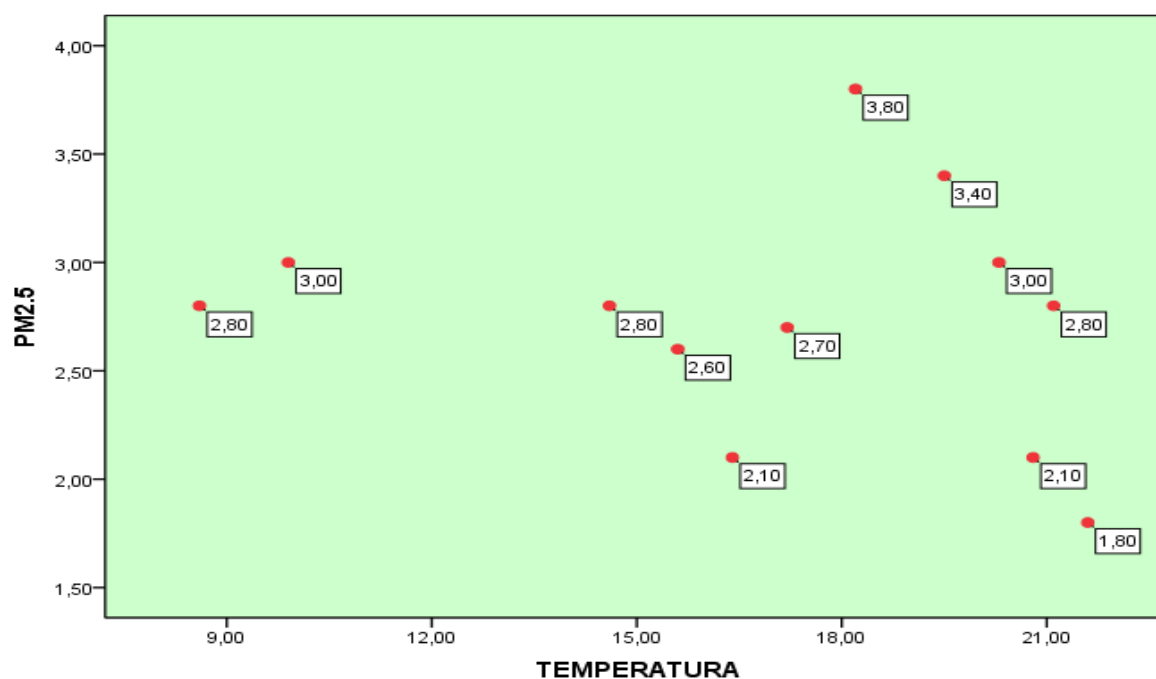


Tabla 18

Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Mayo 2012.

Correlaciones

		TEMPERATURA	PM2.5
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	-,178
	Sig. (bilateral)		,581
	N	12	12
PM2.5	Correlación de Pearson	-,178	1
	Sig. (bilateral)	,581	
	N	12	12

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación negativa muy baja.

#### 4.2.4 Comportamiento PM2.5 vs Temperatura Punto de Monitoreo – Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Setiembre 2012.

Figura 17.

Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Setiembre 2012.

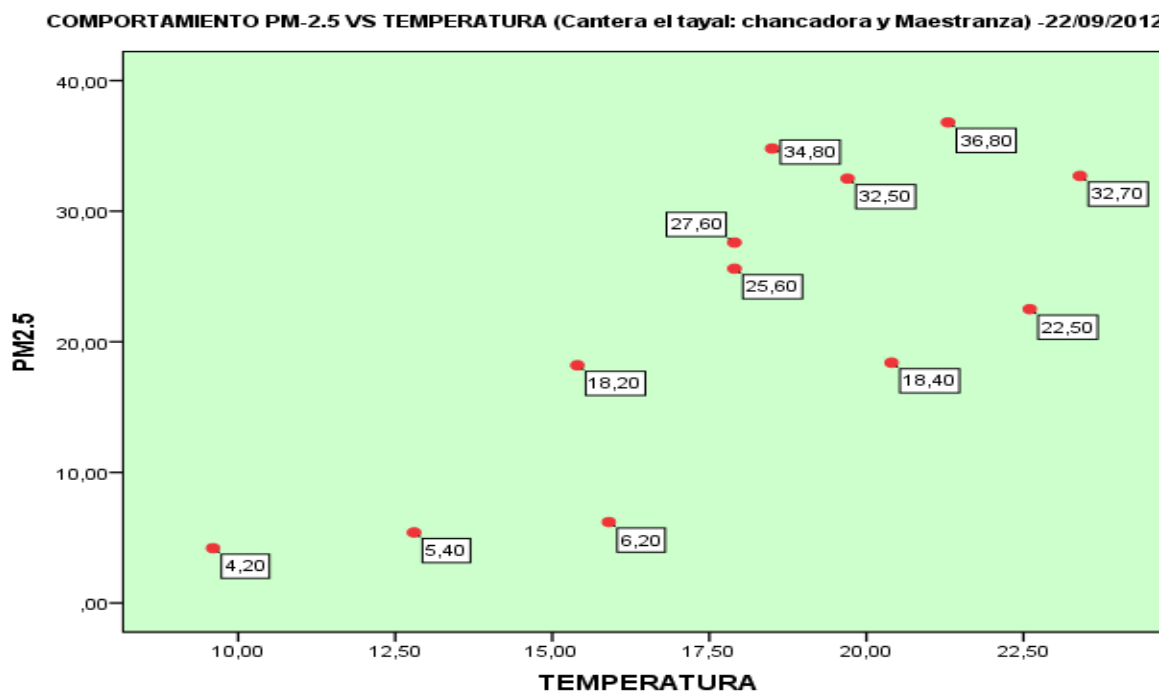


Tabla 19

Correlaciones Comportamiento PM2.5 vs Temperatura. Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Setiembre 2012.

		TEMPERATURA	PM-2.5
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,772**
	Sig. (bilateral)		,003
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,772**	1
	Sig. (bilateral)	,003	
	N	12	12

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva alta.

#### 4.2.5 Comportamiento PM2.5 vs Temperatura Punto de Monitoreo – Cochabamba. Mayo 2012.

Figura 18.

Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Distrito de Cochabamba. Mayo 2012.

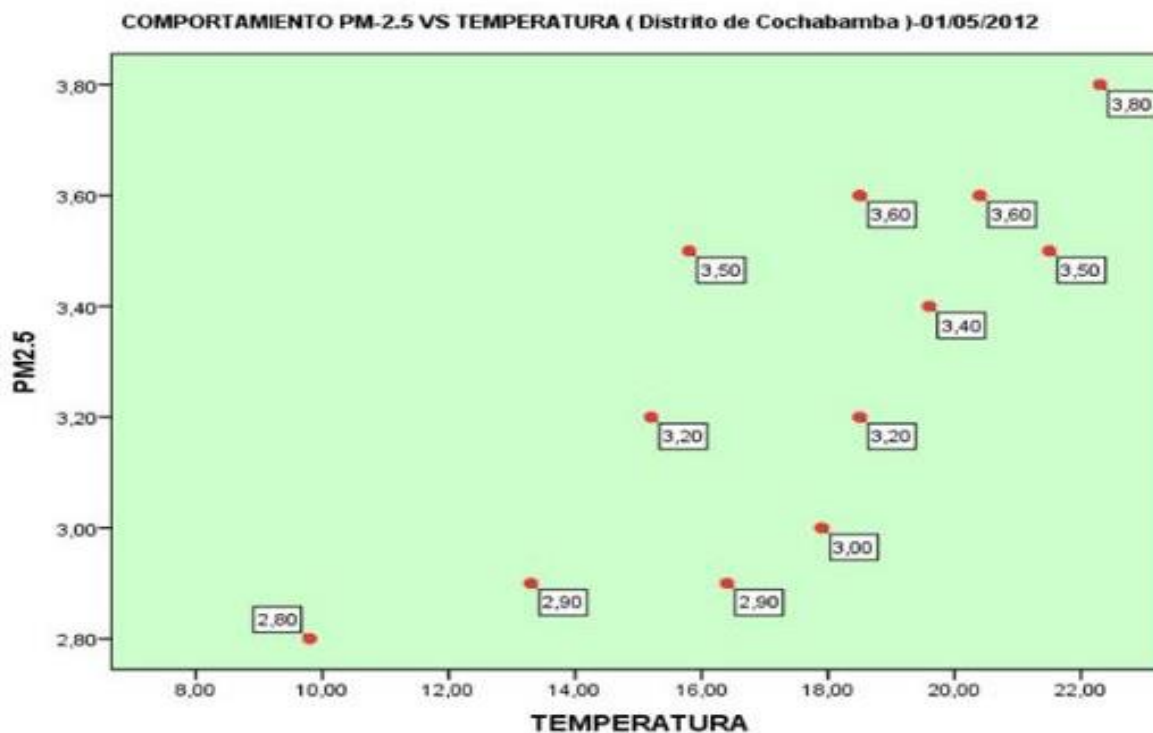


Tabla 20

Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cochabamba. Mayo 2012.

		TEMPERATURA	PM-2.5
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,788**
	Sig. (bilateral)		,002
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,788**	1
	Sig. (bilateral)	,002	
	N	12	12

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva alta.

#### 4.2.6 Comportamiento PM2.5 vs Temperatura Punto de Monitoreo – Cochabamba. Setiembre 2012.

Figura 19.

Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Distrito de Cochabamba. Setiembre 2012.

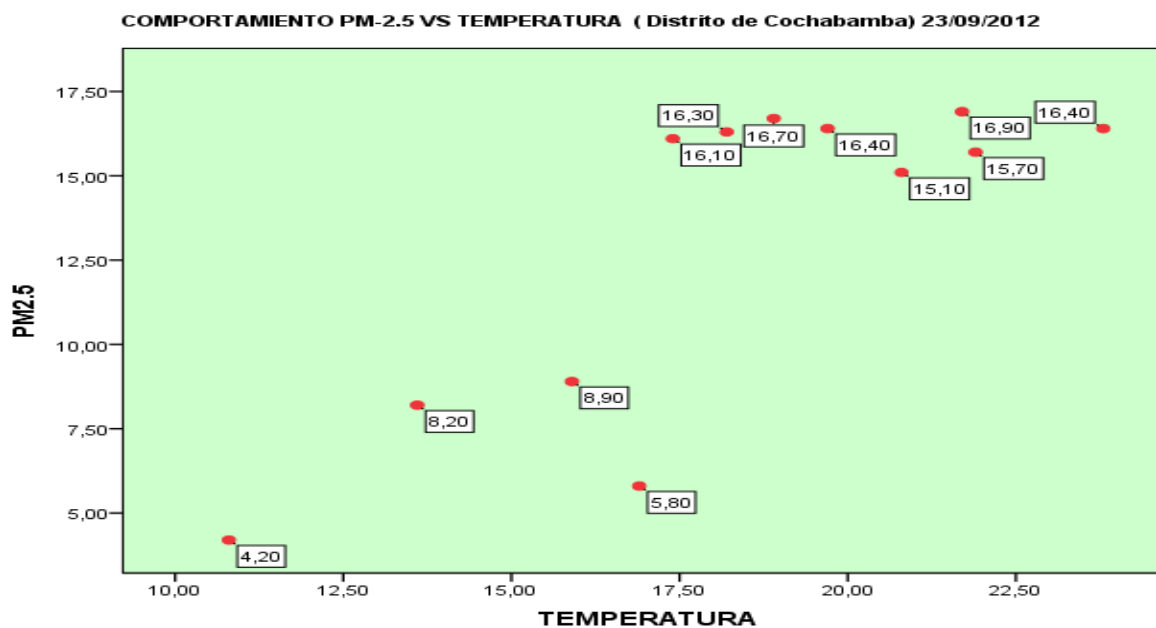


Tabla 21

Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cochabamba. Setiembre 2012.

		TEMPERATURA	PM-2.5
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,816**
	Sig. (bilateral)		,001
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,816**	1
	Sig. (bilateral)	,001	
	N	12	12

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva alta.



#### 4.2.7 Comportamiento PM2.5 vs Temperatura Punto de Monitoreo – Plaza de Armas Lajas - Abril 2013.

Figura 20.

Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Plaza de Armas Lajas. Abril 2013

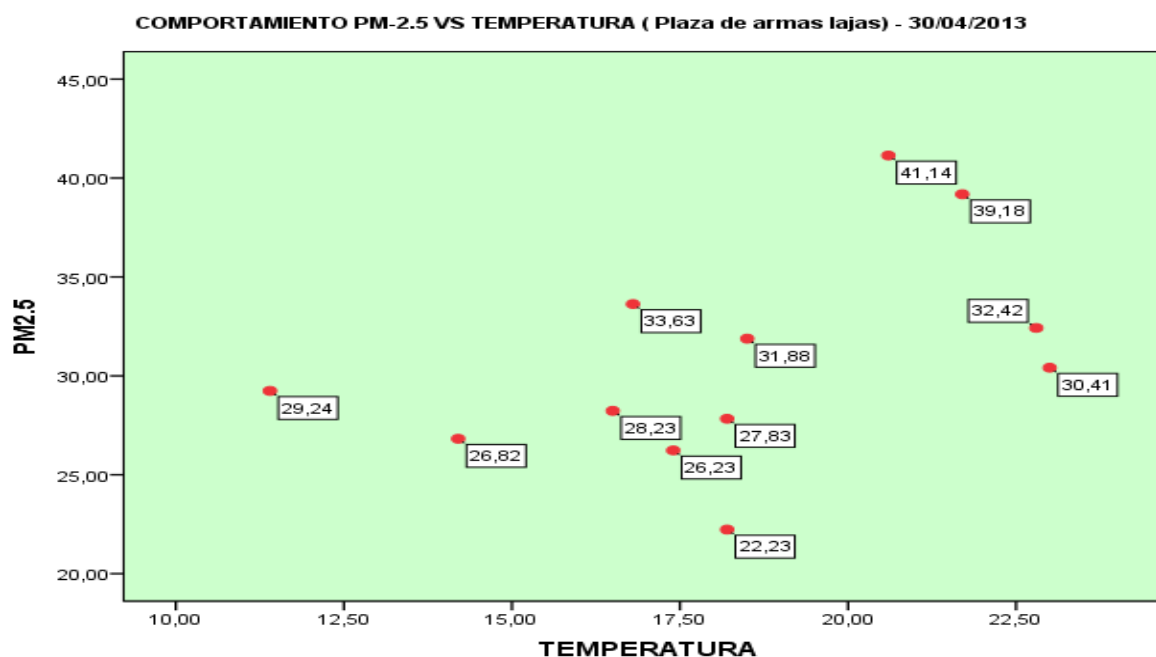


Tabla 22

Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura Plaza de Armas Lajas. Abril 2013.

		TEMPERATURA	PM-2.5
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,447
	Sig. (bilateral)		,146
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,447	1
	Sig. (bilateral)	,146	
	N	12	12

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva moderada.

#### 4.2.8 Comportamiento PM2.5 vs Temperatura. Punto de Monitoreo – Plaza de Armas Lajas - Setiembre 2013

Figura 21.

Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Plaza de Armas Lajas. Setiembre 2013

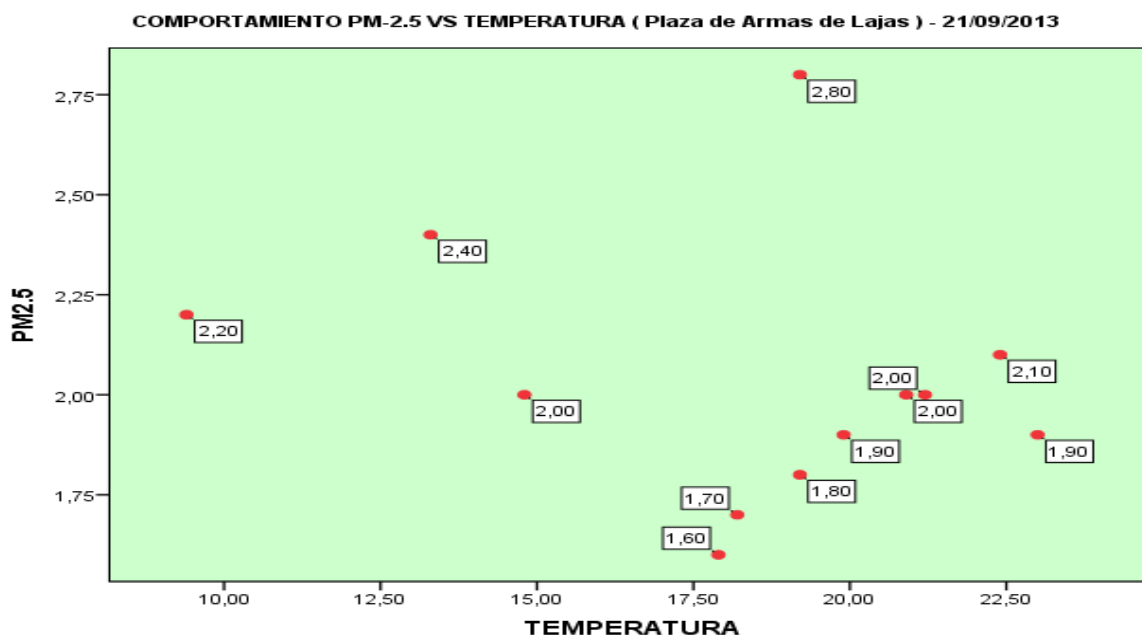


Tabla 23

Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura Plaza de Armas Lajas. Setiembre 2013

		TEMPERATURA	PM-2.5
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	-,230
	Sig. (bilateral)		,471
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	-,230	1
	Sig. (bilateral)	,471	
	N	12	12

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva baja.

#### 4.2.9 Comportamiento PM2.5 vs Temperatura Punto de Monitoreo – Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Mayo 2013

Figura 22.

Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Mayo 2013.

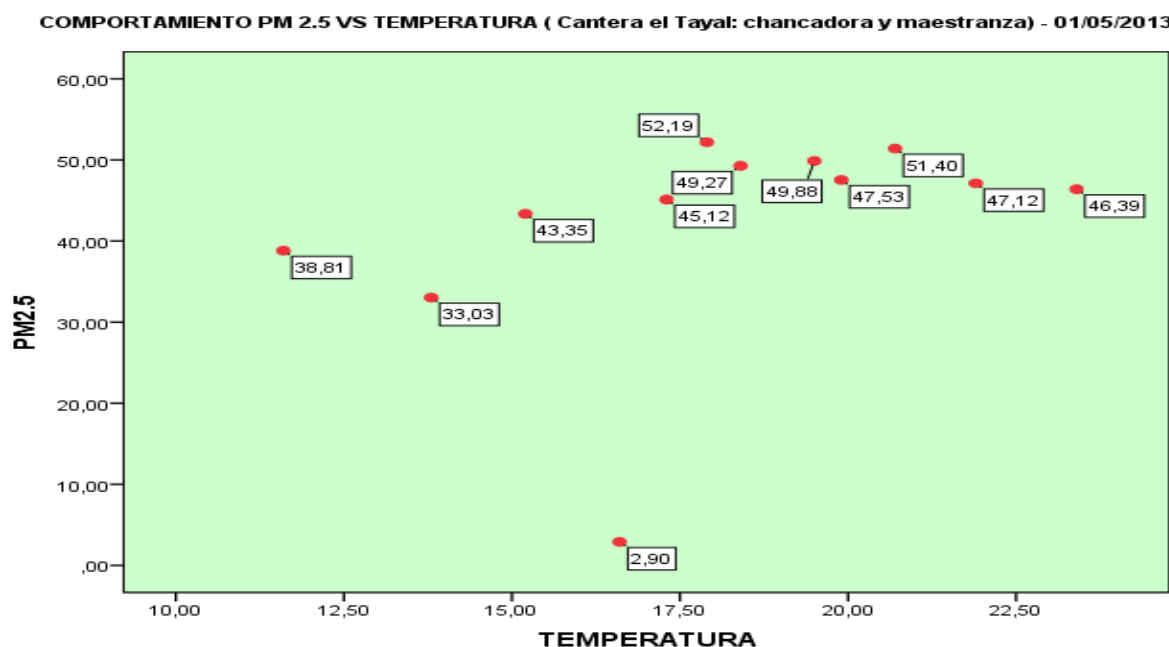


Tabla 24

Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Mayo 2013.

		TEMPERATURA	PM-2.5
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,396
	Sig. (bilateral)		,202
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,396	1
	Sig. (bilateral)	,202	
	N	12	12

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva baja.

#### 4.2.10 Comportamiento PM2.5 vs Temperatura Punto de Monitoreo – Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza) - Setiembre 2013.

Figura 23.

Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Setiembre 2013.

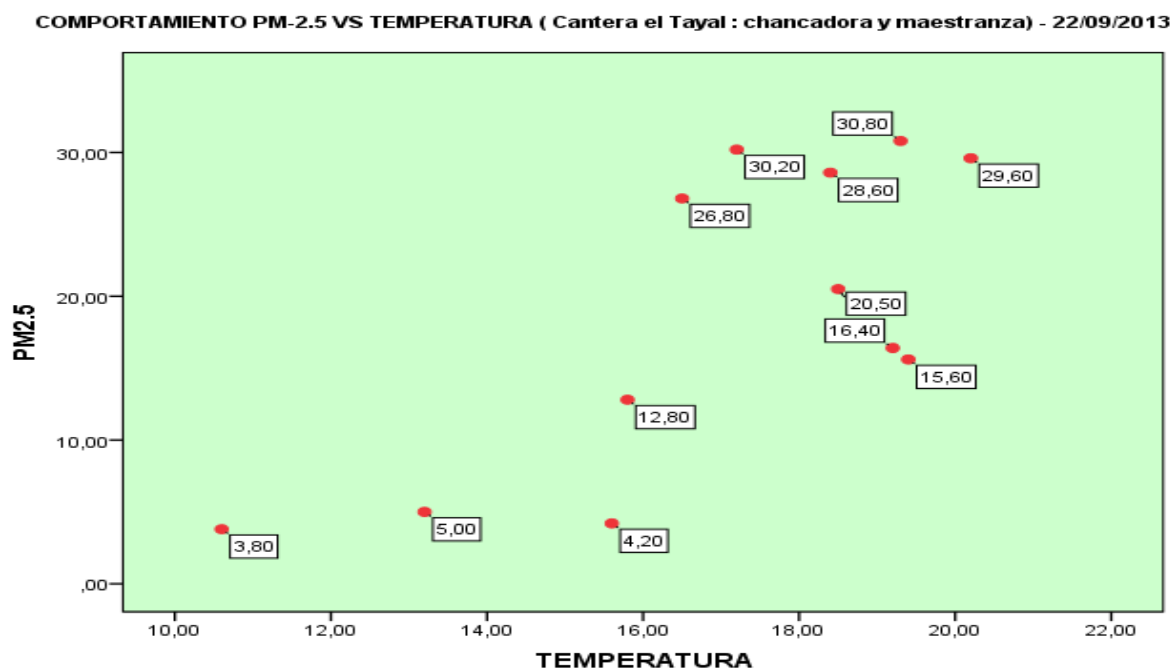


Tabla 25

Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza). Setiembre 2013

		TEMPERATURA	PM-2.5
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,722*
	Sig. (bilateral)		,008
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,722**	1
	Sig. (bilateral)	,008	
	N	12	12

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva alta.

#### 4.2.11 Comportamiento PM2.5 vs Temperatura. Punto de Monitoreo – Cochabamba - Mayo 2013.

Figura 24.

Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cochabamba. Mayo 2013.

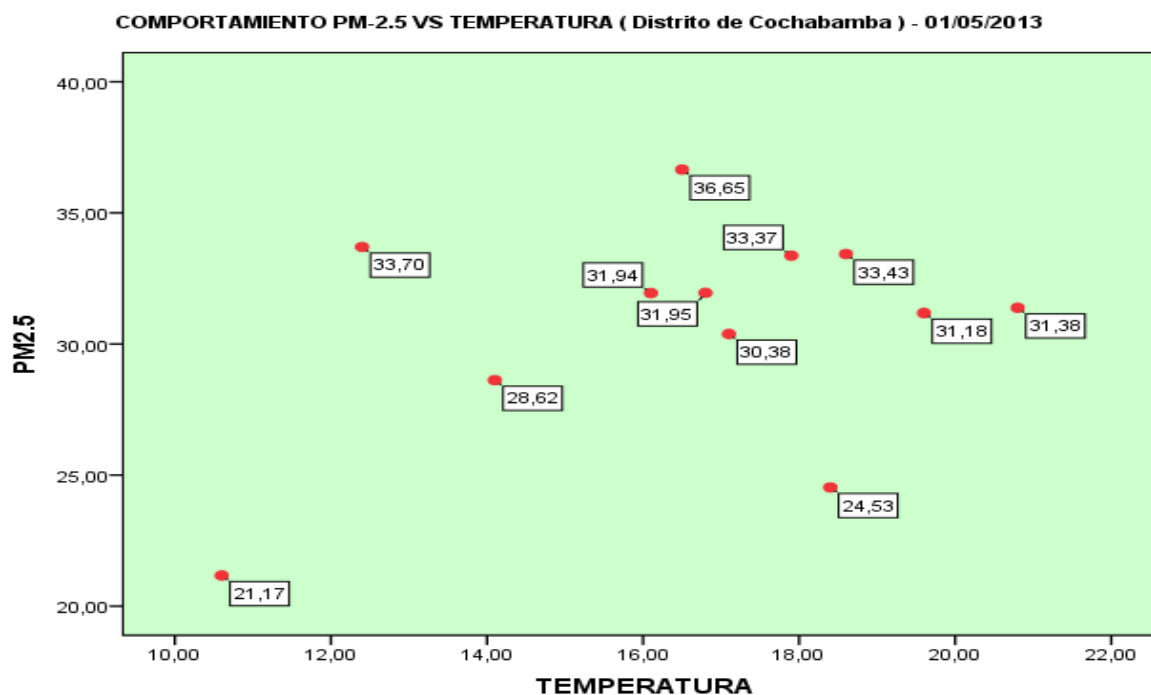


Tabla 26

Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cochabamba. Mayo 2013.

		TEMPERATURA	PM-2.5
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,370
	Sig. (bilateral)		,236
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,370	1
	Sig. (bilateral)	,236	
	N	12	12

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva baja.

#### 4.2.12 Comportamiento PM2.5 vs Temperatura. Punto de Monitoreo – Cochabamba Setiembre 2013.

Figura 25.

Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cochabamba. Setiembre 2013.

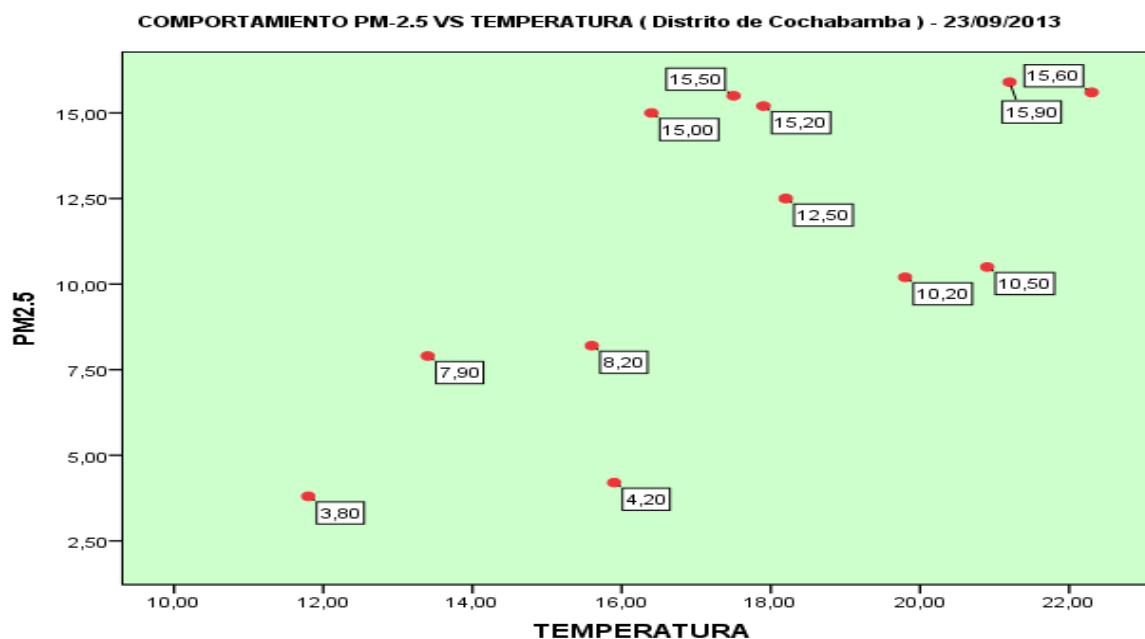


Tabla 27

Correlaciones Comportamiento PM2.5 VS Temperatura. Cochabamba Setiembre 2013

		TEMPERATURA	PM-2.5
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	1	,675*
	Sig. (bilateral)		,016
	N	12	12
PM-10	Correlación de Pearson	,675*	1
	Sig. (bilateral)	,016	
	N	12	12

\*La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Este valor de correlación Pearson indica que existe una correlación positiva moderada.

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

De los resultados obtenidos y en correspondencia con los objetivos de la tesis, en este capítulo se hacen las evaluaciones de los resultados obtenidos de los Coeficientes de Correlación de Pearson para las partículas PM10 y PM2.5 del año 2012 de cada uno de los puntos de muestreo evaluados; posteriormente se hacen las evaluaciones de los Coeficientes de Correlación de Pearson para las partículas PM10 y PM2.5 del 2013 de cada uno de los puntos de muestreo evaluados y finalmente una evaluación de los Coeficientes de Correlación de Pearson de PM10 y PM 2.5 entre los años 2012 y 2013.

### **5.1 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas: Abril y Setiembre del 2012.**

Tabla 28

Comparación de Correlación de Pearson PM10. Plaza de Armas Lajas Año 2012.

Estación de monitoreo Plaza de Armas Lajas		
PM10		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Abril de 2012	0,352	Correlación positiva baja
Setiembre de 2012	-0,189	Correlación negativa muy baja

Al analizar el comportamiento del material particulado se observa que en los meses de lluvia que corresponden al mes de abril existe una relación directa porque cuando la temperatura aumenta también se incrementan los volúmenes de PM10, en el caso de la temporada de lluvias ocurre lo contrario, pues los volúmenes de PM10 disminuyen cuando la temperatura se incrementa.

Esto se debe a que cuando la temperatura desciende las corrientes de aire también son más débiles lo que hace que las partículas no se desplacen a distancias mayores de los puntos monitoreados.



## 5.2 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza): Mayo y Setiembre del 2012

Tabla 29

Comparación de Correlación de Pearson PM10. Cantera Tayal Año 2012.

Estación de Monitoreo Cantera Tayal		
PM10		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Mayo de 2012	0,117	Correlación positiva muy baja
Setiembre de 2012	0,398	Correlación positiva baja

En este caso en la temporada de secas y de lluvias el comportamiento de las partículas a tenido una relación directa con una tendencia a incrementarse y la explicación es que, en este punto monitoreado, la extracción de material de cantera es continua todos los días de la semana y las actividades en los talleres de maestranza son bastante dinámicos y congestionados, esto ocasiona que los volúmenes de material particulado se encuentren en niveles elevados y la temperatura ocasione que se incremente las corrientes de vientos haciendo que estas partículas se desplacen de los focos de emisión.

## 5.3 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Cochabamba: Mayo y Setiembre del 2012

Tabla 30

Comparación de Correlación de Pearson PM10. Cochabamba Año 2012.

Estación de Monitoreo Cochabamba		
PM10		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Mayo de 2012	0,662	Correlación positiva moderada
Setiembre de 2012	0,639	Correlación positiva moderada

En este caso el comportamiento de la partícula está mostrando que existe una relación entre la temperatura y el PM10, pues al incrementarse el valor de uno de ellos también el otro incrementa sus valores.

#### 5.4 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para el PM2.5 del Punto de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas: Abril y Setiembre del 2012.

Tabla 31

Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Plaza de Armas Lajas Año 2012

Estación de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas		
PM2.5		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Abril de 2012	-0,436	Correlación negativa moderada
Setiembre de 2012	-0,287	Correlación negativa baja

Respecto a las partículas PM2.5 se observa que en la temporada de lluvias los volúmenes de material particulado hallados han ido disminuyendo más que en la temporada de secas aun cuando las temperaturas se han ido incrementando, este hecho se debe a que al ser partículas de diámetros más pequeños en los meses húmedos estas partículas incrementan su peso y por lo tanto por efecto de la gravedad no se desvían a distancias mayores del foco de emisión.

#### 5.5 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM2.5 del Punto de Monitoreo Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza): Mayo y Setiembre del 2012

Tabla 32

Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Cantera Tayal Año 2012.

Estación de Monitoreo Cantera Tayal		
PM2.5		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Mayo de 2012	-0,178	Correlación negativa muy baja
Setiembre de 2012	0,772	Correlación positiva alta

De los resultados obtenidos se observa que en la temporada de lluvias (mes de mayo), el comportamiento de las partículas PM2.5 ha sido de disminuir sus volúmenes cuando las temperaturas se incrementaban mostrando una relación inversa y en el caso de la temporada de secas la relación se vuelve directa porque al incrementarse los volúmenes de partículas PM2.5 también se incrementan los grados de

temperatura. Esto estaría demostrando la dinámica de las partículas con la oscilación de las temperaturas.

### 5.6 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para el PM2.5 del Punto de Monitoreo Cochabamba: Mayo y Setiembre del 2012.

Tabla 33

Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Cochabamba Año 2012.

Estación de Monitoreo Cochabamba		
PM2.5		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Mayo de 2012	0,788	Correlación positiva alta
Setiembre de 2012	0,816	Correlación positiva alta

Los resultados obtenidos muestran que las partículas PM2.5 tanto en temporada de lluvia como en temporada de secas han presentado correlaciones directas, que se manifestó con un comportamiento similar pues al incrementarse el valor de uno de ellos también la otra variable incrementa sus variables. Se observa que en la época de lluvias la correlación es algo menor que en la época de secas lo que estaría confirmando la influencia de la temperatura en la dinámica de las partículas.

### 5.7 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas: Abril y Setiembre del 2013

Tabla 34

Comparación de Correlación de Pearson PM10. Plaza de Armas Lajas Año 2013.

Estación de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas		
PM10		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Abril de 2013	0,588	Correlación positiva moderada
Setiembre de 2013	0,161	Correlación positiva muy baja

El comportamiento de las partículas PM10 para el año 2013 en el punto de Observación muestran una correlación directa con el detalle de que en la temporada

de lluvias la correlación es mucho más alta que en la temporada de secas, pero ambas presentan una correlación positiva.

### **5.8 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza): Mayo y Setiembre del 2013.**

Tabla 35

Comparación de Correlación de Pearson PM10. Cantera Tayal Año 2013.

Estación de Monitoreo Cantera Tayal		
PM10		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Mayo de 2013	0,599	Correlación positiva moderada
Setiembre de 2013	0,679	Correlación positiva moderada

Los coeficientes de correlación para Cantera Tayal muestran un incremento de los valores hallados en la temporada de lluvias, en ambos casos se presentan correlaciones positivas y esto estaría indicando que a mayor temperatura existe mayor movimiento de partículas.

### **5.9 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Cochabamba: Mayo y Setiembre del 2013**

Tabla 36

Comparación de Correlación de Pearson PM10. Plaza de Armas Lajas Año 2013.

Estación de Monitoreo Cochabamba		
PM10		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Mayo de 2013	-0,224	Correlación negativa baja
Setiembre de 2013	0,447	Correlación positiva moderada

En este caso al se observa que en la temporada de lluvias las partículas PM10 han tenido un comportamiento inverso respecto a la temperatura, pues el incremento de la temperatura no ha hecho que los volúmenes de PM10 se incrementen, al contrario, estas han ido disminuyendo. En la temporada de secas se observa que la correlación es positiva lo que explica que los volúmenes de partícula se incrementan con el aumento de la temperatura.

### 5.10 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para el PM2.5 del Punto de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas: Abril y Setiembre del 2013

Tabla 37

Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Plaza de Armas Lajas Año 2013.

Estación de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas		
PM2.5		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Abril de 2013	0,447	Correlación positiva moderada
Setiembre de 2013	-0,230	Correlación negativa baja

En este caso se observa que la correlación positiva en la época de lluvias mostraba que al modificarse el valor de la temperatura también lo hacían los valores de las partículas, esto debido a que en estos meses las actividades constructivas de la carretera por el propio avance de obra se incrementaron en este punto y en el caso del mes de setiembre para estas fechas la obra ya se iba terminando en este punto evaluado.

### 5.11 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM2.5 del Punto de Monitoreo Cantera Tayal (Chancadora y Maestranza): Mayo y Setiembre del 2013.

Tabla 38

Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Cantera Tayal Año 2013.

Estación de Monitoreo Cantera Tayal		
PM2.5		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Mayo de 2013	0,396	Correlación positiva baja
Setiembre de 2013	0,722	Correlación positiva alta

En este punto se observa un incremento del coeficiente de correlación positivo hallado en la temporada de lluvias debido a que al ingresar a temporada de secas se incrementan las actividades constructivas.

### 5.12 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para el PM2.5 del Punto de Monitoreo Cochabamba: Mayo y Setiembre del 2013

Tabla 39

Comparación de Correlación de Pearson PM2.5 Cochabamba Año 2013.

Estación de Monitoreo Cochabamba		
PM2.5		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Mayo de 2013	0,370	Correlación positiva baja
Setiembre de 2013	0,675	Correlación positiva moderada

Los resultados hallados en este punto muestran un incremento de los volúmenes partículas en la temporada de secas debido a que las actividades constructivas también se incrementan en esta temporada y esto se ve reflejado con una mayor dinámica de las partículas emitidas a la atmósfera.

### 5.13 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas: Abril del 2012 y Abril del 2013

Tabla 40

Comparación de Correlación de Pearson PM10. Plaza de Armas Lajas Abril 2012 y 2013.

Estación de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas		
PM10		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Abril de 2012	0,352	Correlación positiva baja
Abril de 2013	0,588	Correlación positiva moderada

Cuando se realizan las comparaciones de los coeficientes de correlación para PM10 entre los años 2012 y 2013 se observan una relación positiva que en este caso explica que el comportamiento de la partícula ha sido similar al de la temperatura pues al aumentar una variable la otra también aumento.

#### 5.14 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas: Setiembre del 2012 y Setiembre del 2013

Tabla 41

Comparación de Correlación de Pearson PM10. Plaza de Armas Lajas Setiembre 2012 y 2013.

Estación de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas		
PM10		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Setiembre de 2012	-0,189	Correlación negativa muy baja
Setiembre de 2013	0,161	Correlación positiva muy baja

La diferencia entre el coeficiente de correlación de setiembre de 2012 con setiembre de 2013 se explica porque el año 2012 en las áreas próximas a la Plaza de Armas de Lajas se hacían trabajos preliminares debido a la época de lluvias de lugar y porque la obra recién comenzaba.

El incremento de actividades ha sido progresivo y en setiembre del año 2013 en este punto de monitoreo ya se realizaban trabajos de cierre de obra con un máximo de actividades según el calendario de obra lo que explica la relación directa de las variables.

#### 5.15 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM2.5 del Punto de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas: Abril del 2012 y Abril del 2013

Tabla 42

Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Plaza de Armas Lajas Abril 2012 y 2013.

Estación de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas		
PM2.5		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Abril de 2012	-0,436	Correlación negativa moderada
Abril de 2013	0,447	Correlación positiva moderada

Los resultados de las correlaciones de PM2.5 evaluadas muestran que en el año 2012 por efectos de la temporada de lluvias los volúmenes de PM 2.5 disminuyeron aun cuando se incrementaban los valores de Temperatura mientras que el año 2013 se observa una correlación positiva pues el incremento de los valores de PM25, también tuvo un efecto de incremento en los de la temperatura.

### **5.16 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM2.5 del Punto de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas: Setiembre del 2012 y Setiembre del 2013**

Tabla 43

Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Plaza de Armas Lajas Setiembre 2012 y 2013.

Estación de Monitoreo Plaza de Armas de Lajas		
PM2.5		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Setiembre de 2012	-0,287	Correlación negativa baja
Setiembre de 2013	-0,230	Correlación negativa baja

Los valores de correlación de Pearson hallados en este caso corresponden a la temporada de secas, y el comportamiento de disminución de los volúmenes de PM2.5 pueden ser porque en las fechas que se hicieron los monitoreos no hubo muchas actividades de trabajo en el proceso constructivo de la carretera, ya que al ser estas variables dependientes de la temperatura mostraron un comportamiento tendiente a la baja.

### **5.17 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Cantera Tayal (Maestranza y Chancadora): Mayo del 2012 y Mayo del 2013.**

Tabla 44

Comparación de Correlación de Pearson PM10. Cantera Tayal. Mayo 2012 y 2013.

Estación de Monitoreo Cantera Tayal		
PM10		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Mayo de 2012	0,117	Correlación positiva muy baja
Mayo de 2013	0,599	Correlación positiva moderada



Los valores de correlación comparados muestran un comportamiento similar esto se debe a que el Punto de Monitoreo de Cantera Tayal ha sido el centro operacional más dinámico durante toda la Obra. Ha sido el centro de extracción de material de Cantera en el que todos los días la intensidad de extracción de material y maquinaria ha sido alta.

### **5.18 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Cantera Tayal (Maestranza y Chancadora): Setiembre del 2012 y Setiembre del 2013.**

Tabla 45

Comparación de Correlación de Pearson PM10. Cantera Tayal. Setiembre 2012 y 2013.

Estación de Monitoreo Cantera Tayal		
PM10		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Setiembre de 2012	0,398	Correlación positiva baja
Setiembre de 2013	0,679	Correlación positiva moderada

En este punto; se observa que los valores de correlación hallados muestran que el año 2012 los volúmenes de PM10 registrados fueron menores respecto al año 2013 porque el año 2012 en el mes de setiembre las actividades constrictivas de la obra fueron pocas, y los valores incrementados para setiembre de 2013 pudieron haberse incrementado porque en este Punto evaluado se incrementaron los trabajos de mejoramiento de tierra y colocación de material de base y sub base.

### **5.19 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM2.5 del Punto de Monitoreo Cantera Tayal (Maestranza y Chancadora): Mayo del 2012 y Mayo del 2013.**

Tabla 46

Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Cantera Tayal Mayo 2012 y 2013.

Estación de Monitoreo Cantera Tayal		
PM2.5		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Mayo de 2012	-0,178	Correlación negativa muy baja
Mayo de 2013	0,396	Correlación positiva baja

Cuando se evalúan los valores de correlación para el año 2012, los volúmenes de PM2.5 registrados el año 2012 disminuyeron porque en estas fechas la Cantera Tayal recién empezaba la producción de material para la Obra, y recién se terminaban de instalar los ambientes de maestranza.

Respecto a los valores hallados en Mayo 2013 se observa una correlación positiva, porque los volúmenes de PM2.5 se incrementaron al igual que los grados de temperatura pues en esta época la Cantera Tayal producía material para obra en su máxima capacidad.

### **5.20 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM2.5 del Punto de Monitoreo Cantera Tayal (Maestranza y Chancadora): Setiembre del 2012 y Setiembre del 2013.**

Tabla 47

Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Cantera Tayal. Setiembre 2012 y 2013.

Estación de Monitoreo Cantera Tayal		
PM2.5		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Setiembre de 2012	0,772	Correlación positiva alta
Setiembre de 2013	0,722	Correlación positiva alta

Las concentraciones de material particulado PM2.5 en ambos años han sido correlaciones positivas, las correlaciones al tas se deben porque son valores hallados en la temporada de secas, cuando las temperaturas son mayores a las del resto del año y por consiguiente con mayores vientos, también porque este punto de monitoreo presenta las mayores actividades de extracción de material para chancado y mayor número de volquetes para traslado del material.

### 5.21 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Cochabamba: Mayo del 2012 y Mayo del 2013.

Tabla 48

Comparación de Correlación de Pearson PM10. Cochabamba Mayo 2012 y 2013.

Estación de Monitoreo Cochabamba		
PM10		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Mayo de 2012	0,662	Correlación positiva moderada
Mayo de 2013	-0,224	Correlación negativa baja

Al hacer un análisis de las correlaciones en este punto se observa que, en el año 2012, las correlaciones directas explican que las actividades de mejoramiento de vía, conformación de terraplenes y colocación de base fueron las causas del incremento del volumen de las partículas.

En cambio, el año 2013 se observa una disminución de los volúmenes de material particulado porque por el proceso propio de la construcción de la carretera en Cochabamba el año 2013, solo quedaban labores de señalización y obras de arte menores.

### 5.22 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM10 del Punto de Monitoreo Cochabamba: Setiembre del 2012 y Setiembre del 2013.

Tabla 49

Comparación de Correlación de Pearson PM10. Cochabamba Setiembre 2012 y 2013

Estación de Monitoreo Cochabamba		
PM10		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Setiembre de 2012	0,639	Correlación positiva moderada
Setiembre de 2013	0,447	Correlación positiva moderada

Los valores hallados y comparados muestran que existe una tendencia a disminuir el año 2013, esto tiene relación con las actividades propias de obra, pues el año 2012 en este punto monitoreado las actividades de corte de terreno, preparación de la sub

base, mejoramiento de suelos, colocación de base fueron las actividades con mayor intensidad, para el año 2013 este punto de monitoreo tenía actividades de cierre de obra como señalización y colocación de juntas en cunetas lo que produjo que los volúmenes de material particulado disminuyeran aun cuando las temperaturas eran altas

### 5.23 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM2.5 del Punto de Monitoreo Cochabamba: Mayo del 2012 y Mayo del 2013.

Tabla 50

Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Cochabamba Mayo 2012 y 2013.

Estación de Monitoreo Cochabamba		
PM2.5		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Mayo de 2012	0,788	Correlación positiva alta
Mayo de 2013	0,370	Correlación positiva baja

Como en el caso del análisis anterior, se observa que las correlaciones altas se presentaron el año 2012, cuando las actividades de construcción fueron mayores en setiembre de ese año. El año 2013 tiende a disminuir porque en etapa de cierre en este punto evaluado solo se hacían trabajos de remate.

### 5.24 Discusión de los Coeficientes de Correlación de Pearson para PM2.5 del Punto de Monitoreo Cochabamba: Setiembre del 2012 y Setiembre del 2013

Tabla 51

Comparación de Correlación de Pearson PM2.5. Cochabamba Setiembre 2012 y 2013.

Estación de Monitoreo Cochabamba		
PM2.5		
Fecha de Evaluación	r	Tipo de Correlación
Setiembre de 2012	0,816	Correlación positiva alta
Setiembre de 2013	0,675	Correlación positiva moderada

Los valores de las correlaciones de Pearson muestran valores altos para el año 2012 con una tendencia a disminuir el año 2013, esto se debe a que el año 2012 las actividades que generan mayores concentraciones de material particulado (corte de

talud, traslado y descarga de material de base, voladura de rocas, calicatas, etc.) se dieron con mayor intensidad.

En cambio, el año 2013, las actividades que generan material particulado disminuyeron drásticamente pues la colocación de la carpeta asfáltica fue la actividad que marco las actividades alrededor del punto evaluado, entonces existe relación con los valores hallados y evaluados.

## CONCLUSIONES

1. Existen evidencias para confirmar que las fluctuaciones de las variables dependientes (PM10 y PM2.5) relacionadas con la temperatura pueden ser explicadas con la Correlación de Pearson.
2. Existe un patrón de dispersión de partículas para PM10 y PM2.5 que depende y está influenciado por la temperatura en los puntos monitoreados y también por la temporalidad del área de estudio y esto queda evidenciado al observar que los registros de temperaturas más elevadas concentran los mayores volúmenes de partículas y muestran una mayor distancia de dispersión desde el foco emisor.
3. Existe una relación directa entre la temporalidad y las concentraciones de partículas PM10 y PM2.5, pues los resultados estadísticos de las temporadas correspondientes a las de lluvia (primer semestre) muestran valores inferiores a las de la temporada de secas (segundo semestre), esto estaría demostrando que la humedad y los vientos son factores adicionales a tener en cuenta pues las partículas al tener contacto con estos factores ambientales incrementan su peso por lo tanto no pueden ser desplazados a distancias lejanas de los puntos de emisión.
4. Existe una relación directa entre las actividades constructivas y las fluctuaciones de los valores de PM10 y PM2.5 evaluados, pues los resultados hallados muestran que las tareas constructivas de extracción y chancado de material son los que aportan mayores volúmenes de partículas, seguidos de la actividad: tránsito de vehículos; y por esta razón la dispersión de Partículas emitidas a la atmósfera por las actividades constructivas determina el grado de importancia de los puntos de monitoreo que finalmente queda de la siguiente forma: 1° Cantera Tayal, 2° Cochabamba y 3° Plaza de Armas de Lajas.

## RECOMENDACIONES

1. Los análisis de datos se deben de complementar con datos de humedad ambiental y dirección de los vientos para intentar modelar el sistema considerando que todos los factores ambientales de la atmósfera tienen influencia en la dinámica de las partículas.
2. Se deben de considerar mayores puntos de monitoreo, esto nos permitiría obtener mayor cantidad de datos para conocer con mayor exactitud la dinámica del sistema y cuál es el comportamiento de las partículas en toda el área del proyecto.
3. Durante la ejecución de obras se debe monitorear y registrar constantemente la variación de la concentración de partículas y de la temperatura con la finalidad de ejecutar las medidas de control contemplados en los planes de contingencia ambiental para mitigar los impactos ambientales negativos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Cortelo, A & Cortez, D (2012). *Comparación de los métodos de Bergerhoff y placas receptoras para la cuantificación de polvo atmosférico sedimentable* (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.

Aguirre, I. et al. (2006) *Estudio de los Niveles de PM10 y PM2.5 en un Área Urbana con influencia Industrial Siderometalúrgica – Besain, Guipúzcoa*.

Alvarado, G. (2010). *Estudio Integrado de Factores que Influyen sobre la Contaminación Atmosférica por Material Particulado Respirable de Puhadel* (tesis de Maestría) Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Campos, A (2012). *Manual para el monitoreo de partículas atmosféricas y el uso del Muestreador Táctico de Aire Minivol*. (Memoria). Universidad Tecnológica de Querétaro, Querétaro, México.

Aupax, S. (2005). *Caracterización de Material Particulado menor a 10µm –PM10– Colectado en Dos Puntos de Muestreo En La Ciudad De Guatemala* (tesis de Pregrado) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Badillo, C.; (2012). *Caracterización del Contenido de Metales en Partículas PM2.5 en dos zonas del Área Metropolitana de Monterrey* (tesis doctoral). Universidad de Nuevo León, Nuevo León, México.

Campos, P. (2012). *Manual para el Monitoreo de Partículas Atmosféricas*. (memoria) Universidad Tecnológica de Querétaro, Querétaro, México.

Corleto, A.; Cortez; D.; *Comparación de los Métodos de Bergerhoff y Placas Receptoras para la Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable* (tesis de pregrado) Universidad del Salvador, San Salvador, Guatemala.



Badillo. (2012). *Caracterización del contenido de metales en partículas PM<sub>2.5</sub> en dos zonas del Área Metropolitana de Monterrey*. (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

Carrillo, C & Sansores, M. (2014). *Evaluación de partículas menores a 10 µm en dos poblados cercanos al ingenio azucarero San Rafael de Pucté*. (Tesis de pregrado) Universidad de Quintana Roo, Chetumal Quintana Roo, México.

Rodríguez, D. (2012). *Evaluación de las fuentes de origen y de su contribución a la contaminación atmosférica en el clúster cerámico de Castellón*. (Tesis Doctoral). Universidad Jaume, Castellón, España.

Gallegos, E. (2010) *Inventario de emisiones de partículas y modelado de su transporte a partir de fuentes de área de una industria minera*. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis, México.

Palacios, F. (2010). *Medidas de Inmisión para partículas totales suspendidas y metales pesados en muestras de aire av. Mariscal Sucre, sector El Tejar, Distrito Metropolitano de Quito*. (Tesis de pregrado) Universidad Internacional SEK. Quito. Ecuador.

Lozano, F. (2013) *Determinación del Grado de Partículas Atmosféricas Sedimentables, Mediante el Método de Muestreo Pasivo*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.

Gallegos, E. 2010. *Inventario de Emisiones de Partículas y Modelado de su Transporte a partir de Fuentes de Área de una Industria Minera* (tesis de Maestría) Universidad Autónoma de San Luis de Potosí, San Luis Potosi, México

Salini, G. (2009). *Desarrollo de un modelo para pronosticar concentraciones extremas de PM<sub>2.5</sub> en Santiago*. (Tesis doctoral). Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile.

Rivera, M. (2012). *Modelo de Identificación de Factores Contaminantes Atmosféricos Críticos en Lima – Callao* (tesis de Maestría) Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Rodríguez, S. De la Rosa, J. (2012). *Origen y Características de las Partículas Finas y Ultrafinas en el Aire Ambiente de Huelva*. (Tesis Doctoral). Universidad de Huelva, Huelva, España.

Axpuac, S. (2005). *Caracterización de material particulado menos a 10  $\mu$ M - PM10 – colectado en dos puntos de muestreo en la ciudad de Guatemala*. (Tesis de pregrado) Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Salini, G. (2009). *Desarrollo de un Modelo para Pronosticar Concentraciones Extremas de PM2.5 en Santiago* (tesis de Doctorado). Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile.

## ANEXOS

## ANEXO 1

## Matriz de Consistencia.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATO
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	TIPO DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS
¿Cuál es la relación que existe entre las partículas finas PM2.5 y respirables PM10 y las temperaturas del aire y los vientos de Chota los años 2012 y 2013?	Conocer el grado de correlación existente entre los niveles de concentración de contaminación atmosférica por Material Particulado PM 2.5 Y PM10 y la distribución de las temperaturas atmosféricas en tres puntos de monitoreo, ubicados en la carretera Cochabamba-Chota.	Existen patrones espaciales de asociación entre las concentraciones de Material Particulado, temperaturas del aire y vientos que se observan en eventos específicos, tales como períodos específicos de mala y buena calidad del aire	1.- Datos de Temperatura del aire	1.- El estudio es de tipo cuantitativo. 2.- Diseño de investigación. - El diseño de investigación es no experimental de corte transversal y descriptivo.	Fichaje, Análisis de Contenidos, Monitoreo de partículas según NTP.
PROBLEMAS SECUNDARIOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	VARIABLES DEPENDIENTES	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	INSTRUMENTOS
1. ¿De qué manera se altera la calidad del aire en las canteras monitoreadas?  2. ¿Son eficientes los planes de Monitoreo Ambiental para reducir el impacto causado por las partículas PM 10 y PM2??	a. Determinar la calidad del aire en los puntos de monitoreo, por la contaminación por partículas finas PM2.5.  b. Determinar la calidad del aire en los puntos de monitoreo, por la contaminación por partículas finas PM2.5.  c. Relacionar la concentración de Material Particulado PM10 y PM 2.5.	1. La interrelación de variables dependientes e independientes mostraran una distribución espacial de la contaminación.  2. Existe una relación de dependencia de las partículas PM10 y PM2.5 con las Temperaturas atmosféricas  3. Existe una correlación de las variables analizadas.	1.- Datos de Partículas PM2.5.  2.- Datos de Partículas PM10.	Durante el proceso de investigación para demostrar y comprobar la hipótesis se aplicarán los métodos que a continuación se indican: Histórico. - A través de este método se conocerá la evolución histórica que a experimentado el problema de investigación.  Comparativo. -. A través de este método, Se hará una comparación entre los periodos planteados  Muestreo Se ha tomado como universo 2 años de monitoreo	Muestreador de Partículas, Datos Meteorológicos del SENHAMI, Fichas de Investigación y de campo, guías de

## ANEXO 2

Concentración de Partículas en Suspensión PM<sub>10</sub> – 12 h. Plaza de Armas Lajas Abril de 2012.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
7:00 a.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	21	10.4
8:00 a.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	20	12.9
9:00 a.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	25	17.2
10:00 a.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	50	18.6
11:00 a.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	32	21.7
12:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	34	24.8
1:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	28	24.2
2:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	26	21.8
3:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	25	20.7
4:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	27	20.1
5:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	22	19.6
6:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	20	19.2
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>10</sub> = 150							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 3

Concentración de Partículas en Suspensión PM<sub>10</sub> – 12 h. Plaza de Armas Lajas Abril de 2013.

Hora de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
07: 00 a.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	41.34	11.4
08: 00 a.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	41.29	14.2
09: 00 a.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	41.52	16.5
10: 00 a.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	41.75	18.2
11: 00 a.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	60.51	21.7
12: 00 p.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	49.43	23
01:00 p.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	52.97	22.8
02:00 p.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	63.33	20.6
03:00 p.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	49.53	18.5
04:00 p.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	33.5	18.2
05:00 p.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	44.7	17.4
06:00 p.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	51.4	16.8
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>10</sub> =150 µg/m <sup>3</sup>							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 4

Concentración de Partículas en Suspensión PM 2.5 – 12 h. Plaza de Armas Lajas  
Abril de 2012.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
7:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	2,0	10.4
8:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	2,4	12.9
9:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	1,8	17.2
10:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	1,6	18.6
11:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	1,8	21.7
12:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	1,7	24.8
1:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	1,9	24.2
2:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	2,0	21.8
3:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	1,8	20.7
4:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	1,6	20.1
5:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	1,6	19.6
6:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2012	1,4	19.2
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM<sub>2.5</sub> = 100</b>							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 5

Concentración de Partículas en Suspensión PM 2.5 – 12 h. Plaza de Armas Lajas  
Abril de 2013.

Hora de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
07: 00 a.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	29.24	11.4
08: 00 a.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	26.82	14.2
09: 00 a.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	28.23	16.5
10: 00 a.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	27.83	18.2
11: 00 a.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	39.18	21.7
12: 00 p.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	30.41	23
01:00 p.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	32.42	22.8
02:00 p.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	41.14	20.6
03:00 p.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	31.88	18.5
04:00 p.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	22.23	18.2
05:00 p.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	26.23	17.4
06:00 p.m	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	30/04/2013	33.63	16.8
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>2.5</sub> =100 µg/m <sup>3</sup>							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 6

Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Cantera el Tayal  
(Chancadora y Maestranza) Mayo de 2012.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este	m.s.n.m			
7:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	60,4	8.6
8:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	68,6	9.9
9:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	55,8	14.6
10:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	69,00	18.2
11:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	55,5	20.3
12:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	65,4	21.6
1:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	66,1	21.1
2:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	65,7	20.8
3:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	61,8	19.5
4:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	65,3	17.2
5:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	63,00	16.4
6:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	47,5	15.6
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>10</sub> = 150							

Fuente: Elaboración Propia.



## ANEXO 7

Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Cantera el Tayal  
(Chancadora y Maestranza) Mayo de 2013.

Hora de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este	m.s.n.m			
07: 00 a.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	58.66	11.6
08: 00 a.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	52.85	13.8
09: 00 a.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	68.84	15.2
10: 00 a.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	66.59	17.3
11: 00 a.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	67.73	19.5
12: 00 p.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	65.3	23.4
01:00 p.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	72.5	21.9
02:00 p.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	67.2	20.7
03:00 p.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	70.74	19.9
04:00 p.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	70.08	18.4
05:00 p.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	72.79	17.9
06:00 p.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	67.38	16.6
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>10</sub> =150 µg/m <sup>3</sup>							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 8

Concentración de Partículas en Suspensión PM<sub>2.5</sub> – 12 h. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza) Mayo de 2012.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
7:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	2,8	8.6
8:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	3,0	9.9
9:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	2,8	14.6
10:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	3,8	18.2
11:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	3,0	20.3
12:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	1,8	21.6
1:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	2,8	21.1
2:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	2,1	20.8
3:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	3,4	19.5
4:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	2,7	17.2
5:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	2,1	16.4
6:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2012	2,6	15.6
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>2.5</sub> = 100							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 9

Concentración de Partículas en Suspensión PM<sub>2.5</sub> – 12h. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza) Mayo de 2013.

Hora de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este	m.s.n.m			
07: 00 a.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	38.81	11.6
08: 00 a.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	33.03	13.8
09: 00 a.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	43.35	15.2
10: 00 a.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	45.12	17.3
11: 00 a.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	49.88	19.5
12: 00 p.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	46.39	23.4
01:00 p.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	47.12	21.9
02:00 p.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	51.4	20.7
03:00 p.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	47.53	19.9
04:00 p.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	49.27	18.4
05:00 p.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	52.19	17.9
06:00 p.m	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	1/05/2013	48.43	16.6
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>2.5</sub> =100 µg/m <sup>3</sup>							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 10

Concentración de Partículas en Suspensión PM<sub>10</sub> – 12 h. Cochabamba Mayo de 2012.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
7:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	30,8	9.8
8:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	40,0	13.3
9:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	36,2	15.2
10:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	37,8	15.8
11:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	40,6	18.5
12:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	38,2	22.3
1:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	39,2	21.5
2:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	39,0	20.4
3:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	40,1	19.6
4:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	39,2	18.5
5:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	40,0	17.9
6:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	38,4	16.4
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>10</sub> = 150							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 11

Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Cochabamba Mayo de 2013.

Hora de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este	m.s.n.m			
07: 00 a.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	35.92	10.6
08: 00 a.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	44.45	12.4
09: 00 a.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	92.71	14.1
10: 00 a.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	46.17	16.5
11: 00 a.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	33.98	18.4
12: 00 p.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	41.77	20.8
01:00 p.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	41.93	19.6
02:00 p.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	44.22	18.6
03:00 p.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	43.44	17.9
04:00 p.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	39.69	17.1
05:00 p.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	43.3	16.8
06:00 p.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	42.56	16.1
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>10</sub> =150 µg/m <sup>3</sup>							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 12

Concentración de Partículas en Suspensión PM<sub>2.5</sub> – 12 h. Cochabamba. Mayo de 2012.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
7:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	2,8	9.8
8:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	2,9	13.3
9:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	3,2	15.2
10:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	3,5	15.8
11:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	3,6	18.5
12:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	3,8	22.3
1:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	3,5	21.5
2:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	3,6	20.4
3:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	3,4	19.6
4:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	3,2	18.5
5:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	3,0	17.9
6:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2012	2,9	16.4
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>2.5</sub> = 100							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 13

Concentración de Partículas en Suspensión PM<sub>2.5</sub> – 12 h. Cochabamba Mayo de 2013.

Hora de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este	m.s.n.m			
07: 00 a.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	21.17	10.6
08: 00 a.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	33.7	12.4
09: 00 a.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	28.62	14.1
10: 00 a.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	36.65	16.5
11: 00 a.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	24.53	18.4
12: 00 p.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	31.38	20.8
01:00 p.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	31.18	19.6
02:00 p.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	33.43	18.6
03:00 p.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	33.37	17.9
04:00 p.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	30.38	17.1
05:00 p.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	31.95	16.8
06:00 p.m	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	1/05/2013	31.94	16.1
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>2.5</sub> =100 µg/m <sup>3</sup>							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 14

Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Plaza de Armas Lajas  
Setiembre de 2012.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
7:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	49	8.6
8:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	52	11.6
9:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	55	14.8
10:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	70	17.6
11:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	60	19.8
12:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	49	22.8
1:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	40	21.9
2:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	32	19.9
3:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	25	18.9
4:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	39	17.8
5:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	30	17.5
6:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	28	16.8
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>10</sub> = 150							

Fuente: Elaboración Propia.



## ANEXO 15

Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Plaza de Armas Lajas  
Setiembre de 2013.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
7:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	35	9.4
8:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	38	13.3
9:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	39	14.8
10:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	60	19.2
11:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	50	21.2
12:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	56	23
1:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	30	22.4
2:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	28	20.9
3:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	25	19.9
4:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	35	19.2
5:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	28	18.2
6:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	20	17.9
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>10</sub> = 150							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 16

Concentración de Partículas en Suspensión PM<sub>2.5</sub> – 12 h. Plaza de Armas Lajas  
Setiembre de 2012.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
7:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	3.6	8.6
8:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	3.9	11.6
9:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	3.4	14.8
10:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	4.1	17.6
11:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	3.8	19.8
12:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	3.5	22.8
1:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	3.1	21.9
2:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	2	19.9
3:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	1.8	18.9
4:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	2.6	17.8
5:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	2.4	17.5
6:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2012	2.2	16.8
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>2.5</sub> = 100							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 17

Concentración de Partículas en Suspensión PM<sub>2.5</sub> – 12 h. Plaza de Armas Lajas  
Setiembre de 2013.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
7:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	2,2	9.4
8:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	2,4	13.3
9:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	2,0	14.8
10:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	2,8	19.2
11:00 a. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	2,0	21.2
12:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	1,9	23
1:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	2,1	22.4
2:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	2,0	20.9
3:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	1,9	19.9
4:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	1,8	19.2
5:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	1,7	18.2
6:00 p. m.	Plaza de Armas de Lajas	9274278	750495	2147	21/09/2013	1,6	17.9
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>2.5</sub> = 100							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 18

Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Cantera el Tayal  
(Chancadora y Maestranza) Setiembre de 2012.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
7:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	65	9.6
8:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	78.3	12.8
9:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	79.4	15.4
10:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	89.6	17.9
11:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	85.2	21.3
12:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	80.3	23.4
1:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	75.6	22.6
2:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	73.4	20.4
3:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	77.6	19.7
4:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	73.8	18.5
5:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	64.8	17.9
6:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	60.2	15.9
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>10</sub> = 150							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 19

Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Cantera el Tayal  
(Chancadora y Maestranza) Setiembre de 2013.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
7:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	52	10.6
8:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	75.5	13.2
9:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	78.4	15.8
10:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	89	18.5
11:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	87.2	19.3
12:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	84.4	20.2
1:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	74.8	19.4
2:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	74.4	19.2
3:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	83.2	18.4
4:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	73.6	17.2
5:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	64.4	16.5
6:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	50	15.6
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>10</sub> = 150							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 20

Concentración de Partículas en Suspensión PM<sub>2.5</sub> – 12 h. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza) Setiembre de 2012.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
7:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	4.2	9.6
8:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	5.4	12.8
9:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	18.2	15.4
10:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	25.6	17.9
11:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	36.8	21.3
12:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	32.7	23.4
1:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	22.5	22.6
2:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	18.4	20.4
3:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	32.5	19.7
4:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	34.8	18.5
5:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	27.6	17.9
6:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2012	6.2	15.9
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>2.5</sub> = 100							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 21

Concentración de Partículas en Suspensión PM<sub>2.5</sub> – 12 h. Cantera el Tayal (Chancadora y Maestranza) Setiembre de 2013.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
7:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	3.8	10.6
8:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	5	13.2
9:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	12.8	15.8
10:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	20.5	18.5
11:00 a. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	30.8	19.3
12:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	29.6	20.2
1:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	15.6	19.4
2:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	16.4	19.2
3:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	28.6	18.4
4:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	30.2	17.2
5:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	26.8	16.5
6:00 p. m.	Cantera El Tayal	9277168	744470	2003	22/09/2013	4.2	15.6
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>2.5</sub> = 100							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 22

Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Cochabamba Setiembre de 2012.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este	m.s.n.m			
7:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	50.6	10.8
8:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	52.1	13.6
9:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	58.4	15.9
10:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	60.5	18.2
11:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	64.8	21.7
12:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	63.4	23.8
1:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	55.6	21.9
2:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	53.6	20.8
3:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	57.8	19.7
4:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	59.6	18.9
5:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	58.2	17.4
6:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	48.9	16.9
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>10</sub> = 150							

Fuente: Elaboración Propia.



## ANEXO 23

Concentración de Partículas en Suspensión PM10 – 12 h. Cochabamba Setiembre de 2013.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
7:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	40.2	11.8
8:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	49.2	13.4
9:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	50.2	15.6
10:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	50.4	17.5
11:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	50.8	21.2
12:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	50.4	22.3
1:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	45.2	20.9
2:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	46.6	19.8
3:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	47.8	18.2
4:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	48.6	17.9
5:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	48.2	16.4
6:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	40.8	15.9
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>10</sub> = 150							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 24

Concentración de Partículas en Suspensión PM<sub>2.5</sub> – 12 h. Cochabamba Setiembre de 2012.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
7:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	4.2	10.8
8:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	8.2	13.6
9:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	8.9	15.9
10:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	16.3	18.2
11:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	16.9	21.7
12:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	16.4	23.8
1:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	15.7	21.9
2:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	15.1	20.8
3:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	16.4	19.7
4:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	16.7	18.9
5:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	16.1	17.4
6:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2012	5.8	16.9
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>2.5</sub> = 100							

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 25

Concentración de Partículas en Suspensión PM<sub>2.5</sub> – 12 h. Cochabamba Setiembre de 2013.

Punto de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (° C)
		Norte	Este				
7:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	3.8	11.8
8:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	7.9	13.4
9:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	8.2	15.6
10:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	15.5	17.5
11:00 a. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	15.9	21.2
12:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	15.6	22.3
1:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	10.5	20.9
2:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	10.2	19.8
3:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	12.5	18.2
4:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	15.2	17.9
5:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	15	16.4
6:00 p. m.	Distrito de Cochabamba	4283782	733942	1683	23/09/2013	4.2	15.9
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM <sub>2.5</sub> = 100							

Fuente: Elaboración Propia.